L'USINE NOUVELLE

François Blondel

Aide-mémoire
Gestion industrielle

2e édition

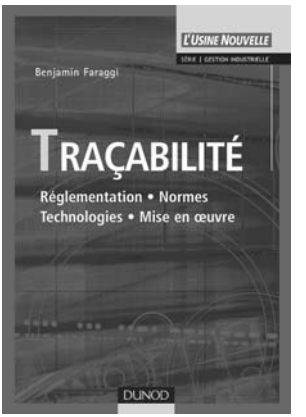
DUNOD

Aide-mémoire

Gestion industrielle

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

Georges Javel
Pratique de la gestion industrielle : organisation, méthodes et outils
656 p.



Benjamin Faraggi
Traçabilité : réglementation, normes, technologies, mise en œuvre
224 p.

François Blondel

Aide-mémoire
Gestion industrielle

2e édition

L'USINE NOUVELLE

DUNOD

DU MÊME AUTEUR

Gestion de la production : comprendre les logiques de gestion industrielle pour agir, Dunod, 4e édition, 2005.

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

© Dunod, Paris, 2000, 2006
ISBN 2 10 049685 9

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Pour Caroline, Victor et Sylvie Blondel

AVANT PROPOS

Le principe de cet aide-mémoire est différent de celui d'un cours de gestion de production. Il s'adresse à des personnes en fonction dans l'entreprise, qui veulent trouver rapidement un résumé ou rappel des points importants par rapport à la tâche qu'elles ont en charge à un instant donné, ou réviser une technique qu'elles ont oubliée.

Pour une action particulière, par exemple une commande à un sous-traitant, la personne responsable des approvisionnements n'a pas les mêmes questions au quotidien que celle chargée du contrôle de gestion. La première est responsable de la régularité du flux, des problèmes de traçabilité et de qualité du produit, l'autre se préoccupe de rentabilité des écarts par rapport au standard préétabli, de la fiabilité du fournisseur, etc.

Aussi le plan a-t-il été construit en fonction des préoccupations de chacun des membres du système de gestion de la production et non par rapport à des grandes principes ou théories.

Si on considère le champ global d'application de la gestion industrielle, cet ouvrage a vocation à une couverture beaucoup plus complète qu'un cours de gestion de production. S'adressant à des professionnels, l'aspect culturel d'apprentissage de l'entreprise a été éliminé des pages qui suivent au profit de la révélation d'usages ou de « trucs et astuces » de nombre de professions dans le but de permettre à chacun de profiter de l'expérience des autres.

De même, l'accent n'est pas mis sur les qualités ou les défauts de tel système de gestion de la production. On ne discutera donc pas des mérites comparés de MRP, OPT, JAT, etc. Le lecteur intéressé pourra se référer avec profit aux cours de gestion de la production[1].

En ce qui concerne la forme, les schémas, les références aux normes existantes, les renvois d'un chapitre à un autre ont été particulièrement étudiés pour améliorer la rapidité d'accès à l'information utile, la lisibilité et la performance.

Le plan se divise en trois grandes parties :

– QUOI ? (chapitres 1 à 5) permet de définir les objets de notre système de production,
– COMMENT ? (chapitres 6 à 15) nous permet en fonction de nos produits et de nos clients de définir la manière d'organiser ce système dans une optique globale du fournisseur au client,
– COMBIEN ? (chapitres 16 à 25) fournit les bases d'un processus d'aide à la décision en modélisant et quantifiant tant le futur que les performances passées.

Ainsi, ce plan et le contenu associés n'ont qu'un objectif : **rendre le lecteur plus efficace dans son entreprise, au service de ses clients.**

Cette **nouvelle édition** prend en compte les derniers développements de la gestion industrielle dans les entreprises, en particulier l'intégration dans les ERP de pratiques nouvelles (intégration de l'assurance de la qualité, de la comptabilité de gestion, développement durable, etc.).

Aussi, et suivant en cela Khalil Ghibran qui nous dit qu'« aucun homme ne peut rien vous révéler sinon ce qui repose déjà à demi-endormi dans l'aube de votre connaissance », « *just do it* ».

1. Par exemple *Gestion de la production*, F. Blondel, Dunod, 4e édition, 2005.

TABLE DES MATIÈRES

A

Quoi ?

1 • Les articles **3**

- **1.1 Identification et définitions** **3**
- **1.2 Types d'articles** **4**
- **1.3 Codification** **21**
- **1.4 Familles et index de recherche** **25**
- **1.5 Paramètres à définir avant l'article** **27**
- **1.6 Principales données liées à l'article** **31**
- **1.7 Cas particuliers** **31**
- **1.8 La vie des articles et la gestion des modifications techniques** **33**
- **1.9 Caractéristiques techniques** **34**

2 • Les nomenclatures **37**

- **2.1 Le produit et sa composition** **37**
- **2.2 Les différentes nomenclatures** **48**
- **2.3 Une méthode de gestion : la « différentiation retardée »** **56**

3 • Processus – Les ressources de production **59**

3.1 Principes de définition du poste de travail, du poste de charge, du centre de coûts **59**
3.2 Les personnels de production **62**
3.3 Outillages **62**
3.4 Calendriers **63**
3.5 Poste de charge et capacité **65**
3.6 Section de coût **67**

4 • Processus et opérations **71**

4.1 L'opération de production **71**
4.2 Les temps d'une opération **73**
4.3 Compléments sur le processus de fabrication **81**
4.4 Opérations types et statistiques de temps **82**
4.5 La fiche d'instructions techniques **83**

5 • Les gammes de fabrication et de production **85**

5.1 Gammes – définitions **85**
5.2 Gammes et articles : multiples gammes et gamme mère **86**
5.3 Gamme : en-tête et structure **87**
5.4 Cycle opératoire et cycle de fabrication **88**
5.5 Lignes de gammes **94**
5.6 Gamme et production au plus juste **97**

B

Comment ?

6 • Types de produits et de production **105**

6.1 Les Organisations de production **105**
6.2 Implantations d'atelier **114**

7 • Production et qualité **127**

7.1 Définitions : la démarche qualité 127
7.2 Outils de la démarche qualité 130
7.3 AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) 136
7.4 Maîtrise statistique des procédés (MSP) 139
7.5 La méthode et les outils six-sigma 142
7.6 Non-conformités et actions 143
7.7 Qualité et normes ISO 9000 146

8 • Magasinage et stocks **151**

8.1 Usage et intérêt des stocks 151
8.2 Définition des articles en stock, articles et lots 155
8.3 L'organisation des magasins ou entrepôts 157
8.4 Tenue des stocks 163
8.5 Méthodes de tenue de stock 170
8.6 Inventaires 173
8.7 Méthodes de valorisation 175
8.8 Stock en valeur 178
8.9 Documents liés aux stocks 179

9 • Production en Juste-à-temps **181**

9.1 Principes du Juste-à-temps 181
9.2 L'organisation du cadre de travail : le « good housekeeping » 184
9.3 Techniques issues du Juste-à-temps 186
9.4 Flux tendus, flux poussés, flux tirés : l'organisation des flux de production 189
9.5 Taille des lots : principes 191
9.6 Théorie des contraintes (TOC) 192

10 • Les flux externes inter-entreprises **197**

10.1 Les tiers : clients et fournisseurs 197

10.2 Traçabilité 200
10.3 EDI : normes Galia et Edifact 207
10.4 Supply Chain Management et modèle SCOR 211

11 • Gestion de la chaîne d'approvisionnement 215
11.1 Achats 215
11.2 Achats liés à la production et répétitifs 220
11.3 Processus d'approvisionnement 222
11.4 Réceptions 225
11.5 Juste-à-temps et relations fournisseurs 227
11.6 Supply chain et e-procurement 227

12 • Distribution et logistique 229
12.1 Unité consommateur et unité logistique 229
12.2 Commandes clients, contrats et appels de livraison 231
12.3 Conditionnement et expédition 232
12.4 Structure des lieux d'expédition et logistique 235
12.5 Opérations sur le produit et le process de distribution 241
12.6 Transport 243
12.7 Cycle des commandes clients et ECR 246

13 • Production par l'aval et kanban 249
13.1 Passage en flux tirés – Appel par l'aval 249
13.2 Renouvellement de consommation ou kanban 251
13.3 Paramètres du recomplètement 255
13.4 Autres méthodes de production par l'aval 263
13.5 Implantation d'un système d'appel par l'aval 264

14 • Sous-traitance industrielle 267
14.1 Définitions 267
14.2 Envoi en sous-traitance et commandes fournisseurs 270
14.3 Réception 273

15 • Pour une bonne utilisation de l'atelier : maintenance et environnement **275**

15.1 Maintenance **275**

15.2 Méthodes de maintenance **280**

15.3 Environnement **282**

C

Combien ?

16 • Plan industriel et commercial **291**

16.1 Horizon de planification **291**

16.2 Prévisions de vente, extrapolation et évaluation **292**

16.3 Modèles de prévision par extrapolation, tendance et saisonnalité **297**

16.4 Plan directeur ou plan industriel et commercial **304**

17 • Stocks et en-cours de production **311**

17.1 Mouvements prévisionnels et profil de stock **311**

17.2 Coûts liés aux stocks **314**

17.3 Stock de sécurité et seuil de réapprovisionnement **316**

17.4 Calcul de quantité économique : la formule de Wilson **321**

17.5 Réapprovisionnement par période économique ou cycle de réapprovisionnement (méthode P) **326**

17.6 Gestion des stocks à coût de rupture élevé **328**

18 • MRP, MRP II et DRP **335**

18.1 Principes et théorème d'Orlicky **335**

18.2 Besoin brut et besoin net – projets **336**

18.3 Besoin net et projet – transformation projet en ordre ferme 342
18.4 Explosion de nomenclature 345
18.5 Entrées du MRP 348
18.6 Algorithme générique de MRP 351
18.7 Conditions d'implantation de la méthode MRP 356
18.8 MRP 2 (Manufacturing Ressources Planning) 357
18.9 Gestion multi-entrepôts et DRP (Distribution Resources Planning) 359

19 • Du besoin client au lot de fabrication – OF et cadences 363

19.1 Ordres de fabrication 363
19.2 Phases de la vie d'un OF 367
19.3 Jalonnement d'un OF 370
19.4 Représentations graphiques des OF 377
19.5 Dossier de lancement 379
19.6 Analyse des OF clos 381

20 • Planning et charge, distribution du travail 383

20.1 Principes 383
20.2 Capacité finie et infinie 386
20.3 Chargement d'un planning 391
20.4 Méthodes de placement 395
20.5 Méthodes de simulation dynamique de files d'attente 400
20.6 Autres méthodes de chargement 405
20.7 Validation d'un planning calculé et conséquences 405
20.8 Distribution du travail 406

21 • Suivi de production 411

21.1 Mesure des temps 411
21.2 Modes de saisie 414

21.3 Analyse des temps 421
21.4 Indicateurs de performance 428
21.5 Quelques autres indicateurs classiques 431

22 • Mise en œuvre pratique de l'assurance qualité 433

22.1 Contrôle qualité 433
22.2 Qualité et démérites – Évaluation tiers 439
22.3 Coûts de non-qualité 440
22.4 Fiches de vie 441
22.5 Liens entre les flux de réalisation et l'assurance qualité 445

23 • Coûts des fabrications 449

23.1 Structure du coût d'un produit 449
23.2 Méthodes générales de calcul d'un coût de revient/article 453
23.3 Les différents coûts de production 466
23.4 Les écarts de coût en production 468
23.5 Valorisation des fabrications 474

24 • Gestion à l'affaire et gestion des projets 477

24.1 Projets et gestion de projets 477
24.2 Méthode PERT 479
24.3 Construction d'un réseau PERT 487
24.4 PERT-coût et coût d'une affaire 490
24.5 Méthode CPM (Critical Path Method) 491
24.6 Gestion des projets d'industrialisation 494

25 • Production au plus juste et production agile 499

25.1 Production au plus juste (lean production) 499
25.2 Production agile ou flexible (Agile Manufacturing) 508

Annexes mathématiques **513**

A **Suites et séries** **513**

B **Probabilités et analyse statistique** **516**

C **Régression et méthode des moindres carrés** **522**

D **Éléments de théorie des ensembles** **525**

Index alphabétique **531**

A

Quoi ?

1 • LES ARTICLES

Cette première partie a pour objectif de définir les données techniques, base du système d'information de l'entreprise.

1.1 Identification et définitions

Définition : Les articles sont les éléments matériels ou immatériels de l'entreprise achetés, fabriqués, utilisés, vendus, « identifiés en tant que tel, et constituant de ce fait un élément de nomenclature ou de catalogue ».[1]

La notion d'article est donc d'abord un concept défini par l'entreprise dans l'optique de sa gestion. La finesse de définition correspondra à la finesse de gestion demandée pour chacun des articles définis. On distingue habituellement les articles en précisant que « deux objets sont définis par le même article s'ils sont interchangeables du point de vue de l'utilisateur *moyen* de cet article ».

Un article peut être identifié par un ensemble de caractéristiques techniques (physiques…) et/ou commerciales. Puisque l'article est en premier lieu un concept lié à la gestion il peut ou non exister physiquement. Ainsi une matière première, une fourniture, un produit fini sont tous des articles. Une prestation, telle qu'une formation ou une extension de garantie, peut également être un article. Un assemblage commercial d'articles peut sans transformation physique devenir également un article (le lot de deux, de quatre, de treize à la douzaine par exemple). On

1. Norme NF X50-310.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

explicitera ci-après différents cas classiques. Les articles étant identifiés seront donc codifiés.

Les articles sont à la base de tout le système de gestion de l'entreprise. On parle de « fichier » ARTICLE (même si le plus souvent il ne s'agit plus de fichier au sens informatique mais d'une table dans une base de données). Les données constituant ce fichier sont constituées :

– des données d'identification, des caractéristiques techniques, des différents paramètres de gestion détaillés plus loin. Ces données sont des données dites « statiques » ou « permanentes » car elles varient peu pour chacun des articles définis. Elles sont regroupées dans la « fiche produit » (cf. infra) ;
– des données d'activité ou de situation telles que stocks, réservés, encours commandes ou fabrication… ;
– des données de coûts, de statistiques.

Les deux dernières catégories à l'inverse varient souvent et sont donc « dynamiques ».

L'élaboration de la base de données articles est un acte majeur de gestion de l'entreprise, l'objectif étant de concilier les attentes de gestion et un coût de gestion le plus faible possible, donc de limiter au maximum le nombre d'articles à gérer dans l'entreprise.

Toute erreur dans l'élaboration de la base articles a des conséquences très importantes sur l'ensemble de la conduite de la société.

1.2 Types d'articles

La classification des types d'articles dépend de l'angle utilisé pour la vision de ces articles. On distinguera parallèlement les articles en fonction de différents paramètres.

1.2.1 En fonction du stade d'élaboration

Si l'on suit le processus de transformation des articles du fournisseur au client, on pourra successivement définir les éléments suivants.

■ Matière première

On appellera matière tout article acheté et transformé (par usinage ou traitement quelconque) lors de la fabrication.

■ Fourniture

On appellera fourniture tout article acheté et monté sur une pièce sans transformation.
Ainsi :
– une barre d'acier est une matière ;
– une vis est une fourniture.

■ Pièce

Il s'agit d'un article transformé utilisant une seule matière première, donc n'ayant qu'un seul composant de nomenclature[1].

■ Sous-ensemble

Il s'agit d'un article transformé par montage de plusieurs pièces et/ou fournitures et/ou sous-ensembles, à un stade intermédiaire de l'élaboration du produit.
Le sous-ensemble est normalement indépendant fonctionnellement des autres sous-ensembles. Il est souvent lié aux autres sous-ensembles dans des configurations[2].

Exemples

Le moteur, la boîte de vitesses, d'un véhicule.
Le disque d'un micro-ordinateur.

■ Ébauche ou brut

Lorsque la première opération de transformation est différente de par sa technologie ou par son cycle de fabrication des autres opérations de transformation, on parle souvent d'ébauche ou de brut.

1. Cf. chapitre 2.
2. Cf. chapitre 2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

L'ébauche peut être réalisée dans l'entreprise. Elle est souvent réalisée par un sous-traitant. Ainsi en mécanique, l'ébauche sera réalisée en forge ou en fonderie, et suivie d'un usinage. Le nombre d'ébauches est souvent très inférieur au nombre de combinaisons possibles de produits finis issus de ces ébauches. L'ébauche achetée devient donc pour l'entreprise une « matière première ». Si l'entreprise fournit à son sous-traitant la matière servant à réaliser l'ébauche, celle-ci est alors un produit semi-ouvré (cf. infra).
L'ébauche est le plus souvent une pièce mais elle peut aussi être un sous-ensemble. Elle est toujours un produit semi-fini.

Exemples

Industries utilisant des ébauches sous-traitées : la robinetterie industrielle (aluminium, cuivre…), la fabrication de prothèses médicales hanche-épaule, l'industrie des cosmétiques.

■ Produit semi-fini ou semi-ouvré

Il s'agit d'un produit stockable dans un état intermédiaire de son élaboration.

Exemple

Un produit est marqué au sigle d'un client final. Le même produit semi-fini (non marqué) peut être utilisé pour plusieurs clients finaux différents. L'opération de marquage (sérigraphie par exemple) va transformer un produit semi-fini en différents types de produits finis.

Les stocks sont souvent essentiellement constitués de produits semi-finis.

■ Produit fini

C'est en gestion de production, un article vendable dans cet état. Un même article peut donc être à la fois produit semi-fini (puisque intégré dans un composé) et produit fini (puisque vendu en pièce de rechange).

Exemple

Chez Seb, la verseuse en verre est un produit semi-fini de la cafetière, et un produit fini.

Pour la norme ISO 8402, un produit est le « résultat d'activités ou de processus. Le terme produit peut inclure les services, les matériels, les produits issus de processus à caractère continu, les logiciels, ou une combinaison des deux. Un produit peut être matériel (par exemple, assemblages ou produits issus de processus à caractère continu) ou immatériel (par exemple, connaissances ou concepts), ou une combinaison des deux. Un produit peut être soit intentionnel (par exemple, une offre aux clients), soit non intentionnel (par exemple, un polluant ou des effets indésirables) ».

1.2.2 Par rapport aux tiers (clients et fournisseurs)

Du point de vue de l'acheteur, du fabricant ou du vendeur, on distinguera différents types d'articles.

■ Article de négoce

C'est un article acheté et revendu sans transformation au sein de l'entreprise.

■ Article fabriqué

Il est obtenu par transformation, à partir de matières premières et/ou de fournitures.

■ Article acheté

Il peut ne servir que pour la production en tant que matière ou fourniture, mais aussi être vendu (comme article de négoce). L'article acheté est caractérisé par un fournisseur auquel on l'achète, et un fabricant (qui l'a fabriqué). Le fournisseur et le fabricant peuvent être identiques (cas le plus simple) ou différents.

Exemple

Dans l'électronique le fournisseur est le plus souvent un revendeur, le même code article provenant de différents fabricants.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ **Article vendu**

Il n'y a pas toujours identité entre l'article fabriqué et l'article vendu. Pour des raisons commerciales, il peut être intéressant d'identifier de façon différente (donc avec plusieurs articles et des codes et désignations différentes) des produits identiques.
Il peut s'agir également parfois d'un conditionnement ou d'un étiquetage différent (mais dans ce cas l'article fini peut réellement être différent). On parlera à ce sujet de « références commerciales ».
De la même manière, l'organisme normalisateur EAN[1] définit la « variante promotionnelle » : elle permet de distinguer pour une unité consommateur donnée[2] la ou les promotions consommateurs pour lesquelles les règles n'imposent pas un changement de code EAN 13.

1.2.3 En fonction de la composition et du montage donc de la « nomenclature[3] »

■ **Composé**

Article issu de l'assemblage de plusieurs articles. Ces derniers sont dits « composants ».

■ **Composant**

Article entrant dans un assemblage ou « nomenclature ».

1. EAN France, 13 boulevard Lefebvre 75015 Paris, Web : http://www.gencod-ean.fr
EAN signifie European Article Numbering Association. EAN a pour objet d'établir :
– un système de codification des articles qui permette une identification unique ;
– un système de représentation des informations complémentaires (numéro de lots, date, mesures physiques) ;
– l'établissement de codes barres standard pour l'information qui peut être lue par ce moyen ;
– un ensemble de messages pour l'échange de données informatisé (EDI) : les messages.
2. Cf. infra 1.2.3.
3. Cf. chapitre 2.

On a vu que la pièce était un article issu de la transformation d'une seule matière première. La nomenclature d'une « pièce » n'a qu'un « composant ». La nomenclature d'un « sous-ensemble » a toujours plusieurs composants.

■ Articles fantômes

Au sein de la nomenclature, certains articles peuvent être « fantômes ». Ce sont des articles définis mais non stockables, par exemple fabriqués et immédiatement incorporés dans un ensemble donc ayant une existence physique très fugitive, voire inexistante.

Exemple

Le bonbon ou cachet non conditionné, lorsque le process est continu et le bonbon ou le cachet immédiatement enveloppé dans son papier ou son blister.

Ce cas est fréquent également dans la fabrication de machines spéciales.

Un autre cas existe avec le lot consommateur. Il peut ne pas être physiquement constitué. C'est le « passage à la caisse des composants du lot qui déclenche l'offre correspondante »[1]. On peut aussi parler de « lot virtuel ».

■ Variantes

Afin de simplifier le nombre de références articles et de nomenclatures, on introduit la notion de variantes. Il s'agit d'articles distincts par une partie de leur composition, certains composants pouvant se substituer à d'autres composants.

Exemples

L'appareil d'électroménager décliné en plusieurs couleurs. Les parties plastiques ou métalliques de couleurs différentes sont des composants substituables.

L'appareil électrique en version 110 volts ou 220 volts.

1. Glossaire EAN France–Gencod.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Option

L'option est un composant supplémentaire de la nomenclature, alors que la variante est un composant de remplacement.

> **Exemple**
>
> Dans une voiture, la peinture métallisée est d'un point de vue gestion de production, une variante, alors que le porte-vélos, le cache-bagages (sur les breaks) ou le coffre à skis sont des options.

Options et variantes sont des enjeux majeurs de la simplification de la gestion des références dans l'entreprise[1].

■ Articles définis et articles divers

Un article a besoin d'être identifié s'il est nécessaire de le gérer (stockage, traçabilité, tarification…). Mais cette gestion génère un coût.
À l'inverse, il n'est donc pas obligatoire d'identifier les articles qui ne sont pas « gérés ». Une vente exceptionnelle de produit ou de prestation correspond, par exemple, à ce cas qui sera identifié par un code article générique (code famille par exemple) et dont la désignation, le prix… seront précisés au niveau du bon de livraison et de la facture. En conséquence les articles d'usage rare, et non présents en stock ne seront pas codifiés.

1.2.4 En fonction de la complexité de la définition, notion de lot

Pour un moyen de production ou un ensemble de moyens de production déterminé, un lot est une quantité de pièces concernées par une même action ou un même ensemble d'actions (opération ou transfert) entre deux événements intervenant pour ce moyen de production. On distingue ainsi plusieurs types de lots :
– le lot en stock;
– le lot en commande;
– le lot de fabrication;
– le lot de transfert.

1. Cf. chapitre 2.

■ Notion et identification du lot

Lorsque les articles sont distincts pour un des utilisateurs de l'article mais pas pour les autres, il peut être intéressant de distinguer ces deux articles non pas au niveau de la référence mais d'une « sous-référence » : le lot.

Des exemples sont le meilleur moyen d'expliciter cette notion.

☐ Aéronautique, nucléaire, agroalimentaire

L'article est fait à partir de composants en acier ou aluminium dont les caractéristiques mécaniques sont fondamentales par rapport aux exigences du client (dureté, corrosion, étanchéité, fragilité…). Les « bonnes pratiques » de fabrication imposent alors :

– de connaître l'origine de la matière employée (fournisseur, date de fabrication…);
– d'être capable en cas de défaut de cette matière de retrouver tous les produits fabriqués avec cette matière.

Pour cela, on identifie la matière utilisée par :

– son code article;
– son identifiant (exemple : numéro de coulée permettant de retrouver fournisseur et date, ou numéro de coulée et de marquage).

☐ Industrie textile

Les notions de taille et de coloris dans l'habillement multiplieraient le nombre de références donc de codes articles dans des proportions qui rendraient dans certains cas le coût de gestion trop important.

Ceux-ci deviennent alors des lots (ou sous-ensembles, au sens mathématique) du code article générique.

☐ Industrie électronique

Un composant électronique de caractéristiques physiques définies, peut provenir de différentes origines de fabrication. Il en est ainsi par exemple des composants des micro-ordinateurs (NEC, Hitachi, Texas Instruments…).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le problème se complique du fait de la compatibilité ou de la non-compatibilité au montage de certains de ces composants entre eux. L'usage est alors de définir la nomenclature du produit avec des variantes, les compatibilités étant respectées dans une variante donnée, qui devient alors un type de lot de production.
On retrouvera ce type de problématique dans l'industrie automobile par exemple (pompe à injection d'un certain type à appairer avec d'autres composants…).

☐ **Divers**

– Rouleaux de papiers peints : identification par la référence mais aussi par le numéro de bain de teinture (numéro de lot).
– Produits périssables par leur code, leur code lot de fabrication et leur date de péremption (agroalimentaire, nucléaire, pharmacie…).

■ Numéro de série

Le numéro de série est un cas particulier d'identification de lot de fabrication, la précision descendant à l'unité produite. Il est important de se demander lors de la définition de l'article si le numéro de série doit servir dans des cas de traçabilité ascendante, ou si ce numéro de série doit être identifiable en stock. Ne pas l'identifier en stock permet de simplifier les comptages, les inventaires, et la gestion en général.

■ Lot, sous-lot, sous-sous-lot, etc.

Les exemples évoqués ci-dessus permettent d'imaginer la complexité de certaines situations d'identification.
Le lot d'identification peut aussi être à plusieurs niveaux (lot, sous-lot, etc.). En effet, dans certains cas la traçabilité implique d'autres niveaux. Il y a alors deux identifiants. On parle alors de lot et de sous-lot.

Exemple

Cas d'une entreprise de fabrication de boîtes de conserves en aluminium.
Le fond, les côtés et le couvercle peuvent provenir de trois coulées différentes d'aluminium. En cas d'intoxication alimentaire, le lot est composé alors :
– du lot de fabrication (permettant de retrouver la date de fabrication, l'état des machines à cette date, les personnes en charge du process…);

– de la coulée du fond ;
– de la coulée du côté ;
– de la coulée du couvercle.
Le lot complet est alors un quadruplet identifiant.

On se doit de poser des questions vis-à-vis de la complexité de gestion qui en résulte. La réponse dépend alors de l'usage qui en est fait :
– Comptage en stock par lot ?
– Traçabilité entre la fin de fabrication et le client final ?
– Recherche de tous les clients affectés par un des composants du lot complet ?

Aucune règle formelle ne peut être édictée mais certains principes peuvent être recommandés :
– diminuer le nombre de références articles et de types de lots diminue la complexité de gestion et son coût, et augmente sa fiabilité en diminuant le risque d'erreur ;
– augmenter les identifiants augmente le nombre de données à gérer. Si l'information peut être saisie sous forme de commentaire et retrouvée par un outil de requêtage, la complexité de la gestion en est fortement diminuée. Il s'agit alors d'une requête du type : retrouver tous les OF (toutes les fabrications) dont une des matières comprend un lot contenant le littéral « xxxxx ».

Mais les contraintes de plus en plus importantes dans le domaine de la traçabilité poussent nombre d'industries à gérer des arborescences de lots, semblables à des nomenclatures, qui se construisent au fur et à mesure de la fabrication.

■ Notion de coupes et de chutes

Dans certains cas l'unité de stockage et le nombre d'unités en stock ne sont pas suffisants pour savoir si l'article est disponible ou pas.

Exemple

Ainsi, si un client a besoin de 50 mètres de tuyau d'arrosage mais que l'on ne dispose que de quatre morceaux de 40 mètres, le stock est en théorie suffisant

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

mais en pratique non compatible avec le besoin du client (il doit alors éventuellement acheter un raccord, mais le minimum est de l'informer). On doit alors définir la notion de coupe au niveau de la gestion de l'article. La coupe est multiplicative vis-à-vis de l'unité de stockage.

Des coupes de 40, 10, 30, 32 mètres de la même référence de tuyau d'arrosage constituent-elles quatre codes articles différents. Il est plus signifiant, d'un point de vue gestion, de définir quatre coupes dans le même code article.

On peut enfin mixer les notions de lot, de sous-lot et de coupe.

Les lots sont de type additifs lorsque la quantité en stock est la somme des quantités de chacun des lots.

Exemple

– Si le lot est un numéro de série, le nombre de numéros de série en stock est la somme des triplets (article, numéro de série, quantité en stock = 1) puisqu'au lot identifié par un numéro de série ne peut correspondre qu'un seul article.

– Si le nombre de paires de chaussures dans le lot « pointure 42 » est de 50, et dans le lot « pointure 40 » de 25, alors le nombre total de paires de chaussures en stock sera de 50 + 25 = 75.

Les lots sont de type multiplicatif lorsque la quantité en stock n'est pas égale au nombre de lots mais au produit du nombre de lots par le type de coupe.

Exemple

Soit un stock constitué de 6 rouleaux de fil de 300 m provenant d'un même bain et d'un même ordre de fabrication. On suppose que l'on vend 2 rouleaux de 300 m et 2 mesures de 200 m.

Il restera alors 2 rouleaux de 300 m et 2 « coupes » de 100 m le stock est de :

$$(300 \times 2) + (100 \times 2) = 800 \text{ mètres.}$$

Les coupes peuvent être associées aux lots :

– coupe de 1,10 mètre dans une barre de 6;

– coupe de 15 mètres dans un rouleau de tissu de 50, etc.

1.2.5 En fonction de la logistique

■ Unité consommateur

L'article dépend non seulement de ses caractéristiques physiques mais aussi de la manière dont il est vendu au consommateur final. L'unité consommateur (ou UC) définit la manière (article élémentaire, lot quantitatif, article en promotion) par laquelle l'article peut être vendu.

Dans le monde de la distribution, une unité consommateur est identifiée par un code EAN 13, un code EAN 8, ou un UPC complété par le code VA (variante promotionnelle).

■ Unité logistique standard

Regroupement d'unités consommateurs. Ces regroupements peuvent avoir une réalité physique, en tant qu'unité de manutention ou d'expédition. Mais ils peuvent également être des entités non manipulables définies pour communiquer les conditions de la transaction (barèmes…).

■ Unité logistique complexe

Il s'agit d'une unité logistique standard, composé de plusieurs unités logistiques standards de types différents.

Exemple

Palette européenne composée de 3 rangs de 12 colis, chaque rang comportant une unité consommateur différente.

■ Unité de base

Dans la norme EAN (distribution), on appelle unité de base tout objet ou entité (autre que les unités logistiques homogènes) susceptible d'être identifié de façon unique, donc :

– de faire l'objet d'une « fiche article »;

– d'être identifié par un code (de type EAN 13 ou EAN 8)[1].

1. Cf. infra codification gencod.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Sont des unités de base : une unité consommateur, un lot consommateur, une unité logistique complexe…

■ **Unité d'expédition (colis) ou unité de manutention**

Entité manipulable et non sécable dans une expédition; il s'agit souvent de « palettes ».

1.2.6 En fonction du coût de revient unitaire[1]

Les calculs de coût de revient et surtout leur analyse vont nous amener à distinguer les articles selon leur contribution à la valeur ajoutée de l'entreprise.

On distinguera dans le coût de revient les composantes coût d'achat, coût de sous-traitance (qui est dans la marge brute mais pas dans la valeur ajoutée) et coût de fabrication (coût d'atelier).

Une matière première ou fourniture n'a qu'un coût d'achat.

On prendra garde à distinguer pour les articles fabriqués en sous-traitance, l'article produit, le coût de ses composants et le coût de la prestation de sous-traitance. La commande au fournisseur ne devra donc en aucun cas porter sur l'article lui-même mais sur la prestation associée. Le plus facile est alors de définir des « articles de prestation ».

Les coûts postérieurs à la fin de fabrication (coût de distribution, éventuels coûts de publicité liée au produit) ne sont pas des coûts incorporables dans le stock. La nécessité de distinguer les coûts au stade du stockage du produit et au stade final, ajoutée aux nécessités logistiques vues plus haut peuvent amener à définir des articles différents.

Exemple

Boîte de 12 crayons de couleurs, carton de 20 boîtes de 12 crayons…

1.2.7 En fonction du cycle de vie et de la consommation annuelle

Chaque produit traverse plusieurs phases (fig. 1.1), qu'on peut assimiler à celles de la vie humaine.

1. Cf. chapitre 23 « Coût de revient des fabrications ».

On distingue habituellement :
– la phase de démarrage ou lancement ;
– la phase de développement (ou de croissance) ;
– la phase de maturité ;
– la phase de déclin.

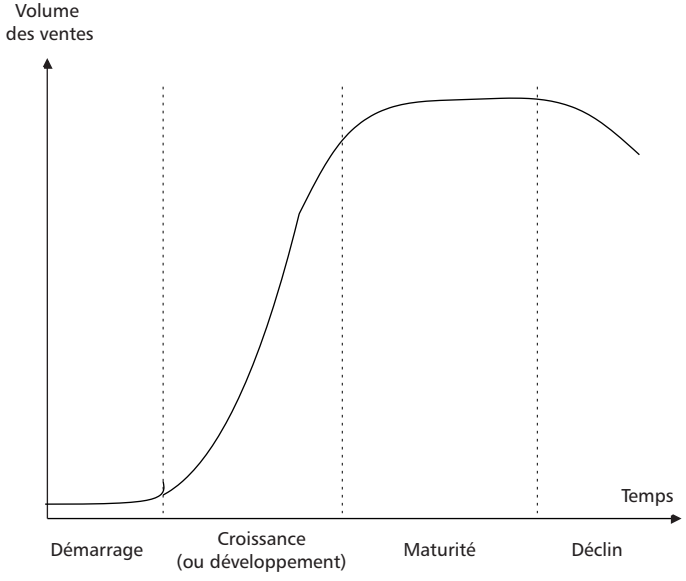


Figure 1.1 – Courbe de vie des produits.

Attention

La courbe de vie d'un produit n'est pas liée à celle du marché de ce produit. Ainsi, un produit peut être en croissance sur un marché en déclin ou en fin de vie sur un marché en croissance.

Sur ce sujet, on pourra consulter avec profit les ouvrages de marketing.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Dans les industries à consommation saisonnière et dont la durée de vie des produits est courte, la définition des produits est liée à la notion de « collection », annuelle ou bi-annuelle selon les marchés.

Le chapitre sur la tenue des stocks[1] rappelle que l'analyse ABC ou de Pareto conduit à différencier les produits selon leur consommation annuelle. Il pourra être intéressant de ne pas définir les articles d'utilisation irrégulière qui resteront au niveau de la définition au rang de « article divers ».

1.2.8 En fonction du process

Le paragraphe 1.2.3 distingue les articles selon leur composition. On se doit aussi de les étudier en fonction du process de fabrication. Un article doit être identifié s'il est stockable, achetable ou vendable. Mais qu'en est-il entre deux stades de fabrication donc entre deux opérations de la gamme ?

S'il n'existe pas de besoin particulier d'entrée en stock, d'achat ou de vente à ce stade, on se gardera bien de changer d'article entre deux opérations afin de ne pas hypertrophier la base de données des articles.

Mais à l'inverse, l'existence d'un tel besoin peut conduire à une définition différente des articles. L'analyse et la réflexion sur le process sont donc indispensables et préalables à la définition des articles.

1.2.9 Identification des articles et fonctions de recherche

Les contraintes informatiques des années écoulées sont la cause d'une confusion fréquente entre l'identification d'un article et le fait de le retrouver dans le fichier des articles.

Savoir si un article possédant les caractéristiques requises existe, le retrouver, l'identifier, constituent des problèmes quotidiens pour les différents utilisateurs.

Définir un article et savoir le retrouver sont des fonctions différentes. La définition de l'article permettra de l'identifier par un code interne unique (on peut dire en termes mathématiques qu'une « bijection » existe entre l'article défini et son code identificateur).

1. Cf. section 8.5.

Les index de recherche seront multiples en fonction des catégories d'utilisateur. Pour les membres du bureau d'études, ceux du service commercial ou du magasin, les index pourront être différents.

Exemple

– Service commercial : famille de produits et gamme commerciale.
– Bureau d'études : caractéristiques dimensionnelles.
– Magasin : marquage client + couleur indiqués sur le produit à entrer et sortir du stock.

En dehors du code principal définissant l'article, les autres index de recherche ou codes secondaires ne sont pas nécessairement uniques. Plusieurs articles différents peuvent posséder un index de recherche identique.

Les index de recherche sont le plus souvent partiels et hiérarchiques. Si on tape seulement les premiers caractères de l'index on retrouve tous les articles qui correspondent aux caractères tapés. La frappe de caractères plus nombreux retrouve un nombre plus réduit d'articles.

Les fonctions de recherche sont de plus en plus utilisées dans les entreprises depuis que les systèmes d'information permettent de gérer pour chaque article des caractéristiques techniques[1].

1.2.10 Résumé de principes de conception pour fabrication et assemblage

Afin de simplifier la base de données articles, les principes suivants seront appliqués dans la conception des produits :
– utilisation d'un minimum de composants d'où le recours systématique à la recherche de l'utilisation de composants communs ;
– utilisation de composants standards du commerce ;
– conception modulaire ;
– conception de composants multifonctions ;
– simplification des assemblages, utilisation de pièces uniques et d'encliquetages au lieu d'assemblages à monter et démonter ;

1. Voir section 1.9.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– différentiation des produits le plus tard possible dans le process de fabrication et d'assemblage ;
– conception des pièces en simplifiant leur fabrication ;
– minimisation des manutentions dans l'élaboration du produit.

1.2.11 Distinction entre article logique et réalité physique

La définition de l'article doit permettre la gestion et ne signifie nullement identité avec les usages communs.

Exemple (fig. 1.2)

Rond plein d'acier de 400 mm en barre de 2 mètres utilisé de la manière suivante :
À réception du fournisseur, on dispose d'un article R001 : « rond de 400 mm » en acier pour une quantité de 2 mètres. Après découpe de couronnes de 50 mm, il reste 180 cm de rond de 400 (article R001) et 20 cm de rond de 300 (article R005).
On constate sur cet exemple qu'une seule entité physique correspond à deux articles logiques pour la base de données techniques de l'entreprise.

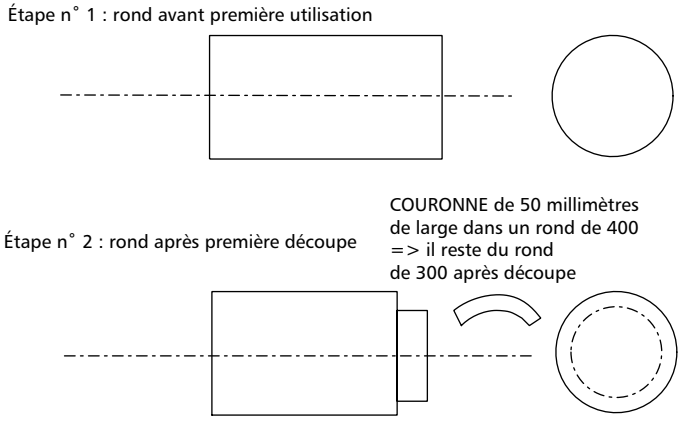


Figure 1.2 – Exemple de distinction article logique et article physique.

1.3 Codification

1.3.1 Code identificateur ou code interne

Toute pièce transitant dans l'entreprise, qu'elle soit achetée, transformée ou vendue, doit pouvoir être identifiée par toutes les personnes, qui de près ou de loin, vont devoir utiliser cette pièce. Un code est un « ensemble de conventions consistant en un système de symboles et de règles permettant de représenter une information »[1].

Ce code permet de lever toute ambiguïté sur l'identité d'une pièce et de retrouver l'article dans la base de données articles.

Il pouvait dans le passé donner éventuellement des indications sur la nature de cette pièce. Ce deuxième objectif a amené les responsables à incorporer dans la codification un descriptif des caractéristiques de la pièce et ce processus a engendré le concept de « codification significative ».

À l'inverse, s'il n'existe aucun rapport entre les signes utilisés dans le code et une caractéristique (famille de pièces, dimensions, année de l'article), la codification est dite « non significative ».

Le code est semi-significatif si une partie de ses caractères a une signification autre que le rang de création. Tous les produits de l'entreprise, des produits finis aux matières premières, stockables à un niveau quelconque de la fabrication, seront codifiés, de manière unique et sans ambiguïté.

Pour éviter ces difficultés, la codification devra être à la fois simple et souple.

■ SIMPLE

Elle ne dépassera pas huit à dix caractères. Elle sera non significative ou semi-significative (deux ou trois des caractères pouvant avoir une signification logique).

1. Norme NF X50-310 « Concepts fondamentaux de la gestion de production ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Dans tous les cas, il n'y a plus d'inconvénient à utiliser aujourd'hui une codification partiellement alphanumérique (que même les logiciels pour micro-ordinateurs savent prendre en compte). Elle devra pour cela :

– ne pas utiliser les lettres I, O, U, C qui se confondent respectivement avec 1, 0, V, L ou 0. Il reste dans ce cas 22 lettres + 10 chiffres (code à base 32) ;
– éviter absolument d'employer les signes autres (opérateurs arithmétiques, signes de ponctuation) qui obligent l'opérateur à utiliser deux doigts (*shift*) au lieu d'un ne sont pas reconnus dans certains programmes d'export-import (exemple : problème sous Excel) ;
– éliminer les espaces dans tous les cas (avant, après ou au milieu des codes articles). Les espaces de début ou de fin de code ne sont pas visibles sur les différents états papier. Les espaces à l'intérieur des codifications sont considérés comme des champs de séparation par nombre de programmes d'export ou d'import et posent alors des problèmes.

■ SOUPLE

Elle permettra la création permanente de nouveaux articles sans remise en cause de l'existant. En cas de signification de certains caractères, une famille « autres » sera systématiquement prévue.

Les objectifs des services commerciaux et des services de production étant différents, on doit donc différencier la codification de l'article d'un autre identifiant éventuel, qu'on appellera également souvent code par simplification.

Cette codification annexe, destinée non pas aux méthodes ou à l'ordonnancement, mais à l'enregistrement et au suivi commercial des commandes, peut être significative, en particulier en prenant en compte les dimensions du produit. Ceci n'a de raison d'exister que si cette codification significative concerne une large part des articles de l'entreprise. Il ne s'agit toutefois pas réellement d'un code puisque plusieurs articles peuvent avoir ce même identifiant.

Remarque

On conseillera enfin d'élaborer une codification homogène, c'est-à-dire comprenant toujours le même nombre de caractères, au moins pour chaque famille donnée de produits.

1.3.2 Exemples de codification

■ Exemple 1 : plaques minéralogiques : 8311 PS 69

En France la codification est semi-significative : certains caractères sont significatifs (69 par exemple) d'autres pas puisque indiquant seulement un numéro d'ordre (8311, PS). De plus, on peut noter que contrairement aux usages, les caractères ne sont pas dans l'ordre logique de classement (qui serait 69 PS 8311). En Allemagne par contre les lettres significatives sont au début (exemple : M-MT 7177, le premier M signifiant Munich).

Par contre ce code n'est pas très souple puisque certains départements ont maintenant trois lettres et trois ou quatre chiffres, le nombre initial de possibilités ayant été dépassé.

■ Exemple 2 : code des départements français

Il était au départ significatif, les départements étant classés par ordre alphabétique. On se rend compte aujourd'hui que ce classement était une erreur puisque le système est tellement rigide que tout changement de nom ou création de département introduit des perturbations (cas des départements de Corse (2A, 2B), de la région parisienne (91 à 95),…).

Un code de type alphanumérique eût été beaucoup plus souple (ex. : AI = Ain, AS = Aisne, par exemple). Ce code aurait ressemblé à la numération des états des Etats-Unis (AL = Alabama, etc.).

1.3.3 Codes secondaires de l'article

■ Code normalisé exemple EAN 13 ou Gencod

Utilisé dans la distribution, il définit tous les articles par un code à 13 chiffres.

Les 6 premiers indiquent le fournisseur (Code national unifié fournisseur ou CNUF), les 6 suivants définissent le code produit. Il est numérique parce que les codes numériques utilisent pour le même nombre de caractères un espace plus réduit lors de l'impression code-barres. Rappelons que 6 caractères numériques permettent de définir 999 999 codes articles dans l'entreprise.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le 13e chiffre est un code de contrôle (ou clé de contrôle) puisque toute erreur sur la frappe d'un chiffre est détectée par la non-conformité du code obtenu et du code de contrôle.

■ Code du client ou du fournisseur

Dans les échanges avec les tiers, il peut être contractuel ou simplement de bonne pratique commerciale d'utiliser non pas son propre code mais le code de l'article chez le client et le fournisseur. Il en est ainsi de l'étiquetage Galia[1] ou des échanges EDI[2]. Le système de gestion comprend alors pour chaque article les « *n* » codes articles des tiers concernés par ce même article.

D'autres codes existent : on peut citer par exemple le code IFLS (Institut français de libre service), le code Cetim[3] pour les pièces mécaniques…

1.3.4 Changement de codification

Attention : un système de codification article est un élément très structurant de l'entreprise. Les codes articles se retrouvent dans l'ensemble des données tant commerciales que de production de l'entreprise et la codification est pratiquement impossible à modifier ensuite. Cela est vrai aussi pour d'autres données de la fiche article. Ainsi le changement d'unité d'un article (passage du gramme au kilogramme par exemple) oblige à reprendre toutes les nomenclatures concernées puisque le coefficient d'emploi est multiplié ou divisé (par 1 000 dans cet exemple).

Dans tous les cas on devra déconnecter le système de codification d'éventuelles contraintes liées au progiciel de GPAO. Un système de GPAO qui obligerait par exemple à commencer par un caractère donné la codification de matières premières ou celle des outillages est à proscrire absolument (le cas existe…).

1. Galia : Groupement pour l'amélioration des liaisons dans l'industrie automobile.
2. EDI : Échange de données informatisé.
3. Cetim : Centre d'études des industries mécaniques (www.cetim.fr).

1.4 Familles et index de recherche

1.4.1 TGAO[1] et familles

Il est souvent intéressant de regrouper les articles par famille. Par exemple, en mécanique, des rivets de même forme et de même diamètre mais de longueur différente font partie d'une même famille. En effet les avantages sont multiples :

– au niveau des études, réutilisation des composants (exemple : les moteurs XU (essence) et XUD (diesel) se retrouvent indifféremment sur les Citroën ZX, Xantia et XM et sur les Peugeot 205, 306, 406 ou 605) ;
– au niveau des méthodes, diminution des temps de réglage lorsqu'on passe deux pièces d'une même famille à la suite l'une de l'autre ;
– au niveau commercial : simplification des tarifs.

La recherche des articles existant dans la famille permet souvent de ne pas réinventer des pièces déjà existantes. En effet, s'il est possible de trouver des pièces analogues à celle déjà réalisée, il est alors préférable de réutiliser cette pièce, quitte à modifier la pièce avec laquelle un assemblage était prévu.

Exemple

Ainsi dans la mécanique le Cetim propose une classification des pièces suivant sept critères :
1. Matière (acier de construction, acier non allié, acier faiblement allié, acier inox, fonte, alliage cuivreux, alliage léger, matière plastique…).
2. Brut (barre ronde, tube ou jet creux, barre polygonale, tôle, profilé, ébauche moulée, ébauche forgée, ébauche pliée ou emboutie, ébauche mécano soudée, pièce usinée).
3. Morphologie.
4. Appel de livraison par l'aval.
5. Classe Dimensions (pièce plate $D < 40$ à pièce longue $D > 80$).
6. Éléments de forme (0 = sans, 1 = gorge, 2 = filetage, *C, 1 + 2…)*.
7. Éléments de forme (0 = sans, 1 = trou/à l'axe, 2 = trou non/à l'axe…).

1. TGAO : Technologie de groupe assistée par ordinateur.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Mais on se gardera de confondre la classification par famille, l'élaboration d'un index de recherche (cf. 1.2.9 supra), et la codification de l'article (étudiée plus haut).

Exemple

On citera de même l'informatique dans laquelle les méthodes de conception orientée « objet » ont pour vocation de définir des familles (des « classes ») afin de faciliter la réutilisation des composants. Le problème de la recherche des composants existants et de leur employabilité dans un contexte nouveau se pose alors avec la même acuité.

D'un point de vue général, les systèmes de gestion des données techniques (SGDT) permettent de simplifier les problèmes liés au référencement et à la structuration du référentiel des articles de l'entreprise.

Ainsi d'après le dossier CXP sur les liens entre conception et production[1], les fonctionnalités d'un SGDT permettront de :

– stocker des données élémentaires (articles, plans…) dans une bibliothèque protégée ;
– décrire les données, par des attributs sur des éléments, dans une orientation objet ;
– classer les données (technologie de groupe) ;
– les structurer entre elles : super nomenclature avec tri par nature, utilisation… ;
– visualiser les données en cliquant sur le code ;
– protéger les données par un contrôle de modification et des accès ;
– distribuer les données sur tous les sites à toutes les fonctions ;
– discipliner leur évolution technique (ECO ou Engineering Change Order soit référence à un dossier de modification) ;
– structurer l'instruction d'un dossier et sa chronologie (*workflow*) ;
– intégrer toutes ces fonctions.

On verra plus loin une application de ces principes par la méthode de la différentiation retardée.

1. CXP information, n° 239 juin 1998.

1.4.2 Marketing et familles d'articles

Il est parfois fait mention de « category management ». Le principe de base consiste à gérer les produits en fonction du marché non pas article par article, mais par regroupement d'articles correspondant à des motivations d'achat homogènes chez les consommateurs.

On considère habituellement que cette gestion par famille de motivations d'achat est un facteur améliorant l'ECR[1].

L'index de recherche est alors constitué à partir du code famille.

1.5 Paramètres à définir avant l'article

Dans ce paragraphe on se basera sur la normalisation internationale issue du dictionnaire TDED ou Trade Data Element Dictionary élaboré sous l'égide de l'Onu. L'adoption des valeurs de codes de ce dictionnaire garantit une plus grande facilité de communication avec ses différents partenaires clients et fournisseurs.

1.5.1 Unités

Chaque article dispose de plusieurs unités éventuellement identiques :

– l'unité d'achat ;
– l'unité de stockage ;
– éventuellement une unité spéciale utilisée pour une opération de fabrication ;
– l'unité d'expédition, qui dépend de l'unité logistique ;
– l'unité de tarification.

Le coefficient de conversion entre deux unités permet l'homogénéité des mesures. Ainsi, la barre de métal est achetée au kilogramme et stocké en mètres.

La norme EAN a défini une liste d'unités types (dictionnaire TDED donnée 6411). L'utiliser simplifie les échanges avec des tiers.

1. ECR : Efficient Consumer Response.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Avant de définir une unité, se poser les questions relatives à l'utilisation de ces unités pour ce qui concerne :
– le tarif : les unités monétaires n'ont que deux décimales. L'unité utilisée permet-elle une précision de gestion suffisante ;
– les statistiques : l'unité utilisée ne risque-t-elle pas dans certains états de générer des dépassements de capacité, ou à l'inverse de poser des problèmes de décimales (utiliser trois décimales dans une unité est un maximum).

Exemple

1. Les bobines de papier en général autour de 10 000 mètres, sont produites par dizaines de milliers dans l'année. La bonne unité n'est-elle pas plutôt le kilomètre plutôt que le mètre ?
2. Des encres ou des colorants utilisés dans des très petites quantités sont peut être achetés par kilogramme, stockés en kilogramme, mais il est important de penser à définir une unité d'utilisation qui sera plutôt le gramme, pour assurer la colorimétrie correcte des produits fabriqués.

Rappel sur quelques unités courantes de la normalisation (donnée TDED 6411) :
– PCE : pièce ou unité ;
– GRM : gramme ;
– KGM : kilogramme ;
– MTR : mètre ;
– KMT : kilomètre ;
– MTK : mètre carré ;
– LTR : litre ;
– AMT : mesure d'une quantité monétaire (*amount*) ;

et toutes les unités dérivées, tant dans le système métrique que le système anglo-saxon (YRD : yard, etc.).

1.5.2 Conditionnements

Le produit n'est plus simplement considéré maintenant une fois sorti de fabrication, mais dans l'optique de la disponibilité pour le client. Le

conditionnement devient alors un élément constitutif de l'élaboration de ce produit. Il existe à ce sujet deux normes.

■ Norme EAN

– L'UC ou unité consommateur (on parle aussi d'UMC ou unité mini-consommateur). Article pouvant être vendu au consommateur à l'unité. Une unité consommateur est normalement identifié par un code EAN 8 ou EAN 13 (code « gencod »). Il peut s'agir d'articles élémentaires, de lots consommateurs, d'articles en promotion.
– Le sous-emballage : c'est un niveau de regroupement intermédiaire entre l'unité consommateur et l'unité élémentaire d'approvisionnement (exemple : 16 mignonnettes d'alcool dans un carton commandable de 96 unités).
– L'unité élémentaire d'approvisionnement : unité selon laquelle l'article peut être approvisionné et non fractionnable en unités plus petites. Un même article peut avoir plusieurs unités élémentaires d'approvisionnement, par exemple l'un de type carton et l'autre de type palette.
– L'unité d'expédition : entité manipulable et non sécable dans une expédition.
– L'unité logistique standard : regroupement standard d'unités consommateurs. Ces regroupements peuvent avoir une réalité physique (comme unité de conditionnement ou d'expédition) mais être également des unités « logiques » définies à seule fin de tarification ou pour traduire des conditions de réalisation de la transaction.

À ces notions sont associées les notions de PCB (*par combien* = nombre d'unités consommateurs contenues dans l'unité élémentaire d'approvisionnement) et de SPCB (*sous-par-combien* = nombre d'unités consommateurs contenues dans le plus petit sous-emballage à l'intérieur de l'unité élémentaire d'approvisionnement).

■ Norme Galia

On parle alors :
– d'unité de conditionnement (UC) ;
– d'unité de manutention (UM).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Attention

La norme GALIA est donc plus restrictive que l'EAN, qui définit trois niveaux de conditionnement (cf. infra).

■ **Rappel**

Quelques unités courantes de la normalisation EAN (donnée TDED 7065) :
– 201 : palette ISO 1 – EURO Palette – dimensions 80 × 120 cm. Elle est encore appelée palette EUR ou SNCF. Elle représente en France 80 % du parc de palettes (1998) ;
– 200 : palette ISO 0 – demi-palette EURO dimensions 80 × 60 cm. Elles sont bien adaptées aux supermarchés ;
– 202 : palette ISO 2 – dimensions 100 × 120 cm ;
– BX : boîte en carton, bois, plastique, aluminium, etc. ;
– CT : carton ;
– FP : film plastique ;
– SH : sachet ;
– RO : roll.

1.5.3 Niveaux de conditionnement (donnée TDED 7075)

Pour un produit donné on distingue trois niveaux de conditionnement :
– conditionnement intérieur = 1 ;
– conditionnement intermédiaire = 2 ;
– conditionnement extérieur = 3.

Exemple

La boîte de 12 craies blanches, dans des cartons (colis) de 24 boîtes, par palette de 60 cartons.

1.5.4 Types de lots

Lorsque les articles sont définis à lots (cf. 1.2.4) il importe de caractériser les lots avant de codifier et définir les articles. En effet, certains lots seront

à liste de valeurs prédéfinies (exemple : pointure, couleur, fabricant) alors que d'autres seront à liste de valeurs indéterminée (code lot de fabrication, numéro de coulée, numéro de série…).

1.6 Principales données liées à l'article

Une fois la définition de l'article effectuée, sa codification précisée, les index de recherche définis, la fiche article sera remplie en respectant les différentes notions nécessaires pour les échanges avec les clients et les fournisseurs. En effet, au sein du processus de production, les sous-traitances, les transports, les mises en dépôt, les stocks consignations sont autant d'opérations qui imposent aux deux partenaires de traiter l'article de la même manière donc de connaître les différents paramètres liés à cet article.

La norme Edifact[1] au travers du message Prodat[2] entérine cet état de fait et permet aux intervenants d'échanger les informations nécessaires.

Parmi celles-ci on trouvera en sus des informations évoquées en 1.5 :

– les mesures physiques (poids…) ;
– les libellés (court, long, en français, en langue étrangère) ;
– les zones liées à la tarification ;
– les zones liées au traitement de la facturation (TVA, affectation vente) ;
– les zones complémentaires liées à la logistique : gerbabilité (sic…), risque de manipulation (CRU = risque d'écrasement), etc.

1.7 Cas particuliers

Un certain nombre d'articles dans l'entreprise ont des caractéristiques particulières. Au nombre d'entre eux on peut citer :

1. Edifact : Electronic Data Interchange for Administration Commerce and Transport.
2. Prodat : Product Data = fiche produit échangée dans le cadre de relations client-fournisseur.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

1.7.1 Articles de prestation

Dans le but de rapprocher les ventes et la réalité des coûts qui caractérise l'évolution de l'industrie, les éléments constitutifs de la valeur ajoutée sont détaillés. Parmi ceux-ci on trouve donc un certain nombre de prestations effectuées pour le client ou à l'inverse effectuées par le client (qui donnent lieu donc à des remises). On peut citer à cet effet :

– les majorations pour outillage sur les *n* premières pièces ;
– le coût fixe de première acquisition est réparti sur les *n* premières pièces que le client s'engage contractuellement à acquérir dans une durée donnée ;
– les prestations de sous-traitance commandées à un fournisseur (exemple : trempe facturée au kilogramme de « brut » avec envoi de pièces d'un poids à préciser en conséquence) ;
– les frais de port et d'emballage qui induisent par exemple une gestion d'emballages consignés ;
– les prestations de PLV[1] effectuées par le client (qui diminuent le prix de vente).

D'un point de vue systémique, ces différentes prestations s'établissent tout au long du processus d'élaboration et de distribution du produit depuis la conception (outillages) jusqu'à la vente au consommateur final.

L'EAN introduit à ce sujet la notion de « produit-service », annexe à la transaction principale, susceptible d'être commandé et/ou facturé. Il convient alors de bien définir les liens avec la transaction principale sous peine de fausser sinon les marges et le contrôle de gestion.

1.7.2 Outillages (du point de vue de l'utilisation)

Les outillages ont ceci de particulier que leur utilisation dans le cadre d'une fabrication donnée est temporaire. Ils donnent lieu donc à un besoin à la date d'utilisation suivi d'une ressource à la date de fin d'utilisation.

1.7.3 Emballages durables

Les préoccupations liées au développement durable ont introduit dans les entreprises, en commençant par celles du secteur automobile, la

1. PLV : Publicité sur le lieu de vente.

notion d'emballage durable c'est-à-dire réutilisable (Reusable Container Management). Ces bacs, conteneurs, etc., monoblocs ou constitués de plusieurs lits de colis, sont nécessaires pour la fabrication ; sortis du stock lors de l'expédition au client, ils passent souvent chez un prestataire logistique (pour lavage…) et reviennent chez le fournisseur-fabricant. On parle alors de « boucle » des emballages, et des traitements particuliers leur sont appliqués au sein du système d'information permettant de gérer les flux d'emballages vides et pleins. Certains industriels vont jusqu'à l'identification unitaire de ces emballages durables (sérialisation *via* une puce RFID), mais dans tous les cas cette problématique est devenue un enjeu de la gestion industrielle.

Exemples

VW Transport gère 6,5 millions d'unités sur 32 usines en Europe.
PSA gère plus de 3 millions d'unités (standards et spécifiques, contenants et accessoires) et sous-traite la gestion des emballages plastiques à sa filiale GEF-BOX.
Renault gère 4 millions d'unités, dont 1,7 million de bacs plastiques.

1.7.4 Limites de la notion d'article

Même si la notion étendue d'article logique permet de gérer plus précisément et donc de résoudre des problèmes de gestion autrefois insolubles, il importe de ne pas faire n'importe quoi dans le fichier articles. Les opérations d'atelier, les ressources de production, les personnels sont parfois malheureusement considérés comme des articles dans certains progiciels pour des raisons qui n'ont plus rien à voir avec la gestion.

1.8 La vie des articles et la gestion des modifications techniques

La généralisation de l'ISO 9000[1] impose de gérer pour chaque article un historique des modifications techniques. Toute modification fait alors référence à un dossier de modification (ou ECO, cf. 1.4.1 supra). La nomen-

1. Cf. chapitre 7 « Production et qualité ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

clature de fabrication prendra en compte les indices d'évolution technique réellement utilisés et validés.
Lors de la conception du produit, les concepteurs doivent s'assurer que le produit n'est pas fabriqué tant que l'ensemble des procédures de validation n'est pas terminé. La notion de statut lié à l'article permet de bloquer la réalisation ou l'approvisionnement dans la phase d'étude et élaboration.
Durant toute la vie de l'article on gérera les différents indices ou versions, chaque indice ou version correspondant à un plan, une nomenclature et une gamme. Une version est créée à une date donnée, mise en application à une autre, a une fin de vie, est interdite de fabrication ou de livraison à partir d'une certaine date, peut être en dérogation pour le stock existant, ou jusqu'à une certaine date (dans l'attente de la disponibilité de la version suivante).
Lors de la phase de déclin des produits dans lequel est utilisé le code article, si une décision est prise de destruction du code article, celle-ci n'est pas exécutable immédiatement. En effet, il convient alors de s'assurer :
– qu'aucun mouvement prévisionnel (commande client, commande fournisseur, ordre de fabrication) n'existe ;
– qu'aucun mouvement réel modifiable n'existe (exemple : BL client non facturé, sortie composant sur un ordre de fabrication non clos).

Puis l'article une fois passé au statut d'article « mort » doit être conservé dans la base de données tant que son utilisation n'a pas été éliminée du système d'information de l'entreprise. Ainsi il convient et ce sans volonté d'exhaustivité :
– de remplacer cet article dans les nomenclatures par son remplaçant,
– de transférer ses statistiques de coût sur un article famille, etc.

L'élimination des articles en fin de vie est donc un processus complexe qui requiert une parfaite coordination des différents services de l'entreprise.

1.9 Caractéristiques techniques

1.9.1 Caractéristiques

Les systèmes de gestion de production se sont enrichis récemment avec un certain nombre d'informations techniques qui n'étaient pas gérées

auparavant. En effet, les recherches d'articles selon des critères techniques et la mise en œuvre de contrôles liés au SPC (Statistic Process Control[1]) ont poussé les entreprises à prendre en compte ces caractéristiques techniques comme éléments complémentaires de gestion.

Pour chaque article on peut être amené à stocker plusieurs dizaines de caractéristiques, fonction du métier de l'entreprise et de la position de l'article dans le process de transformation.

Exemples

En chimie : densité, extrait sec et pouvoir couvrant (peintures), viscosité (huiles), matité.

En pharmacie : forme galénique, couleur, biodisponibilité, etc.

En mécanique : dimensions, éléments de forme, dureté, état de surface, etc.

En électronique : les caractéristiques à décrire seront différentes selon qu'il s'agit d'une résistance, d'un condensateur (capacité), d'une diode ou d'un CI (tension d'alimentation, de claquage), etc.

En imprimerie : grammage du papier, nuance Pantone, papier couché ou non…

Ces caractéristiques prennent des valeurs différentes selon les articles. Ces valeurs sont numériques ou non, prises ou non dans des listes de valeurs prédéfinies, comprises ou non entre des bornes (tolérance).

La connaissance de ces caractéristiques pour chacun des articles utilisés dans l'entreprise va permettre d'introduire au sein du système de gestion (donc dans le PGI ou ERP) des fonctionnalités qui étaient traitées auparavant en dehors de celui-ci (par exemple dans un SGDT)[2].

1.9.2 Recherche d'un article

La première fonctionnalité consiste en une recherche d'un code article existant à partir des valeurs d'un certain nombre de caractéristiques techniques. Ceci facilite la tâche du bureau d'études, des acheteurs, et permet de diminuer le nombre de références présentes dans l'entreprise, le niveau de stock et les coûts de stockage.

1. Voir section 7.4.
2. Voir section 1.4 « TGAO et familles ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Cette fonctionnalité est aussi utilisée avec les configurateurs par les responsables d'affaires ou de lignes de produits.

1.9.3 Fiche de contrôle qualité et conformité

La seconde fonctionnalité consiste à créer des fiches de contrôle en réutilisant ces caractéristiques. Pour chacune des valeurs possibles, on indique alors celles qui sont ou peuvent être l'objet de contrôles pour l'article et la caractéristique, avec l'indication des valeurs qui rendent l'article conforme ou non conforme[1]. Ceci permet de gérer plus facilement les réceptions ou les déclarations de production.

1. Voir chapitre 22 « Mise en œuvre pratique de l'assurance qualité ».

2 • LES NOMENCLATURES

Les données techniques de l'entreprise regroupent deux grandes catégories :

– les données qui décrivent la composition du produit; les nomenclatures;
– les données qui décrivent le mode d'élaboration du produit : les gammes.

Ce chapitre va permettre de préciser les notions liées aux nomenclatures.

2.1 Le produit et sa composition

2.1.1 Définitions

La « nomenclature » a d'abord été une notion vague, à l'origine de plusieurs difficultés au sein des entreprises. À l'origine la nomenclature est un document de synthèse qui présente :

– la manière dont est composé un produit par une liste de composants;
– les relations entre les différents composants au sein du composé, qui se traduisent par des **« liens de nomenclature »**.

Le produit qui est issu de la nomenclature est l'article **« Composé »**. Les articles constituant la nomenclature sont des « **Composants** ». Une matière première achetée ou une fourniture peuvent donc être des composants mais pas un composé. Un sous-ensemble est selon le cas composé (dans la nomenclature décrivant son élaboration) et composant

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

(dans la nomenclature de l'ensemble ou des ensembles auquel il appartient) (fig. 2.1 et 2.2).
Les fonctions de la nomenclature sont multiples selon que l'on se préoccupe :
– de la fonction Approvisionnements ;
– de la fonction Études ;
– de la fonction Méthodes.

2.1.2 Coefficient et niveau

Exemple 1 : recette de cuisine

Pour confectionner un « quatre-quarts », il faut pour 8 personnes :
– farine : 250 grammes ;
– œufs : 4 pièces ;
– sucre : 250 grammes ;
– beurre : 250 grammes.

Exemple 2 : face avant de micro-ordinateur équipée

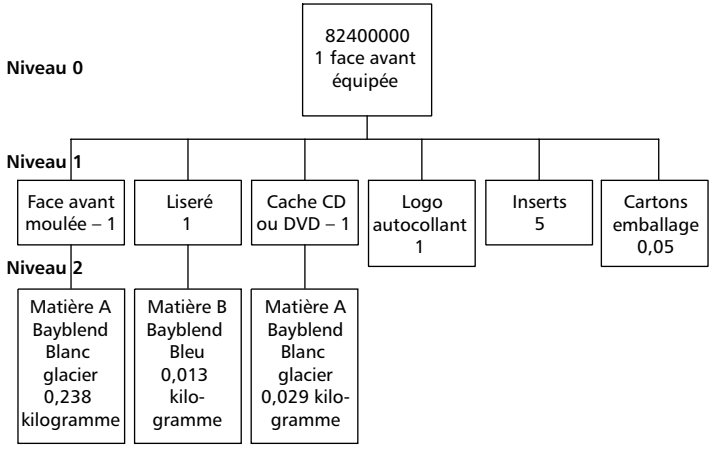


Figure 2.1 – Nomenclature de face avant équipée.

Cette nomenclature est un produit pour le fabricant mouliste, un composant acheté pour le constructeur d'ordinateurs.

Pour chaque composant le nombre indique le coefficient (cf. infra). Chaque changement de niveau (cf. infra) indique une étape dans le process de fabrication, correspondant (en général) à un stockage intermédiaire (ou à une possibilité de stockage intermédiaire).

Exemple 3 : lame d'acier fabriquée à partir du rond de diamètre 400

L'épaisseur de la lame au débit est de 1,5 cm. Dans une couronne, on fabrique 4 lames (cf. chapitre 1).

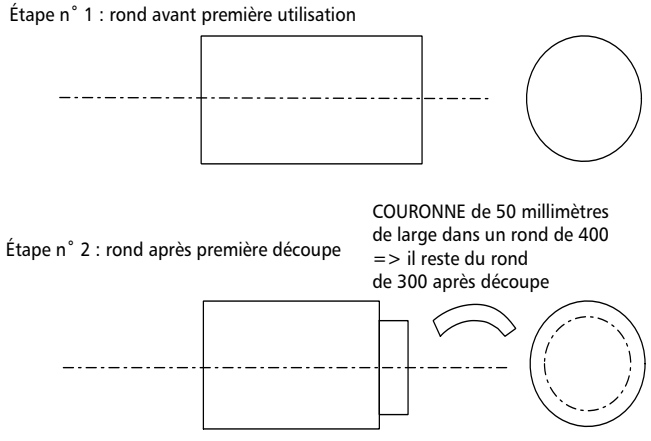


Figure 2.2 – Exemple de nomenclature à composant consommé et produit.

■ Coefficient

Le coefficient indique la quantité du composant utilisée dans la fabrication du composant. Cette quantité est exprimée dans l'unité de stockage de l'article composant. Elle peut bien évidemment comporter des décimales.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple 1

Dans l'exemple 1 ci-dessus le coefficient de la farine est 250 si l'unité de la farine est le gramme, 0,250 si l'unité est le kilogramme.

Exemple 2

Le coefficient du carton d'emballage est de 0,05 puisqu'on met 20 faces avant par carton lors du conditionnement.
Le coefficient du bayblend bleu dans le liseré est de 0,013 (soit 13 grammes de matière par liseré, et un liseré par face avant équipée soit 0,013 × 1 gramme de bayblend bleu par liseré).

Selon le type de process, le coefficient peut comporter un taux de rebut, une partie fixe ou être négatif.

Exemple 3

La nomenclature peut alors être du type :

Niveau	*Code*	*Désignation*	*Coefficient*
0	L001	lame de découpe xxxxx	
1	C001	ébauche de lame L001	0,250 unité

(on suppose qu'une couronne permet de faire quatre lames).

2	R001	rond de diamètre 400	0,015 mètre
2	R002	rond de diamètre 300	– 0,015 mètre

(le rond de diamètre 300 est produit et non consommé).

■ Niveau

Par convention le niveau du composé dans une nomenclature est le niveau zéro. Les composants directs sont de niveau 1, les composants des composants sont de niveau 2, etc. Chaque décomposition d'un composé en ses composants augmente le niveau de n à $n + 1$.

Exemple 2

La matière première (bayblend blanc glacier, ou bayblend bleu) est de niveau 2 dans cette nomenclature.

La notion de niveau d'un composant dans une nomenclature est liée à ce lien de nomenclature et en aucun cas à l'article lui-même.

Ainsi une même vis utilisée plusieurs fois dans différents sous-ensembles d'une nomenclature peut-elle être de niveau, 1, de niveau 2 et de niveau 4 dans la nomenclature.

Le nombre de niveaux utilisé dans l'entreprise est très variable et dépend :

– de la complexité des produits et du nombre de composants ;

– de la finesse de gestion demandée ;

– du process de fabrication.

Il est en général de 1 à 3 niveaux dans les entreprises de fabrication de pièces, de 5 à 7 niveaux dans les entreprises d'assemblage, et peut atteindre 10 à 15 niveaux dans certains secteurs particuliers comme l'aéronautique (pour la partie montage) et l'électronique.

Exemple 3

La nomenclature présentée ci-dessus est à 2 niveaux. Après l'opération de débit, une découpe transforme la couronne en 4 lames en arc de cercle de 90°. Supposons maintenant que le process enchaîne l'opération de débit et de découpe et qu'on ne stockera jamais les couronnes non découpées. La bonne méthode est alors de supprimer un niveau de nomenclature, à condition toutefois que l'on puisse indiquer dans le coefficient qu'il faut 0,015 m pour 4 pièces, ou bien que l'on indique que l'unité de fabrication est forcément un multiple de 4 et dans ce cas seulement on peut admettre d'indiquer comme coefficient 0,015/4 = 0,00375 mètre.

■ Plus Bas Niveau

Il a été vu plus haut qu'un même article utilisé plusieurs fois dans différents sous-ensembles d'une nomenclature peut être ainsi de niveau, 1, de niveau 2 et de niveau 4 dans la nomenclature.

De la même manière un article peut être utilisé à différents niveaux dans l'ensemble des nomenclatures de la société. Le niveau maximum qu'un article atteint dans une nomenclature active de la base de données de l'entreprise est ainsi qualifié (assez paradoxalement puisqu'il s'agit du

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

numéro de niveau le plus élevé) de « Plus Bas Niveau ». Un article utilisé au niveau 1,2,4, dans différentes nomenclatures est donc de plus bas niveau 4.
Cette notion est très importante pour le calcul des besoins et les calculs de valorisation. Le système de gestion des nomenclatures doit donc calculer automatiquement le « Plus Bas Niveau » de tous les articles.

2.1.3 Liens, articles de substitution, variantes et options

■ Degré de précision du lien de nomenclature

L'une des difficultés dans la création d'une nomenclature réside dans l'interchangeabilité de certains composants dans la nomenclature.

> **Exemple : montage électronique**
>
> L'un des composants de la carte est un circuit intégré de marque Texas, mais on peut monter à sa place un circuit Hitachi, ou encore un circuit Nec.
> Par contre dans d'autres cartes ces composants ne sont pas interchangeables pour des raisons techniques.

Deux possibilités peuvent alors être offertes :
– la nomenclature permet d'indiquer pour chaque composant un ou plusieurs articles de substitution ;
– les articles sont définis avec lots (cf. chapitre 1 « Les articles »). Le composant est alors codifié de manière identique au niveau de l'article, le code lot représentant le fabricant. Dans certaines nomenclatures, on précisera l'article sans préciser le lot (comme dans l'exemple ci-dessus) puisque les lots sont interchangeables, et dans d'autres le lien de nomenclature précisera article et lot (code article et fabricant dans l'exemple ci-dessus).

Dans tous les cas dans une optique de traçabilité, la date de début de validité du lien sera renseignée lors de la création.

■ Variantes et options, configurateur

Dans beaucoup d'industries, le même produit est décliné avec différentes versions : les **variantes.** Deux composants sont des variantes s'ils se substituent l'un à l'autre.

Enfin, certains composants sont optionnels : il s'agit alors d'**options**. L'option s'ajoute et ne se substitue pas.

Ainsi, contrairement au langage commun, dans une voiture la peinture métallisée est une variante et non une option.

Exemple

Soit un fabricant de petit électroménager. Le modèle vendu (par exemple une cafetière électrique) est vendu en deux tensions (110 et 220 volts), avec 6 types de cordons différents (en fonction des modèles de prises), et en 3 couleurs. Le nombre de variantes possibles au niveau du produit fini est alors pour ce modèle de $2 \times 6 \times 3 = 36$.

En réalité certaines variantes sont impossibles (ainsi le cordon destiné aux Etats-Unis équipe rarement un modèle 220 volts). On se rend compte que la simplification de gestion incitera le fabricant à déléguer à chaque importateur le montage des cordons spécifiques de chaque pays.

La création des nomenclatures doit permettre alors de gérer une seule nomenclature de base avec un choix de la variante lors de son utilisation. Ce choix sera présenté sous forme de menu et de listes de cases à cocher, les liens entre les composants des variantes étant précisés une fois pour toutes lors de l'élaboration de la nomenclature. On parle alors de **configurateur**.

Celui-ci comprend :

– un menu des variantes et options disponibles que l'opérateur devra sélectionner ;
– une logique d'inclusion et d'exclusion pour valider les options sélectionnées ;
– une méthode de transfert vers la création d'ordres de fabrication.

Ce configurateur est utilisé :

– lors de la création de la nomenclature ;
– lors de la prise de commande pour préciser la variante du produit ;
– lors de la création d'ordre de fabrication, éventuellement en reprenant la configuration de la commande.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le prix de la variante ainsi définie est alors calculé en fonction des composants et des règles de gestion inscrites dans le configurateur. Ce peut être simplement la somme des composants mais peut être beaucoup plus complexe, certains composants impliquant des temps d'assemblage plus importants, d'une façon non linéaire.

Exemples

– La configuration d'une moto va être précisée parmi trois tailles de moteur, cinq cadres différents, et sept packs d'accessoires. L'opérateur lors de la saisie des commandes sélectionne les options requises par le client dans les menus du configurateur.
– La menuiserie aluminium est un cas complexe de gestion des variantes et options dans lequel un configurateur sophistiqué s'impose (la longueur et la largeur de la fenêtre jouent sur la largeur du profilé, etc.).
– La construction de produits fortement personnalisés comme des voiliers obéit aux mêmes règles (Bénéteau, Jeanneau…).

Mais attention ! Un configurateur ne doit jamais dépasser les possibilités de compréhension du plus humble des collaborateurs de l'entreprise amené à l'utiliser. Sinon il sera d'abord mal utilisé puis source d'erreurs et finalement rejeté. La tentation technocratique est fréquente dans ce domaine.

■ Le choix du nombre de niveaux (fig. 2.3)

Diminuer le nombre de niveaux :
– diminue la complexité et le coût de gestion.

Augmenter le nombre de niveaux :
– permet de stocker tout assemblage intermédiaire de composants ;
– augmente la précision dans la connaissance de l'assemblage du produit.

En conséquence, le technicien s'il est peu au fait des problèmes de gestion est tenté par la multiplication des niveaux. Se souvenir à ce propos que la nomenclature ne dépend pas uniquement de l'assemblage mais du process global.

Supprimer des niveaux :
– évite de codifier des articles qui n'existent jamais physiquement de manière durable ou ne sont jamais stockables ;

– diminue fortement le nombre d'ordres de fabrication[1].

Soit l'exemple ci-après :

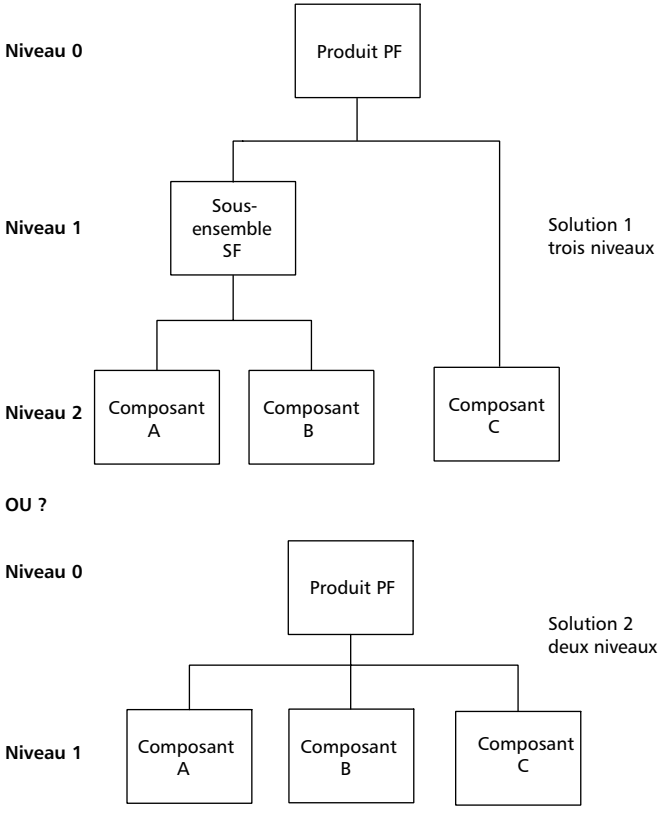


Figure 2.3 – Choix du nombre de niveaux.

1. Cf. chapitre 19 « Ordres de fabrication ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Dans cet exemple on peut imaginer :
– que A et B sont assemblés sur un poste de travail différent de celui de l'assemblage de SF et C ;
– ou que SF a un cycle de production supérieur au cycle commercial du produit PF et donc que SF doit être stocké sur prévisions de ventes ;
– que le lot de fabrication (qui correspond à une quantité « optimale ») de SF est différent de celui de PF.

Mais à l'inverse on constate souvent que A, B, C sont assemblés au même rythme, sur le même poste. SF n'a été créé que parce qu'il correspond à une entité « logique » de montage, mais sans existence physique durable.
Dans ce cas, la suppression de SF et l'adoption de la solution 2 :
– enlèvent la définition et la maintenance d'un article sur les cinq (soit 20 % de simplification) ;
– enlèvent un niveau de nomenclature (et un lien de nomenclature sur quatre soit 25 %) et font passer la fabrication de deux OF à un seul (soit 50 % de simplification).

En prenant conscience du process de fabrication, le technicien des Études qui définit la nomenclature diminue le coût de gestion et celui de stockage dans des proportions qui comme dans l'exemple ci-dessus peuvent devenir très importantes.
Une solution intermédiaire peut être l'adoption, au sein de la nomenclature, de la notion d'articles « fantômes ». Ce sont des articles définis mais non stockables, par exemple fabriqués et immédiatement incorporés dans un ensemble. Dans l'exemple ci-dessus, l'article reste codifié, la nomenclature reste à trois niveaux, mais lors de la création des OF le programme remplace le sous-ensemble SF par ses composants A et B, donc toujours dans cet exemple, le nombre d'OF à créer reste diminué de 50 %.

■ Les cas d'emploi et le remplacement ou l'évolution de composants

Le cas d'emploi sert à déterminer pour un article donné la liste des composés dans lequel il est composant. Cette fonction est nécessaire pour l'étude du remplacement d'un composant par un autre. Le remplacement peut alors s'effectuer en gardant l'ancien composant avec une date

de fin de validité correspondant à la date de remplacement. On peut ainsi retrouver facilement la nomenclature à une date donnée (meilleure traçabilité). La fonction cas d'emploi peut être utilisée mono ou multi-niveaux.

Exemple

En reprenant l'exemple de la figure 2.1 donnant la nomenclature de la face avant 824000, on indique les cas d'emploi par exemple du BBLAN.

Mono-niveau

BBLAN :

– 82000000 Face avant moulée ;
– 81300000 Cache CD ou DVD ;
– etc. pour les autres nomenclatures utilisant ce composant.

Multiniveau

BBLAN :

– 82000000 Face avant moulée ;
  – 82400000 Face avant équipée ;
– 81300000 Cache CD ou DVD ;
  – 82400000 Face avant équipée.
– etc.

Après identification des composants à remplacer, la plupart des logiciels permettent le remplacement global d'un composant par un autre (avec des modifications éventuelles de coefficient et de taux de rebut). Le programme indiquera la date de fin de validité du lien en cas de remplacement du composant par un autre article dans cette nomenclature. Dans certains cas où la précision de traçabilité requise est supérieure, on enregistrera en sus le rang (numéro de série) à partir duquel le changement de composant a été effectué.

Mais au-delà du remplacement simple d'un composant, certaines évolutions peuvent être plus complexes. Lors d'une modification globale, plusieurs composants sont remplacés en même temps et de manière liée.

Exemple

Trois composants A, B et C sont remplacés par deux articles D et E, les deux composants nouveaux remplissant les fonctions de trois précédents.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Certains logiciels incluent alors un module de gestion des modifications techniques. Un indice de modification est alors généré, avec une description des modifications effectuées et la date de début d'application. Cette fonction est utile surtout dans le cas de modifications combinées.

2.2 Les différentes nomenclatures

2.2.1 Différences de forme

■ Nomenclatures « à plat » ou « râteau »

C'est la forme adoptée dans les figures 2.1 et 2.3. Elle correspond aussi à la forme historique des organigrammes hiérarchiques ou des arbres généalogiques. Simple à comprendre, son contenu devient difficile à analyser dès que la nomenclature comprend plus de quelques dizaines de pièces. L'insertion d'un nouveau composant bouleverse toute la présentation et elle est donc beaucoup plus complexe à comprendre dans la durée.

■ Nomenclatures arborescentes indentées multi-niveaux

La nomenclature arborescente indentée (fig. 2.4) organise les niveaux dans le sens habituel de la lecture c'est-à-dire de la gauche vers la droite. Cette forme est devenue très populaire avec l'apparition de la notion d'explorateur dans les dossiers et fichiers des ordinateurs. Elle a l'avantage d'être beaucoup plus souple que la précédente.

2.2.2 Différences selon la fonction de l'utilisateur

Jusqu'aux années quatre-vingt-dix, et pour des raisons essentiellement liées au manque de souplesse des tris et sélections sur les bases de données, les différents services de l'entreprise, ayant des besoins différents, utilisaient des nomenclatures différentes.

Si la présentation de ces nomenclatures peut être différente en fonction de l'utilisateur, la source doit être identique et l'unicité de la nomenclature doit devenir un postulat de base.

Nomenclature arborescente restreinte au premier niveau

00		82400000	Face avant équipée	
	+ 01	81800000	Face avant moulée	1.000
	+ 01	82000000	Liseré bleu	1.000
	+ 01	81300000	Cache CD ou DVD	1.000
	01	100000	Logo autocollant	1.000
	01	200000	Inserts de fixation	5.000
	01	300000	Carton d'emballage	0.050

Nomenclature arborescente avec affichage multi-niveaux

00		82400000	Face avant équipée	
	01	81800000	Face avant moulée	1.000 PCE
	02	BBLAN	Bayblend blanc glacier	1.000 KG
	01	82000000	Liseré bleu	1.000 PCE
	02	BBLEU	Bayblend bleu	0.013 KG
	01	81300000	Cache CD ou DVD	1.000 PCE
	02	BBLAN	Bayblend blanc glacier	1.000 KG
	01	100000	Logo autocollant	1.000 PCE
	01	200000	Inserts de fixation	5.000 PCE
	01	300000	Carton d'emballage	0.050 PCE

Figure 2.4 – Nomenclature arborescente indentée.

■ Nomenclatures d'études

Elles sont destinées à indiquer les liens d'assemblage, c'est-à-dire à faciliter la compréhension d'un plan (éclaté…), sans tenir compte forcément des contraintes de fabrication. Elles prennent en compte tous les codes articles liés au produit composé, donc en particulier d'éventuels articles fantômes[1].

1. Cf. section 1.2.3.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Elles sont établies, pour un indice article ou une date donnée, et pour une variante donnée, l'ensemble des composants des différentes versions étant stocké dans la même nomenclature et seuls les composants répondant à la sélection étant visualisés.

■ Nomenclatures de fabrication

Plus complètes que les précédentes, elles intègrent les contraintes liées à la chronologie de fabrication et indiquent à quel stade de cette fabrication chaque composant est utilisé.

> **Exemple**
>
> Une matière première est utilisée souvent dès la première opération, une étiquette ou un carton d'emballage à la fin de la fabrication. La date désirée de disponibilité du composant pour la fabrication sera très différente.

Les articles fantômes sont à l'inverse ignorés, seuls les composants physiques sont indiqués.

■ Nomenclatures de coûts ou de chiffrage

Dans la plupart des progiciels on peut définir au sein de la nomenclature des lignes pour la valorisation différentes de celles utilisées pour la fabrication.

■ Nomenclatures d'approvisionnement

Ce sont les plus simples. Les sous-ensembles sont ignorés et seuls les produits achetés sont indiqués. Ils peuvent de plus être regroupés. Ainsi si un composant est présent plusieurs fois dans la nomenclature, il n'apparaît qu'une fois dans l'état, avec un coefficient égal au total des coefficients de chacune des lignes de nomenclatures.

2.2.3 Cas particuliers

■ Nomenclatures du Plan industriel et commercial

Elles concernent des articles particuliers, qui ne sont pas vendus directement le plus souvent, mais sont l'objet des prévisions de vente.

Exemple

Un fabricant de chaussures connaît par ses statistiques de vente la répartition des pointures par modèle et par pays. Et même si cette répartition peut évoluer sur une génération (il semble que les pieds grandissent ! ! !), l'évolution d'une saison à l'autre est insignifiante. Cette répartition suit une loi normale[1].

Pour établir les prévisions de vente, il est suffisant d'établir la prévision modèle par modèle, l'éclatement par pointure se faisant via une nomenclature, le total des coefficients sur les lignes de nomenclature étant égal à 100 %.

■ Nomenclature de démontage ou divergente

Une nomenclature de démontage prévoit l'obtention de produits finis composants à partir du composé. La nomenclature de démontage est également appelée parfois « nomenclature du cochon » (on obtient les produits jambon, boudin, échine, pied de porc, etc. à partir du composé cochon).

L'utilisation des nomenclatures de démontage n'est pas toujours très simple à intégrer dans l'organisation de la gestion de production, en particulier elle risque de faire « boucler » les algorithmes de calcul des besoins (MRP) puisque tantôt on obtient A à partir de B (montage) et tantôt B à partir de A (démontage). Une grande attention doit être portée sur ce point dans les industries qui utilisent ce type de nomenclatures. Toutefois, dans la plupart des cas, le problème se simplifie dès que l'on étudie les articles constituants.

Exemple : entreprise de reconditionnement de moteurs (échange standard)

Le moteur en panne est démonté, les composants en bon état récupérés et le moteur reconstruit à partir de pièces bonnes. Le problème de gestion est insoluble tant que l'on ne prend pas conscience que la pièce composant du moteur retourné en panne avant démontage n'est pas la même (donc n'a pas le même code article) que la pièce à monter dans le moteur reconditionné. La première doit être démontée, contrôlée, lavée pour devenir la deuxième.

1. Ou loi de « Gauss ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Même s'il s'agit à l'origine de pièces identiques, elles sont différentes puisqu'un travail donc une valeur doit être ajouté à la première pour la transformer en la deuxième.

■ Formules (chimie, pharmacie, cosmétiques)

Dans certaines industries, les nomenclatures sont appelées formules. Dans ce cas, les coefficients sont plus souvent exprimés en pourcentage ou ppm (parties pour mille). Le taux de rebut s'appelle alors facteur de perte. Les configurateurs (cf. infra) existent aussi dans l'élaboration des formules. En effet, il est fréquent que deux ou plusieurs ingrédients dépendent l'un de l'autre dans l'élaboration de la formule. La « mise à l'échelle » effectue des calculs non en fonction de la quantité à fabriquer (cas normal) mais en fonction de la quantité d'un ingrédient particulier (par exemple dans le cas où cet ingrédient ne disposerait pas de la quantité nécessaire suffisant dans la qualité, ou le lot demandé).

■ Article à la commande : kit et assortiment

Le « **kit** » est un produit défini par une nomenclature, l'assemblage étant réduit au minimum voire inexistant.

Exemple

Les fabricants de tarauds vendent les tarauds à l'unité, par boîte de *x* unités ou par jeu, le jeu comprenant trois codes articles différents – le taraud d'ébauche, moyen et finisseur. Le jeu de tarauds est assemblé au moment de la livraison à la fois pour éviter de stocker des jeux en sus de tarauds, et éventuellement pour personnaliser la livraison (type de conditionnement, marquage, etc.).

Le jeu est défini en tant que kit, et les mouvements de sortie de stock des trois tarauds sont alors effectués automatiquement par la livraison du jeu.

Cet exemple issu de l'outillage peut très facilement être étendu à d'autres métiers (arts de la table, fleurs artificielles, négoce de matériaux, « ancillaires » dans la fabrication de prothèses, etc.).

Seul le libellé du kit figure sur les documents commerciaux, la composition du kit figure sur les documents internes et permet de préparer l'expédition.

L'assortiment est un cas un peu différent. Les composants de la nomenclature remplacent le composé lors de la prise de commande et ce sont les composants qui sont livrés au client.

Exemple

Le matériel de PLV[1] livré par un fabricant à ses distributeurs est le plus souvent un assortiment.

Dans les deux cas en terme de stockage en général seuls les composants sont inventoriés.

Au niveau des statistiques de vente, certaines sociétés préféreront garder la trace des ventes de kits ou d'assortiments, d'autres préféreront ajouter les ventes à celles des composants. Il est raisonnable toutefois de préciser que les statistiques ne devront rentrer que dans une seule des deux catégories pour permettre les rapprochements des totalisations.

L'utilisation des kits et des assortiments permet de réduire le nombre de transactions, donc d'économiser temps et efforts, et de réduire les erreurs de saisie.

Les nomenclatures de manière plus générale peuvent être utilisées pour simplifier la gestion administrative à la fois en prise de commande (diminution du nombre de lignes de commande) et en fabrication (diminution du nombre d'ordres de fabrication).

2.2.4 Typologie selon les secteurs d'activité

On rapprochera la structure des nomenclatures de celle des types de production[2].

■ Nomenclature convergente (fig. 2.5)

Le produit fini est assemblé à partir de nombreux composants différents. On trouve relativement peu de sous-ensembles communs à plusieurs

1. PLV : Publicité sur le lieu de vente – ensemble des matériels de démonstration, présentoir, etc.
2. Cf. chapitre 6.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

nomenclatures. Ceci correspond souvent à une fabrication pour stock avec un atelier d'assemblage. Le document de fabrication le plus courant est la « liste à servir ».

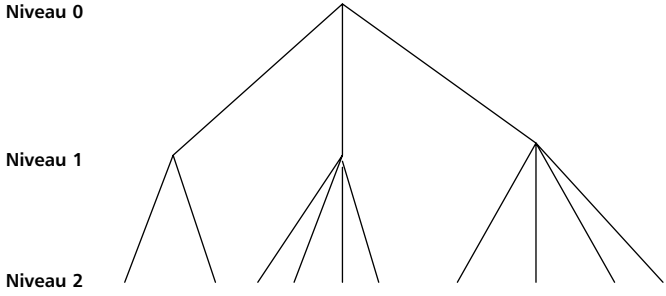


Figure 2.5 – Nomenclature convergente.

■ Nomenclatures simples (fig. 2.6)

Le produit fini est élaboré avec peu de composants (fabrication de pièces simples en particulier) souvent une seule matière première et une à quelques fournitures (emballage…).

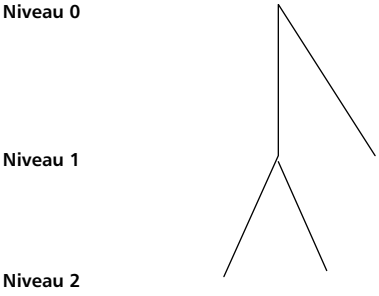


Figure 2.6 – Nomenclature simple.

C'est un cas particulier de nomenclature convergente. L'emploi des documents de fabrication est alors différent. La nomenclature est souvent reprise sur la fiche suiveuse ou le bon de travail. La liste à servir n'est pas utilisée.
Il peut s'agir alors de fabrication pour stock ou de fabrication à la commande.

■ Nomenclatures divergentes (fig. 2.7)

Chaque matière première est utilisée dans de nombreux sous-ensembles et ou produits finis.

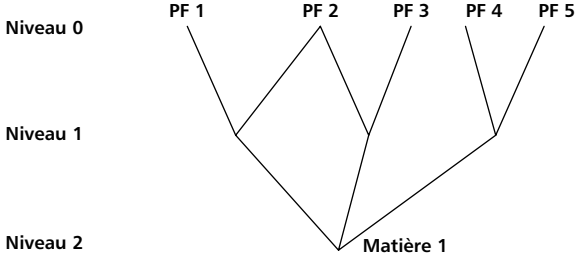


Figure 2.7 – Nomenclature divergente.

On trouve ce cas dans beaucoup d'industries de process (embouteillage, industrie pétrolière, extrusion, cosmétiques…).

■ Nomenclatures à point de regroupement ou d'éclatement (fig. 2.8)

Les composants de plus bas niveau sont assemblés dans des sous-ensembles en nombre plus faible. Ceux-ci sont alors assemblés dans de nombreux produits finis différents[1] (variantes…).

1. Cf. section 6.1.1 « Assemblage à la commande ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

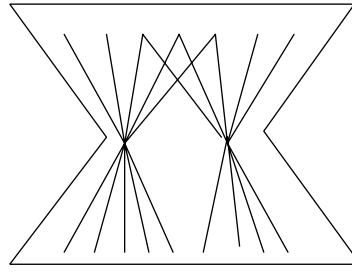


Figure 2.8 – Nomenclature à point de regroupement/éclatement.

2.3 Une méthode de gestion : la « différentiation retardée »

Les techniciens et les gestionnaires ont pris alors conscience que le coût de gestion des articles diminuerait si :
– le nombre de pièces différentes était plus faible ;
– le nombre de nomenclatures différentes était plus faible.

Pour cela, ils ont mis en œuvre deux techniques simultanément.
– Le nombre de pièces a été réduit en utilisant dans des produits différents des pièces communes (« technologie de groupe » – cf. 1.3 – largement utilisée, par exemple, dans l'automobile).
– Le nombre de nomenclatures a lui été réduit en concevant des nomenclatures dans lesquelles les différences étaient reportées le plus près possible de la fin de l'assemblage du produit (ce qui vise à « retarder » les différences entre les différentes variantes).

On a l'habitude d'imager cette technique par le schéma de la figure 2.9.
Ainsi, la société Benetton effectue la teinture des pull-overs après le tricotage, alors que les usages dans ce métier consistaient à la teinture de la laine avant tricotage.
Le stockage des semi-finis en est grandement simplifié, le cycle de production effectif est plus court.

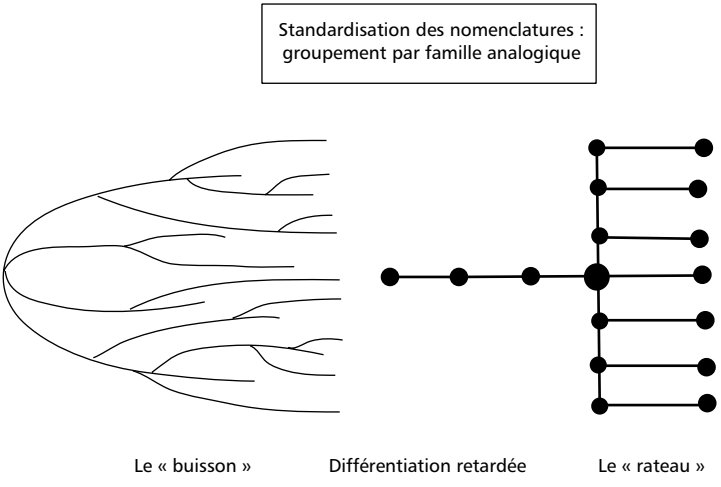


Figure 2.9 – Nomenclatures à « différentiation retardée ».

3 • PROCESSUS LES RESSOURCES DE PRODUCTION

3.1 Principes de définition du poste de travail, du poste de charge, du centre de coûts

3.1.1 Poste de travail

Une tâche s'effectue sur un poste de travail. Comment définir le poste de travail ? C'est d'abord un endroit donné où se trouvent une machine et/ou une personne. A cet endroit le processus de fabrication exécute une opération et augmente en conséquence la valeur ajoutée de l'article en-cours d'élaboration.

La définition du poste de travail dépend d'abord de l'organisation de l'atelier. Dans un atelier de transformation par lots, dit « job shop », on parlera de poste, de groupe autonome, de section et dans un atelier de transformation en flux, on définira des cellules (flexibles ou non) des lignes de production, des lignes d'assemblage, de chaîne.

3.1.2 Poste de charge

Un poste de charge est une unité de capacité (ressource) et de charge (besoin) gérée dans l'atelier. Il est caractérisé par :

– une durée de travail quotidienne et un calendrier de production ;

– un nombre de postes de travail utilisables ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– des indicateurs de performance tels que le coefficient d'efficacité entre temps d'ouverture et temps de production, ou le taux de rendement synthétique (ou TRS[1]).

Un poste de charge peut donc regrouper éventuellement plusieurs postes de travail identiques mais aussi plusieurs postes de travail différents.

3.1.3 Centre de coût ou section de coût

Toute opération effectuée sur un article correspond en comptabilité analytique à un coût et ce quelle que soit la méthode de contrôle de gestion utilisée. Les coûts comparables sont regroupés dans des centres de coûts. Il convient de définir alors les générateurs de coût. S'agira-t-il par exemple de la machine, de la main-d'œuvre associée, de l'addition d'un certain type de machine et de main-d'œuvre ?

La notion de section a d'abord été introduite en comptabilité analytique, avant d'intervenir en gestion de la production. La définition en a été élaborée dans les années trente lors de l'élaboration de la méthode des sections homogènes, qui les décrivait ainsi (définition de Rimailho) ;

« Les sections sont les groupements entre lesquels est partagé tout le personnel d'exécution de l'usine, qu'il exécute du travail direct de fabrication ou du travail de dépenses complémentaires ou d'établissement…

Les sections peuvent être techniques ou administratives. Si elles sont techniques, elles sont composées de telle manière que les différentes spécialités professionnelles qui composent la section, soient, en principe, employées dans la même proportion sur tous les travaux exécutés par la section et que les éléments de valeur différente qui la composent dans chaque spécialité soient employés eux-mêmes dans la même proportion sur les travaux. »[2]

3.1.4 Liens poste de travail, poste de charge, centre de coût

La définition dans l'entreprise des ressources de production consiste à gérer les réunions et intersections des trois types de caractéristiques

1. Cf. chapitre 21 « Suivi de production ».
2. Définition citée par Pierre Lauzel in *Comptabilité analytique et contrôle de Gestion.*

précédentes. En effet, et sans être exhaustif, un poste de charge peut réunir plusieurs postes de travail, des postes de charge différents peuvent présenter des caractéristiques de coûts équivalentes, des postes de travail identiques peuvent se retrouver dans des postes de charge différents, etc.

Exemple

Soient trois machines identiques. L'une est utilisée dans une ligne de production particulière de l'atelier avec seulement quatre types de réglages (pour quatre familles de produit). Les deux autres sont utilisées dans une implantation par îlots « job shop ».

Sur ces types de machines, le réglage est effectué par un OHQ (ouvrier hautement qualifié) ou technicien d'atelier, assisté de deux opérateurs pour le positionnement des pièces, celles-ci étant volumineuses. En cours de production, ces machines sont surveillées par un opérateur de faible qualification, qui peut conduire jusqu'à cinq machines en même temps. Le coût horaire pendant le réglage et la production proprement dite est donc très différent.

De plus le poste de travail utilisé dans la ligne n'est pas interchangeable avec les deux autres. S'il est en panne, toute la ligne s'arrête et les deux autres postes ne peuvent constituer des postes de remplacement (pour des raisons de manutention, ou autres). Dans ce cas on aura :

– trois postes de travail (machine 1, machine 2, machine 3) ;

– les postes de charge machine 1, machine 2 + machine 3, régleur, aide-régleur, conducteur ;

– les centres de coûts A = machine 1, B = machine (2 ou 3) + régleur + aide-régleur, C = machine (2 ou 3) + conducteur.

La définition des liens entre postes de travail, postes de charge et centres de coût est aussi importante pour l'efficacité de la gestion de l'entreprise que la définition des articles. Elle conditionne directement la précision de l'information que l'on peut obtenir et le coût d'obtention de cette information.

Selon le progiciel de gestion utilisé, la notion de section de coût et de poste de charge sera ou non confondue. L'important est alors de définir au préalable ces notions au sein de l'entreprise.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

3.2 Les personnels de production

D'un point de vue de gestion et même si cela peut gêner d'un point de vue humain, les personnels de production seront pour la gestion de la capacité considérés sous l'angle de la « ressource » de production, donc de celui du poste de charge.

On classera donc les personnels en fonction :

– de leur définition comme poste de travail, donc selon leurs capacités à effectuer telle ou telle opération de production ;
– de leur définition comme poste de charge, donc en fonction de leurs horaires de présence ;
– de leur définition comme centre de coût, donc en fonction de leur coût de revient par unité d'œuvre produite.

En général la classification comme poste de travail et centre de coût est identique et recoupe la qualification professionnelle des personnes (et en tout cas c'est souhaitable).

3.3 Outillages

C'est un dispositif qui se monte sur le poste de travail pendant la fabrication du produit.

Exemples

Dans la mécanique : un diviseur sur une fraiseuse.
Dans l'injection plastique : un moule ou un maître moule et une empreinte.
Dans l'industrie textile : une forme de découpe.

Dans le premier cas, l'outillage est typique du process et non lié au code article : on parle d'outillage **« générique »**.

Dans les deux cas suivants, l'outillage est lié à l'article : il s'agit d'un outillage **« spécifique »**.

L'outillage a une nature particulière dans l'élaboration du produit. Il est utilisé pendant toute la fabrication, ce qui le rend indisponible pour toute autre fabrication. Il a donc une capacité et une charge comme un

autre poste de charge. Mais cette charge est en fait dépendante de celle du poste de charge principal et en fait une charge « secondaire ». De plus l'outillage en particulier lorsqu'il est « spécifique » est souvent lui-même un article fabriqué, retouché, maintenu. Donc soumis dans ce cas à des besoins (lorsqu'il est utilisé pour l'article produit) et à des ressources (lorsqu'il est fabriqué ou ré-usiné). Une bonne solution est alors de l'introduire dans la nomenclature et de le traiter comme un article à coefficient fixe (le nombre utilisé ne dépend pas de la quantité de produits à fabriquer) et à besoin limité dans le temps.

3.4 Calendriers

Depuis le début des années quatre-vingt-dix, les progrès de l'informatique et les besoins de plus en plus affinés en gestion amènent :

– à proposer de définir l'activité de l'entreprise à l'aide de plusieurs calendriers ;
– à distinguer le contenu d'un calendrier (souvent en jours ouvrés) de son interface utilisateur (toujours identique à l'interface calendaire du calendrier grégorien) ;
– à définir ainsi les calendriers nécessaires dans l'entreprise.

Dans un calendrier, l'unité de temps sera cohérente avec la précision possible (et l'incertitude résultante). L'utilisation d'un calendrier suppose ainsi le respect des engagements pris à l'aide de ce calendrier.

Les calendriers nécessaires sont alors les suivants par ordre de précision croissante.

3.4.1 Calendriers annuels

Utilisé par exemple pour les prévisions de vente ou le plan directeur, son unité est le mois. Il peut être selon les usages lié à l'année civile ou à l'année comptable (exercice du 01-03 au 28-02 par exemple). Pour les postes de charges, la capacité (en unités d'œuvre) correspond à des jours ouvrés. Défini au niveau de l'entreprise, il est le plus souvent unique (pour une année donnée).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Chacun des calendriers suivants est défini pour un poste de charge ou un ensemble de postes de l'atelier. On pourra avoir à faire cohabiter l'ensemble de ces calendriers dans la planification de la production.

3.4.2 Calendrier mensuel

Utilisé par exemple en planification, ou pour les tableaux de bord, il redéfinit la notion de mois.

Celui-ci peut être :

– calendaire (du premier au dernier jour du mois) ;
– de production, c'est-à-dire en général en nombre de semaines entières (avec des mois de 4 ou de 5 semaines) ;
– comptable : en général identique soit au calendrier calendaire soit au calendrier de production (souvent le cas dans les industries anglo-saxonnes) – il peut aussi être défini de façon autre pour des raisons de consolidation de comptes interateliers.

Les remplissages des calendriers mensuels sont en jours ouvrés ou en jours calendaires selon les fonctions demandées.

3.4.3 Calendrier hebdomadaire

Il cumule les jours ouvrés d'une semaine du lundi au dimanche (ou du dimanche au samedi dans les pays anglo-saxons).

3.4.4 Calendrier quotidien de planification

Il est en jours ouvrés. Il est identique au calendrier grégorien si l'atelier travaille tous les jours, 24 heures sur 24. Si ce n'est pas le cas, le plus simple est de gérer un calendrier de production en fractions du calendrier maximal (qui correspond au calendrier grégorien). Les jours sont tenus avec des fractions (en centièmes) selon l'horaire de travail.

Pour la gestion du calendrier, on utilisera habituellement les horaires de travail hebdomadaires et les jours fériés. La synthèse des deux permet d'établir un calendrier de travail en jours ouvrés.

Selon le poste de charge, on utilisera alors différents calendriers de production.

Une difficulté apparaît avec la gestion simultanée de deux postes de charge pour la même opération de production.

Exemple

Machine en 3 × 8, et personnel en équipe de 1 × 8.

Le progiciel utilisé devra prendre en compte ce cas dans les calculs de planning.

3.5 Poste de charge et capacité

3.5.1 Capacité

La capacité est le produit d'un nombre d'heures d'ouverture (matérialisées par un calendrier) d'un nombre de postes de travail et d'un **coefficient d'emploi**.

Si l'un des termes est nul, la capacité sera nulle. Ceci sera le cas pendant les périodes de fermeture (heures = 0), ou si le coefficient est nul (période de maintenance du poste de travail par exemple).

Coefficient d'emploi : à 100 % si toutes les heures disponibles sont utilisées à produire. Ce coefficient permet de distinguer la capacité théorique (à 100 %) de la capacité pratique tenant compte des indisponibilités statistiques (pannes, entretien…) non planifiables.

Exemple

Pour une semaine : 39 heures ouvrées, 2 postes coefficient = 80 %.
Capacité pratique utilisable = 39 × 2 × 0,8 = 62 heures et 24 minutes.

La capacité ainsi obtenue est une capacité brute. Affectée d'un **coefficient d'efficacité**, elle devient une capacité nette.

3.5.2 Capacité finie et infinie – lissage[1]

Si la capacité de la section est non modifiable le poste de charge sera à capacité finie, et sera dit « critique ». Il sera défini éventuellement un poste de remplacement. Dans le cas contraire, le poste est « non critique ».

1. Cf. pour plus de détails le chapitre 20 « Charge et planning ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Un poste « critique » est aussi appelé un « goulot d'étranglement » (ou goulet d'étranglement). Lorsqu'il est chargé à 100 %, sa capacité limite la capacité de l'ensemble du processus.
À aucun moment un poste de charge ne doit devenir un goulet structurel[1]. Ce cas impose alors l'augmentation permanente de la capacité par un changement des calendriers ou l'augmentation du nombre de postes. Mais le poste de charge peut être à certaines périodes un goulet conjoncturel.
Sur une ligne de production, la définition du poste de charge suppose l'équilibrage théorique préalable des postes de travail à l'intérieur de la ligne[2].

3.5.3 Charge et capacité

La charge correspond à la quantité de travail à effectuer sur le poste de charge, exprimée comme la capacité en unités d'œuvre (cf. infra 3.5.2). La charge est obtenue par somme des charges élémentaires des fabrications devant être effectuées sur le poste dans la période considérée.
Plusieurs charges seront comparées à la capacité. La charge prévisionnelle est calculée pendant le planning. La charge allouée réalisée, comparée à la charge prévisionnelle permet de juger de l'efficacité de l'ordonnancement réalisé.
La somme des temps passés dans la même période, comparée à la charge allouée réalisée indique le rendement du poste de charge.

3.5.4 Capacité disponible

C'est la différence capacité nominale – charge déjà planifiée sur la période. Elle permet de planifier la charge nouvelle en tenant compte de la charge déjà engrangée c'est-à-dire occupant une partie de cette capacité.

3.5.5 Autres éléments constitutifs d'un poste de charge

Les données nécessaires à la gestion des postes de charge comprennent au moins :
– un **code** (identifiant) ;

1. Cf. 9.6.1 « Méthode OPT ».
2. Cf. 6.2.3.

– une **famille** (pour des sous-totaux de regroupement) ;
– une **désignation** ;
– le **calendrier** utilisé et éventuellement un calendrier de remplacement ;
– des caractéristiques de **capacité** et les indications nécessaires au planning (cf. ci-dessus).

3.5.6 Conclusions

On a vu plus haut qu'un poste de charge peut regrouper éventuellement plusieurs postes de travail identiques mais aussi plusieurs postes de travail différents.
La définition des postes de charge se fera en gardant à l'esprit que :
– le chargement du planning s'effectue par poste de charge et non par poste de travail ;
– un nombre important de postes de charge nuit à la polyvalence des postes de travail et donc à la qualité de l'ordonnancement.

Le rôle de la maîtrise est donc de gérer un ensemble le plus homogène possible de ressources (machines et main-d'œuvre), en augmentant sa polyvalence (par la formation pour la main-d'œuvre), et ainsi de tendre vers un nombre minimum de postes de charge, qui simplifie la gestion et augmente la fiabilité de la planification.

3.6 Section de coût

3.6.1 Définition

Pour pouvoir être manipulée comme une entité dans la gestion de l'entreprise, la section sera homogène pour ce qui est des caractéristiques de coût[1] (et de préférence la décomposition sera la même pour les caractéristiques de capacité de charge et de travail).
Dans un atelier organisé par moyens de production (cf. 6.1.2 et 6.1.3) la section est un regroupement de postes de travail techniquement comparables.

1. Cf. chapitre 23 « Coûts des fabrications ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Dans un atelier organisé en lignes de production, une section peut être constituée par la ligne elle-même, par une cellule de la ligne, etc.
L'important est de pouvoir identifier d'abord, traiter ensuite, dans toute la suite des opérations la section comme une entité de production et de gestion.

3.6.2 Unité d'œuvre

En tant que centre de coût la section dispose d'une unité de mesure de son activité : l'unité d'œuvre. L'unité d'œuvre de la section peut être très diverse selon les activités et doit donc exprimer le mieux possible l'activité de la section pour laquelle elle a été définie.
On utilise couramment un grand nombre de types d'unités d'œuvre.

Exemples

– L'heure.
– Le poids de matière première mise en œuvre (en fonderie le kilogramme moulé).
– Le poids, la surface ou le volume de produit fini (le mètre linéaire ou le mètre carré en imprimerie ou la duite en usage dans la soierie, le litre en distribution de carburant).

Remarquer que souvent une autre unité que l'heure correspond à un temps de fabrication modifié par un coefficient fonction du poste de travail et de l'article en-cours de fabrication.
Ainsi le nombre de mètres linéaires en imprimerie peut être facilement retrouvé à partir des heures et des articles fabriqués.

3.6.3 Coût de l'unité d'œuvre

On peut définir un taux de section, c'est-à-dire le coût d'une unité d'œuvre produite selon différentes méthodes. Il est souvent souhaitable de disposer pour chaque section de plusieurs taux, par exemple :
– le coût de revient de production : celui-ci, selon les choix de management, sera un coût direct ou un coût complet, calculé selon les méthodes de sections homogènes ou l'analyse par les activités (« Activity Based Costing ») ;
– le prix de vente (en particulier en sous-traitance).

Une gestion informatisée permet alors de définir lors des budgets des taux futurs puis des dates de mise en application du taux futur.
L'important n'est pas tant le choix de la méthode utilisée[1] que la cohérence entre le choix de cette méthode et d'une part la mesure des unités d'œuvre produites (suivi de production), et d'autre part la vérification que l'ensemble des coûts sélectionnés se retrouve une mais une seule fois dans la valorisation d'un article fabriqué.

Exemple

Le taux machine inclut-il le taux main-d'œuvre, ou valorise-t-on une opération de production en ajoutant le temps machine valorisé au taux machine et le temps main-d'œuvre valorisé au taux main-d'œuvre. Pour répondre on doit savoir si les opérateurs sont à 100 % sur un poste de travail ou au contraire travaillent en simultané sur plusieurs postes, si les opérateurs d'un poste de travail correspondent toujours ou non à la même catégorie de personnels, etc.
De même, la valorisation des temps de production doit ou ne doit pas inclure les temps de réglage du poste selon la méthodologie adoptée dans l'entreprise pour la mesure des temps, la notion d'unité d'œuvre produite, et les coûts inclus dans le taux de l'unité d'œuvre.

Il est toujours préférable, parce que plus souple, et parce qu'il est plus facile de refaire manuellement les calculs, surtout dans le cas d'un bouclage souhaitable avec la comptabilité analytique, de définir une structure avec séparation des taux machine et main-d'œuvre plutôt que de définir des taux de section différents pour le réglage et la fabrication.

3.6.4 Autres éléments constitutifs d'une section de coût

Les données nécessaires à la gestion des sections comprennent au moins :
– un **code** (identifiant) ;
– une **famille** (pour des sous-totaux de regroupement) ;
– une **désignation** ;

1. Cf. chapitre 23 « Coûts des fabrications ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– une notion de **chapitre de coût** pour les différents types de temps comptabilisé dans cette section (temps de production, temps de panne, temps d'attente, etc.);
– la **section analytique** utilisée (pour le reversement des coûts de revient en comptabilité de gestion);
– les **temps de transit** (cf. chapitre 4) liés à la section.

4 • PROCESSUS ET OPÉRATIONS

4.1 L'opération de production

4.1.1 Définition – opérations, phases et tâches

La fabrication d'un produit dans un environnement industriel consiste après le choix des composants à définir la suite des opérations de transformation de ces composants en vue d'aboutir au produit. Cette suite d'opérations donnera lieu[1] à la gamme de fabrication. Mais avant de définir l'enchaînement de ces opérations, il est nécessaire de définir les opérations elles-mêmes.

L'opération est une « action destinée à modifier les caractéristiques d'un article ou d'un en-cours pour aboutir à un nouvel article ou à un nouvel en-cours »[2].

Les opérations sont composées de **tâches** ou **phases**, processus le plus élémentaire correspondant à une action physique (déplacer une pièce, saisir un objet, s'asseoir…). Une tâche correspond à l'emploi d'une ou plusieurs ressources identifiées. Une opération regroupe des tâches consécutives sur un poste de charge et modifie donc les caractéristiques et l'état des composants en-cours de transformation. Elle dure un certain temps.

1. Cf. chapitre 5.
2. Norme NF X50-310.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemples

Usinage, fraisage, montage, moulage, impression, marquage, perçage, soudure, assemblage, insertion CI, trempe, revenu, etc.

Les opérations sont toujours qualifiées et le plus souvent quantifiées, en termes de délais et de coûts.

Entre les opérations très génériques citées dans les exemples ci-dessus, et la description détaillée de chacune des opérations d'un article déterminé, il peut être intéressant de définir un degré intermédiaire correspondant à des « opérations types ».

4.1.2 Opérations types

Cette réflexion sur la nature des opérations effectuées n'est pas toujours réalisée mais elle le devrait. En effet, l'existence d'une typologie des opérations de production correspond à une réponse, à un besoin. L'élaboration des gammes de fabrication, puis la gestion de ces gammes sont des processus longs, lourds et coûteux. On peut alléger ce processus en préparant les gammes via l'élaboration d'un dictionnaire des opérations effectuées de l'entreprise. Comme dans tout processus de typologie segmentation, on effectuera cette démarche en trois étapes :

– une liste non hiérarchisée, non classée de toutes les opérations effectuées dans l'entreprise. À ce stade un bon moyen consiste à relever systématiquement tous les documents des fabrications en-cours ;
– un classement, sans hiérarchisation d'opérations importantes ou non, des opérations effectuées par sous-ensembles[1]. Cette phase, très importante suppose une bonne connaissance de l'atelier et ne doit en aucun cas être confiée à un stagiaire par exemple ;
– enfin une hiérarchisation des opérations (principales et secondaires par exemple). Cette phase peut être l'occasion de réfléchir sur les processus de l'entreprise et de redéfinir certaines opérations.

Une opération est décrite par :

– des données qualitatives ;

1. Cf. annexes mathématiques.

– un code désignant cette opération de façon unique ;
– une famille d'appartenance pour l'exploitation des statistiques ;
– une désignation (de préférence une désignation type) et des commentaires ;
– le recours à des ressources de production :
  – poste de travail,
  – personnels,
  – outillages ;
– des données quantitatives ;
– éventuellement des temps de production s'ils sont typiques du process et non de l'article.

Exemples

Le traitement de surface peut être exprimé selon l'épaisseur de revêtement et la capacité du bac mais ne dépend pas directement de l'article.

Le lavage, le séchage, la peinture sont des processus dont le temps est proportionnel à une unité d'œuvre constante (le poids, la surface par exemple) et non relatifs à chaque article.

4.2 Les temps d'une opération

4.2.1 Format de temps

Le choix du format de temps d'une opération n'est pas complètement anodin. Il conditionne en effet tous les calculs qui sont faits ensuite.

Les formats de temps usuels sont les suivants :
– heures et sous-multiples ;
– secondes ;
– minutes et fractions ;
– heures, minutes, secondes ;
– 1/100 de seconde ;
– dmh ou dix millièmes d'heure.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

4.2.2 Cadences et temps de cycle

Une autre manière d'exprimer les temps consiste en l'utilisation de cadences. Elles correspondent au nombre de cycles effectué dans une période donnée. Le temps nécessaire pour un cycle est le **temps de cycle**.
Selon le rythme des machines dans le secteur d'activité de l'entreprise, celles-ci peuvent être établies en :
– nombre d'unités par seconde ;
– nombre d'unités par minute ;
– nombre d'unités par heure.

Un soin particulier est alors apporté à la définition de l'unité. S'agit-il :
– de l'unité de stockage du produit ?
– de la pièce unitaire ?
– du nombre de cycles effectués par la machine ?

Une réponse peut être apportée par l'utilisation de lots.

4.2.3 Lot et temps unitaire

Le lot de l'opération (à ne pas confondre avec le lot de fabrication) est le nombre d'unités produites lors de chaque cycle du poste de travail

Exemples

Sur une presse à injecter si le moule a 24 empreintes, le lot est de 24 unités. Dans un four (avant trempe) le lot peut être constitué par un volume maxi, ou un poids.

Cette notion est très fréquente et est liée à certains postes de travail. Dans ce cas le lot est typique de l'opération lorsque le temps de cycle est lié à une caractéristique physique du produit (par exemple le poids ou le volume), il est lié à la gamme de l'article lorsque le nombre d'unités par lot dépend de l'article à fabriquer (par exemple dans le cas d'un moule de presse à injecter).

Exemple

Ainsi si le lot est de 50 pièces et la quantité est de 62, le temps unitaire de fabrication est égal à 2 unités.

4.2.4 Temps unitaire et temps de fabrication

Temps d'une opération exécutée pour un lot (cf. 4.2.3), par cycle de travail.

Le temps unitaire multiplié par le nombre de lots constitue le temps de fabrication.

4.2.5 Temps de préparation ou de réglage

Temps nécessaire à la préparation d'un poste de travail en vue de la production d'une série d'articles différents de ceux produits sur ce même poste.

La préparation recouvre :

– la transformation éventuelle du poste de travail pour l'adapter à la nouvelle fabrication (démontage des outillages liés à la série précédente, nettoyage du poste, montage de nouveaux outillages) ;
– le temps éventuel de positionnement de la matière ou du brut sur le poste (cas de la tôlerie par exemple) ;
– le temps de réglage, c'est-à-dire la déclaration des paramètres techniques adaptés à la nouvelle fabrication (vitesse d'avance et de coupe en mécanique, cadence, etc.) ;
– le réglage fin correspondant à la fabrication de pièces qui seront rebutées à cause du process lui-même (par exemple changement de couleur en injection, extrusion, imprimerie).

Pendant les phases 1 à 3 le poste de travail ne fabrique rien, pendant la phase 4 il produit des articles qui seront rebutés. La diminution de ce temps de préparation est un des plus sûrs moyens d'amélioration de la gestion de la production[1]. La prise en compte de ces temps de préparation ou non dans la mesure de la production est un point important des méthodes de mesure de la production[2]. On prend en compte dans certains cas le temps de fabrication (donc sans la préparation) et dans d'autres le temps opératoire (préparation + fabrication).

1. Cf. méthode SMED (Single Minute Exchange Digit) au chapitre 9.
2. Cf. chapitre 21.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La préparation est effectuée une seule fois par lancement. Le coût qui en résulte est comparé aux coûts de stockage pour les optimisations des tailles de série[1].

Le temps unitaire et le temps de préparation constituent des temps « **technologiques** » (temps qui utilisent un poste de travail et contribuent à la valeur ajoutée du produit).

4.2.6 Temps de transit

C'est le temps qui s'écoule entre la fin de la fabrication sur un poste de travail n et le début de la fabrication sur un poste de travail $n + 1$.

Ce temps de transit se décompose en :

– un temps d'attente devant le poste de travail, entre le moment d'arrivée au poste et le moment de début réel de fabrication ;

– un temps de transit post-production, qui correspond à une attente de manutention avant un transfert au poste suivant. On l'appellera également **temps de transfert**.

Le temps de transfert n'est pas le même d'une section A vers une section B ou de B vers A. Il est donc nécessaire de prévoir une matrice des temps de transit, enregistrant les temps prévus ou les temps moyens constatés.

Selon le nombre d'opérations de la gamme, l'importance des temps de transit est très différente. Sur une gamme « longue » (20 à 30 opérations), comme on en rencontre classiquement en mécanique, différentes études ont montré que le temps de transit représente en moyenne 90 à 95 % du temps de cycle total. Le service client est donc beaucoup plus lié aux temps de transit qu'aux temps technologiques.

Le temps de transit utilisé dans l'ordonnancement des ordres de fabrication est un temps statistique constaté. Il est donc justifié d'utiliser le temps de transit pour marquer et discriminer éventuellement des fabrications comme « urgentes » en les dotant d'un temps de transit plus faible

1. Notion de « lot sizing » en anglais.

lors de la préparation, donc en « tendant le flux ». Ceci fonctionne très bien tant que le nombre d'OF ainsi distingués ne dépasse pas quelques pour-cent.
Le temps de file d'attente devant le poste est en théorie très faible sur les lignes de production avec chevauchement d'opérations. Il est plus important par construction dans les ateliers organisés par sections homogènes. Ce point est développé dans le chapitre sur le planning[1].

4.2.7 Temps opératoire

C'est la somme des temps technologiques pour la quantité à fabriquer, c'est-à-dire :

Temps opératoire = Temps de préparation + Temps de fabrication

Temps opératoire = Temps de préparation machine (PM)
+ (nb lots) × Temps unitaire (TU)

avec :

$$\text{nombre de lots} = E\left(\frac{\text{Quantité}}{\text{Lot}} + 1\right)$$

qui se lit : partie entière de (Quantité/Lot) + 1.
On peut aussi faire le calcul avec une cadence (horaire, quotidienne, etc.) au lieu d'un temps unitaire.

Exemple

TU = 1 minute.
Lot = 2 pièces (moule à 2 empreintes par exemple).
Cadence = 60 pièces/heure soit 30 lots/heure (cas d'un OF prédéfini) ou 300 pièces par jour (méthode d'appel par l'aval)[2].
Temps opératoire = PM + (nb lots × 1 heure) / cadence.
Soit pour 1 500 pièces, donc 750 lots, et PM = 1 heure.

1. Cf. chapitre 20.
2. Cf. chapitre 13.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Calcul 1 (avec TU) :
Temps opératoire = 1 heure + (1 500 × 1) minutes = 1 + 1 500/60 = 1 + 25 = 26 heures.
Calcul 2 (avec lots) :
Temps opératoire = 1 + (750 × 1) / 30 = 1 + 25 = 26 heures.

On distinguera :

– le temps alloué ou prévu, c'est-à-dire calculé avant lancement sur la quantité à fabriquer et attribué à l'opération. Le temps alloué est généralement indiqué sur les documents de fabrication (fiche suiveuse…). La durée parfois conventionnelle, sert dans les calculs de rendement, pour le calcul des salaires, pour la planification des charges et capacités.
Le temps alloué est dans certains cas « forfaitaire ».

Exemple

La plupart des tâches dans les SAV (services après vente) sont calculées selon un temps alloué forfaitaire.

– le temps passé ou temps réalisé, c'est-à-dire la durée réelle liée à l'accomplissement de l'opération et constatée a posteriori. Il sera étudié plus précisément dans le chapitre consacré au suivi de production ;
– le temps alloué réalisé : c'est le temps alloué correspondant à la quantité réalisée pendant le temps passé.

Les comparaisons entre ces temps sont à la base des indicateurs de performance de suivi de production.

4.2.8 Temps d'attente

■ Temps technologiques d'attente

Il s'agit d'un cas particulier lié à certains processus. Un certain temps est nécessaire entre opérations, le poste de travail est occupé ou non selon le cas mais ne travaille pas.
Il en est ainsi par exemple des temps de séchage, des temps de refroidissement (après un traitement thermique par exemple), des temps de

dévermination (en électricité, électronique à propos du test de certains composants), de certains temps liés à des contrôles de conformité.

Si le poste de travail n'est pas occupé on parle de « temps mort ».

■ **Autres cas**

Il s'agit des attentes liées à des événements extérieurs au process et donc non prévisibles. Il en est ainsi des pannes machines, du manque matière, du retard d'un compagnon.

4.2.9 Temps machine main-d'œuvre et outillage

Le temps opératoire est différent pour les différentes ressources utilisées. Le temps opératoire est défini par rapport à la ressource critique.

Exemple

Un métier à bonneterie et un opérateur pour 12 métiers.

Si le temps opératoire machine est de 8 heures, le temps main-d'œuvre sera de : $8 \times 1/12 = 40$ minutes.

Il est souvent préférable de comptabiliser les outillages en durée d'indisponibilité (car son utilisation le rend indisponible pour les autres fabrications) plutôt qu'en temps opératoire.

4.2.10 Temps masqué

Le temps masqué est l'utilisation (pour une autre fabrication ou la même fabrication) du temps laissé libre par un moyen de production entre deux cycles du processus.

Exemple

Un opérateur qui doit contrôler et conditionner les pièces produites par une machine. Les pièces sont produites toutes les 3 minutes, le contrôle et conditionnement lié à cette opération prennent 1 minute. Les 2 minutes libres entre deux pièces peuvent être utilisées « en temps masqué ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Attention : le temps masqué ne doit pas être confondu avec l'affectation de plusieurs tâches à un opérateur. Dans le cas précédent si l'implantation de l'atelier permet d'affecter plusieurs opérations simultanément à l'opérateur on considère qu'il est à 33 % sur chacune des machines. Il ne s'agit plus de temps masqué.

4.2.11 Temps d'ouverture, d'indisponibilité et de disponibilité

Le **temps d'ouverture** correspond à la durée possible d'utilisation du poste de travail liée au calendrier auquel il est rattaché.

Le **temps d'indisponibilité** correspond au temps pendant lequel une ressource n'est pas utilisable pour la fabrication pour cause de :

– panne (machines) ou absences (main-d'œuvre) ;

– réparation (maintenance corrective) ;

– maintenance préventive (entretien planifié) ;

– essais ou améliorations.

À l'inverse correspond le **temps de disponibilité**.

Le rapport de temps de disponibilité sur le temps d'ouverture est un des indicateurs de performance du poste de travail.

4.2.12 Mesure des temps

La détermination des temps opératoires a été l'un des grands domaines de l'école d'organisation liée à Taylor. Le chronométrage manuel (plus souvent effectué de manière différée après un enregistrement vidéo) a été et peut toujours être utilisé pour des temps compris entre 10 et 50 secondes. La notion de « jugement d'allure » permet de corriger d'un coefficient les temps effectivement constatés. Mais cette méthode crée des tensions entre chronométreurs et opérateurs chronométrés.

La méthode des temps standards, utilise des tables de classification des mouvements élémentaires telles que les tables MTM (Methods Time Measurement), WFS (Work Factor Study) ou STM (Standards Temps et Mouvement d'origine Cegos). Elle a donné lieu dans les années

soixante-dix à de nombreuses études (tables dites de deuxième degré, pour les tableaux répétitifs à cycles longs…).

La désaffection relative qu'ont subi ces méthodes provient surtout du fait de la transformation de l'industrie qui a entraîné une mesure des temps beaucoup plus dépendante de la machine que de l'habileté de l'opérateur (notons en particulier toutes les opérations liées à des cadences du processus).

4.3 Compléments sur le processus de fabrication

4.3.1 Transferts

Le temps de transfert est le temps nécessaire pour effectuer le changement de poste sur une série d'articles. Ce transfert peut faire appel à des moyens de manutention (chariots, tapis roulants, transporteurs dans le cas de changement d'atelier), à des ressources en personnel (caristes). Il peut être planifié dans la gamme de fabrication ou bien être compris dans le temps de transit. N'apportant pas de valeur ajoutée au produit, on recherche sa suppression donc son optimisation à tout le moins.

4.3.2 Stockages intermédiaires

Entre deux postes de travail, les articles sont transférés. Ils sont entreposés avant le transfert dans une zone de l'atelier puis dans une autre après le transfert. Dans une implantation en lignes de productions ces encours de fabrication peuvent représenter l'essentiel du stock actif de l'article. Ces lieux de pré-production et de post-production doivent donc être identifiés comme les magasins. Les approvisionnements ou les retours de sous-traitance pourront être livrés directement en ces endroits plutôt qu'en un magasin central (simplification des manutentions).

La procédure sera décrite sur l'opération. La fin d'une opération suppose le déclenchement d'une demande de transfert au poste suivant.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

4.3.3 Temps de cycle et ratio de tension

La notion de cycle de production est fondamentale dans une organisation de production (et ceci a été largement mis en évidence par le Juste-à-temps et la production au plus juste).
L'un des objectifs de l'ordonnancement est de minimiser le temps passé par l'en-cours dans le système de production.

■ En production par lot

Pour cela on mesure le cycle complet de production d'une part, et le cycle « sec » c'est-à-dire le temps passé par les articles sur les machines, d'autre part :

$$\text{Ratio de tension} = \frac{\text{Cycle sec}}{\text{Cycle complet}}$$

Plus ce ratio est proche de 1, meilleure est l'efficacité du flux de production.

■ En production continue

Le cycle de production d'un poste de travail pour un produit donné est le temps entre deux sorties successives de ce produit.

$$\text{Cycle de production} = \frac{\text{Temps opératoire disponible du jour}}{\text{Quantité à produire chaque jour}}$$

Le cycle varie donc si la demande varie. Si celle-ci augmente, il doit diminuer.

4.4 Opérations types et statistiques de temps

La définition d'opérations types comme il a été vu en 4.1 permet d'enregistrer les relevés de production en fonction de cette opération type. En effet, beaucoup d'améliorations peuvent être effectuées par l'étude des articles ou des postes de travail mais la vision des fabrications par l'opération type permet de détecter des axes de progrès indétectables autrement.

Pour chaque opération, le suivi de production permet de mettre en place une base de données exploitable sur laquelle on applique par exemple à la fois une analyse ABC (*x* % des opérations les plus importantes en volume de production dans l'année) puis une analyse par criticité décroissante (rapport temps passé/temps alloué décroissant). Ceci permet très facilement de se focaliser d'abord sur les opérations qui sont les plus génératrices de non-productivité.

L'analyse peut ensuite se poursuivre par une étude des causes de temps non productifs.

Mais tout ceci ne peut s'envisager que si avant le début des fabrications :

– un dictionnaire d'opérations types est conçu d'abord, créé ensuite ;
– les gammes de fabrications sont organisées à partir de ces opérations types.

Si le dictionnaire des opérations types est organisé avec des familles de regroupement[1], d'autres agrégats peuvent ensuite être faits qui seront riches d'enseignement pour l'amélioration de la production

Exemple

Opérations types définies selon les moyens technologiques ou selon la compétence des opérateurs nécessaire ou selon la forme ou la taille des pièces fabriquées.

L'analyse peut montrer ainsi un défaut de formation de certaines catégories d'opérateurs ou un défaut de mise en place des pièces de taille importante indétectable autrement.

4.5 La fiche d'instructions techniques

La fiche d'instructions techniques est le mode opératoire d'une opération. Elle décrit de façon détaillée le réglage du poste de travail, le positionnement des outillages, les séquences de tâches (phases), l'indice du

1. Voir à ce propos en mécanique les études Cetim ou le classement morpho-dimensionnel OPITZ.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

plan à utiliser et les composants matières ou fournitures, ou unités de conditionnement (cartons…) ou de manutention (palettes…) éventuellement liés à cette opération. En général elle comporte des schémas de positionnement ou de déroulement, et un ou des plans de la pièce à fabriquer. Dans le respect des normes ISO 9000, cette fiche d'instruction comprend un numéro d'identification de la version.

La fiche d'instructions techniques (ou FIT) ne doit pas être confondue avec les documents utilisés pour le lancement (fiche suiveuse…)[1]. Elle n'est pas liée à un ordre de fabrication particulier. Elle doit être disponible à tout moment sur le poste de travail (soit sous forme papier, soit en interrogation écran). Elle peut enfin éventuellement lorsque le processus n'est pas trop complexe être incluse dans la fiche suiveuse. Ceci a l'avantage d'assurer la présence au poste de travail de la dernière version active du document mais a l'inconvénient de multiplier le volume à imprimer à chaque OF.

1. Cf. chapitre 19.

5 • LES GAMMES DE FABRICATION ET DE PRODUCTION

5.1 Gammes – définitions

La gamme correspond à la description et à la mesure du procédé de fabrication.

La norme Afnor définit la gamme comme l'« énumération de la succession des actions et autres événements nécessaires à la réalisation d'un article[1] ».

La gamme est un document qui :

– décrit l'ensemble des opérations d'élaboration du produit, dans l'ordre où elles sont exécutées (notion de succession ou de chronologie des opérations) ;

– permet lors de chaque lancement de connaître, pour les ressources utilisées (machine, main-d'œuvre…) les temps d'occupation du poste de travail, donc les temps de charge et les coûts de revient ;

– est construit par le bureau des méthodes.

On constate donc que l'élaboration de la gamme recouvre deux aspects :

– un aspect technique : chaque opération, sur chaque poste de travail, est décomposée en « phases ». Cet aspect, autrefois caractéristique de l'Organisation scientifique du travail, est traité au chapitre 4 ;

1. Norme NF X50-310.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– un aspect gestion : les temps seront utilisés pour connaître les taux d'occupation de chaque poste, donner des dates de lancement et de livraison, connaître un coût prévisionnel de production et un coût de revient.

Dans certains cas, la composante « technique » est dissociée de la composante « gestion » et incluse dans une « Fiche d'instructions techniques » (ou FIT) accompagnée de plans.

D'anciens usages ont conduit à séparer les gammes d'atelier des gammes de sous-traitance, et à l'intérieur des gammes d'atelier, les gammes d'usinage, de montage et de contrôle. L'évolution de la GPAO consiste en la création de gammes « tout court », les distinctions éventuelles de présentation se faisant au niveau de chaque type d'opération.

À chaque niveau de nomenclature correspond une gamme de fabrication correspondant à l'élaboration du produit. Le nombre de niveaux de nomenclature, a une conséquence directe immédiate sur le nombre de gammes (cf. exemple infra 5.7).

5.2 Gammes et articles : multiples gammes et gamme mère

Les rapports entre les articles et gammes de fabrication sont multiples.

D'une part et le plus souvent, car un article peut avoir plusieurs procédés de fabrication. Dans ce cas l'article dispose de gammes de remplacement.

Exemple

– Un article peut être fabriqué dans l'atelier ou via un sous-traitant.

– Un article peut être fabriqué sur une machine conventionnelle en cas de petite série, sur des centres à commandes numérique si la série est plus importante.

D'autre part lorsque les articles ne diffèrent que par leurs composants, plusieurs articles partagent le même processus de fabrication. On parle alors de gamme-mère.

Les relations de cardinalité peuvent être exprimées par le schéma de la figure 5.1. La gamme 2 est alors une gamme mère (par exemple pour des articles ne différant que par la couleur).

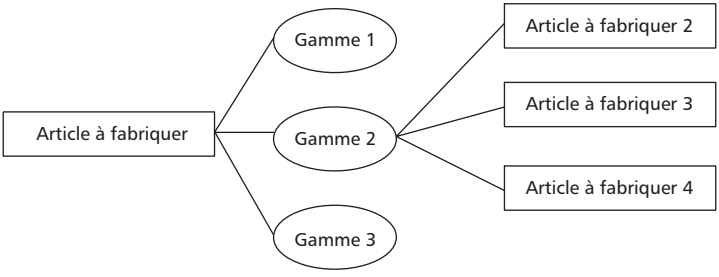


Figure 5.1 – Relations articles/gammes.

Enfin, les évolutions de la fabrication imposent de garder la trace des anciennes versions de la gamme (notion d'indice de modification de la gamme).

5.3 Gamme : en-tête et structure

Une gamme est formée d'une en-tête et de lignes. Chaque ligne correspond à une opération.

5.3.1 En-tête

Le lien article-gamme étant établi (le plus souvent via l'article), pour une gamme donnée, un certain nombre de données caractérisent l'en tête :

Des données administratives :

– la date de création et l'opérateur ;
– la date de modification et l'opérateur ;
– l'indice de modification ;
– le statut (en création, valide pour chiffrage, valide pour fabrication, etc.).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Des données d'emploi :

– les conditions d'emploi (dates de validité, taille de lot exprimée en intervalle de validité) ;

– le taux de rebut ;

– le ou les documents associés (plan…).

5.3.2 Structure

Les lignes de la gamme correspondent à la succession des opérations. Le contenu d'une opération type est décrit au chapitre 4.

Le processus est décrit depuis son commencement jusqu'à la fin. Autrefois limité à la seule fabrication, il inclut de plus en plus souvent les opérations de distribution (conditionnement, expédition, transport), la production s'arrêtant lorsque le produit est livré au client, et pas lorsqu'il sort de l'atelier, voire même des opérations de conception (programmation, essais prototypes) dans une optique de management par les activités[1].

Dans la gamme les opérations sont généralement numérotées de 10 en 10 historiquement (c'est-à-dire avant l'ère de l'informatique), afin de pouvoir lors de la fabrication modifier la gamme en insérant des opérations sans tout réécrire.

5.4 Cycle opératoire et cycle de fabrication

5.4.1 Cycle opératoire

Le cycle de l'opération comme il a été vu au chapitre précédent, est la somme du temps d'attente, du temps technologique et du temps de transfert.

5.4.2 Cycle global de deux opérations et chevauchement

Le cycle total de production dépend du positionnement relatif des opérations entre elles.

1. ABM : Activity Based Management : cf. chapitre 22.

Le positionnement relatif de deux opérations est une composante de la méthode de jalonnement[1]. Ce positionnement relatif peut donner lieu aux cas suivants.

■ **Jalonnement successeur (fig. 5.2)**

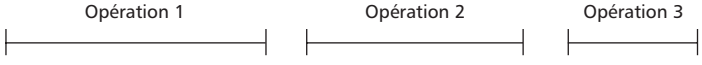


Figure 5.2 – Jalonnement successeur.

■ **Jalonnement avec chevauchement**

□ **Début-début (fig. 5.3)**

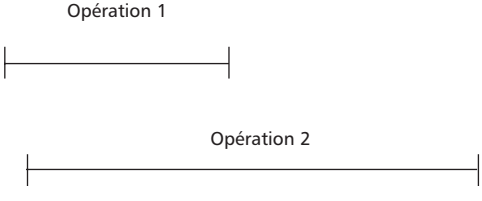


Figure 5.3 – Jalonnement avec chevauchement début-début.

□ **Fin-fin (fig. 5.4)**

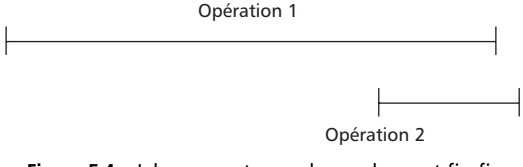


Figure 5.4 – Jalonnement avec chevauchement fin-fin.

1. Cf. chapitre 19 « Ordres de fabrication » et chapitre 24 « Méthode PERT ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

☐ **Parallèle (en temps masqué) (fig. 5.5)**

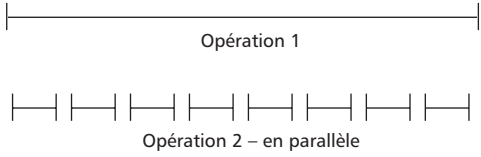


Figure 5.5 – Jalonnement opération masquée.

Cette technique de chevauchement des opérations donne lieu à un positionnement dit enchaîné ou chevauché.

Elle permet de diminuer fortement le cycle de fabrication de la série.

En d'autres termes, enchaîner deux opérations consiste à répondre « Oui » à la question : « Puis-je commencer la réalisation de l'opération $n + 1$ avant que l'opération n ne soit terminée sur la totalité de l'opération ? ».

■ **Exemple**

À travers un exemple, représentons successivement trois opérations positionnées selon les deux méthodes. Soient *T* le temps de Transit, et *R* le temps de réglage du poste.

Soit un lot de neuf pièces dont la gamme présente trois opérations. (Dans l'exemple, un tiret représente l'exécution d'une opération sur une pièce du lot.)

☐ **Cas n° 1 : sans chevauchement**

Figure 5.6 – Cycle d'une gamme en jalonnement successeur.

☐ **Cas n° 2 : avec chevauchement**

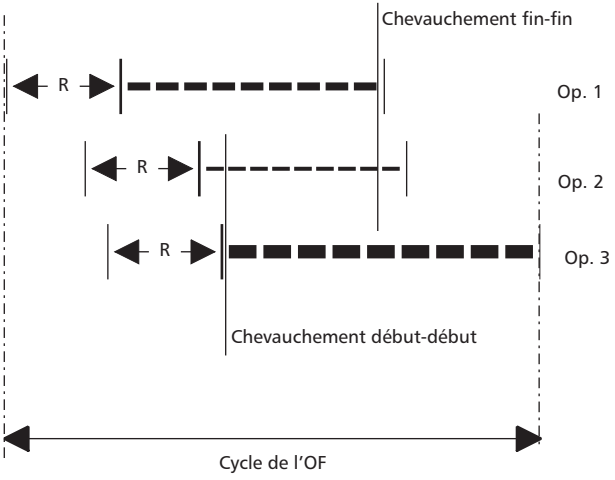


Figure 5.7 – Cycle de l'OF.

On constate ainsi la nécessité de représenter les opérations décalées verticalement sur un diagramme de Gantt chevauché.
L'opération 2 a un cycle plus court que celle qui la précède (op. 1). On commence donc l'opération 2 de telle façon que cette opération sur la

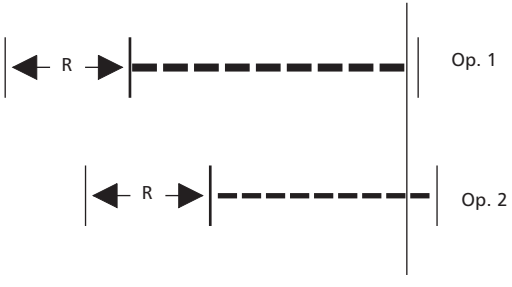


Figure 5.8 – Chevauchement fin-fin.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

dernière pièce du lot s'effectue juste après l'opération 1 sur la dernière pièce du lot (chevauchement aval ou fin-fin).

L'opération 3 a un cycle plus long que l'opération qui la précède (op. 2). On doit commencer l'opération 3 juste après que l'opération 2 ait été effectuée sur la première pièce du lot (chevauchement amont ou début-début).

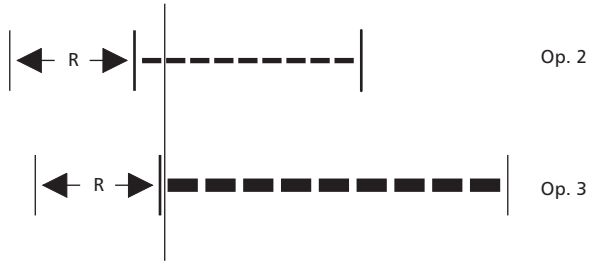


Figure 5.9 – Chevauchement début-début.

■ Interprétation

À la lumière de cet exemple, on peut déduire que le chevauchement d'opérations ajoute au positionnement des opérations un certain nombre de complexités.

1. Toutes les opérations ne se prêtent pas à un positionnement de type chevauché. Ainsi le traitement thermique ou la peinture supposent que toutes les pièces soient traitées en même temps. De même, ce positionnement est impossible, si le cycle de l'opération est inférieur au décalage admissible.
2. Le type de positionnement ne dépend pas seulement de l'opération, mais aussi de son rapport avec celui de l'opération précédente et celui de l'opération suivante.

À chaque opération, on doit donc connaître :

– si cette opération se prête au positionnement chevauché ;

– le cycle de l'opération précédente ;

– le cycle de l'opération suivante ;
– les temps unitaires des deux opérations.

Les lignes qui précèdent montrent que le positionnement chevauché sera d'autant plus efficace dans la diminution du cycle global de production que le cycle de l'opération sera long c'est-à-dire que :
– le temps opératoire est important ou
– la série est importante.
Ainsi, ce positionnement chevauché est systématiquement employé dans :
– le bâtiment, la construction navale, où les temps opératoires sont longs ;
– l'industrie plastique, l'emboutissage lorsque les séries sont importantes.

À l'inverse le chevauchement des opérations induit beaucoup plus de manutentions d'un poste de travail vers le suivant.

5.4.3 Marge de sécurité lors du chevauchement

Si le positionnement relatif des opérations se fait avec chevauchement (fig. 5.10), introduire une marge de sécurité entre :
– la fin de la fabrication sur la première unité (si chevauchement début-début, sur la dernière si chevauchement fin-fin) pour l'opération *n;*
– le début de la fabrication sur la première unité (respectivement la dernière unité si chevauchement fin-fin) pour l'opération *n* + 1.

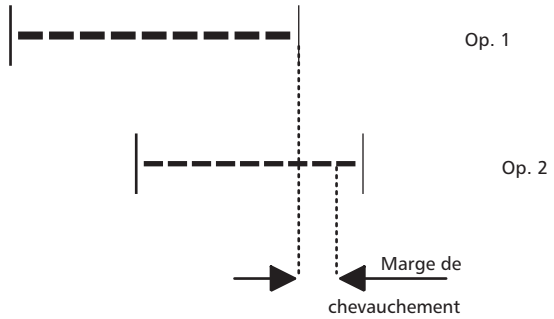


Figure 5.10 – Marge de chevauchement.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

En théorie, le positionnement sans marge de sécurité se fera avec décalage d'un temps égal au temps unitaire de l'une des deux opérations. En pratique, ce positionnement est irréaliste, car il suppose nuls les temps perdus suite aux aléas (toujours possibles et par nature non planifiables) de fabrication.

Cette marge de sécurité sera définie par exemple par le plus long des temps suivants :

– le temps opératoire de deux pièces ;
– une demie à une journée de fabrication.

Ainsi, le décalage entre deux opérations est égal à la somme du temps unitaire de la deuxième opération et d'une marge de chevauchement. La marge est définie en fonction de la régularité et de la fiabilité des flux dans l'atelier.

5.5 Lignes de gammes

La partie identité des lignes de gammes contient :

– un numéro d'opération, souvent numéroté de 10 en 10 pour des raisons historiques (l'insertion d'une nouvelle opération ne nécessitait alors pas de renuméroter la gamme et la numérotation de 10 en 10 permettait de diminuer ainsi le travail administratif) ;
– un code repère pour le lien nomenclature-gamme ;
– des dates de validité du lien de gamme (date de début, date de fin) ;
– une description plus ou moins longue ;
– éventuellement la référence à un document extérieur (code plan, fiche d'instructions techniques…).

5.5.1 Opération d'atelier

Chaque opération d'atelier contient de manière globale une description, des ressources utilisées et les temps d'utilisation. Ceux-ci peuvent provenir d'un dictionnaire d'opérations type[1] ou être saisis directement.

1. Cf. chapitre 4.

La ligne opération utilise une ou deux ressources :
– poste de charge machine,
– poste de charge main-d'œuvre.

L'une est déclarée ressource principale et sert pour le jalonnement. L'autre est généralement exprimée en pourcentage de la première.

Exemple

Positionnement d'une tôle sur une poinçonneuse.
La première phase consiste à positionner la tôle : trois opérateurs sont nécessaires. Puis le régleur prépare l'opération. Enfin celle-ci s'exécute automatiquement, un opérateur surveillant trois machines.
On peut alors définir une ou plusieurs opérations de gamme :
1. Positionnement tôle :
   poste 1 machine
   poste 2 opérateurs OS coefficient : 3,00 (trois opérateurs sont nécessaires pendant le temps de montage sur la machine).
2. Réglage poste :
   poste 1 machine
   poste 2 régleur P3 coefficient : 1,00
3. Usinage :
   poste 1 machine
   poste 2 opérateur OS coefficient : 0,25 (ce qui signifie qu'un opérateur à un instant *t* est responsable de la bonne marche de 4 postes de travail).

Attention

Une telle structure des opérations permet d'effectuer un suivi temps machine mais pas un suivi temps main-d'œuvre, puisqu'on ne peut assurer sur l'opération 30 que quatre machines commencent et terminent leur production au même moment. Au niveau du coût de revient, c'est toutefois la structure la plus juste.

Attention

Ne pas confondre la structure des temps dans les opérations et celle des coûts de revient. On peut dans l'exemple ci-dessus valoriser au temps machine seul ou au temps machine + temps main-d'œuvre. Mais la structure

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

définie pour les coûts des sections devra être cohérente avec celle définie pour le calcul des temps et de la charge.

Enfin la ligne opération contient :

– la structure du calcul des temps, issue éventuellement de celle de l'opération type ;
– le temps de réglage ;
– le temps unitaire de fabrication pour le lot[1], exprimé en cadences, en temps unitaire ou dans une autre unité selon le poste de travail ;
– le temps d'attente ;
– le temps de manutention post-production ;
– le mode de jalonnement de cette opération par rapport à la précédente.

5.5.2 Opérations de sous-traitance

Les opérations de sous-traitance sont caractérisées par :

– une section de description comme les opérations d'atelier ;
– des délais, et des coûts relatifs à un fournisseur sous-traitant.

Il est fréquent de distinguer :

– la sous-traitance de spécialité (ou « technologique ») correspondant à un métier non présent dans l'atelier (par exemple : traitement thermique, stérilisation, irradiation…).
– la sous-traitance de capacité correspondant à un moyen d'augmenter la capacité de l'entreprise dans des périodes de surcharge.

La sous-traitance de capacité est de plus en plus gérée comme une section de l'entreprise (on calcule la charge qu'on lui sous-traite par période).

Pour respecter le lien en la sous-traitance et la gestion des commandes à un fournisseur il est fréquent d'introduire une notion d'article de prestation de sous-traitance, correspondant à la transformation effectuée par le sous-traitant.

1. Cf. chapitre 4.

5.6 Gamme et production au plus juste[1]

5.6.1 Simplification du système d'information

■ Exemple

Soit une pièce dont la fabrication peut se décrire par les étapes suivantes de la figure 5.11.

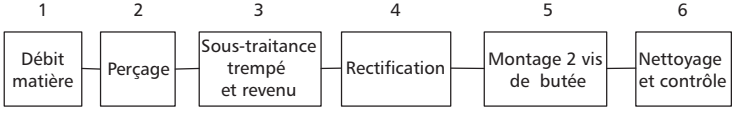


Figure 5.11

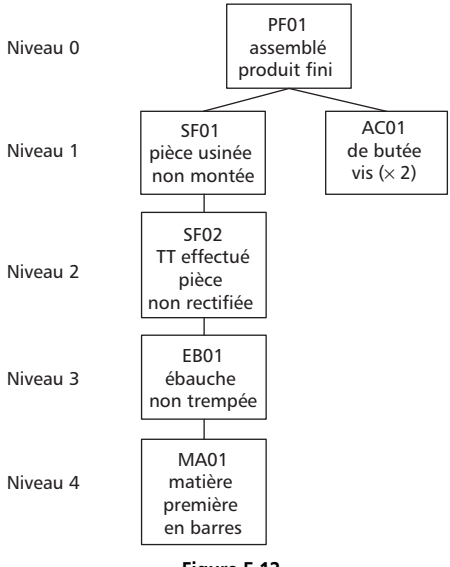


Figure 5.12

1. Cf. chapitre 25 « Production au plus juste et production flexible ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

L'atelier est organisé en sections homogènes (job shop) et des stockages intermédiaires sont effectués épisodiquement à l'envoi en sous-traitance, au retour de sous-traitance.

Les deux vis sont des fournitures achetées.

☐ Situation 1

Le responsable études a alors créé la nomenclature de la manière suivante (fig. 5.12).

La structure de la nomenclature comprend six codes articles, dont trois sont générés par les stockages intermédiaires, et quatre nomenclatures et cinq liens de nomenclatures.

Le bureau méthodes en fonction de cette nomenclature élabore alors les quatre gammes (fig. 5.13).

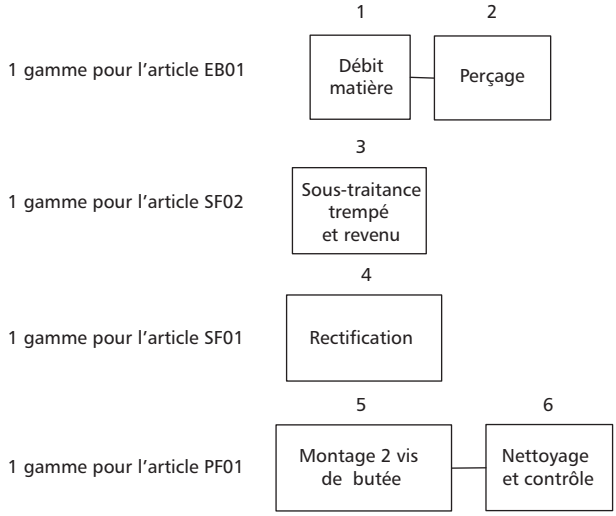


Figure 5.13

☐ Situation 2

Suite à une action Kaisen[1] sur la réduction du cycle de fabrication, le responsable de production décide d'impliquer le sous-traitant dans la fabrication de la pièce et de traiter la fabrication de la pièce principale de bout en bout lorsqu'un lancement doit être effectué.

La nomenclature devient alors (fig. 5.14) :

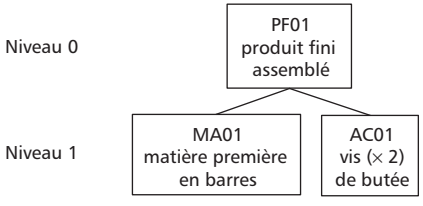


Figure 5.14 – Nomenclature finale après « re-engineering ».

La gamme unique correspond à la succession des opérations décrites au début de cet exemple. Le dossier méthodes comprend alors trois codes articles, une nomenclature (et deux liens), et une gamme de six opérations.

On rattache la matière première au repère de l'opération 1, les vis au repère de l'opération 6 (elles ne sont nécessaires en stock qu'à ce stade).

Le volume du système d'information est diminué alors de plus de 60 % pour les données de base et plus encore sur les ordres de fabrication et les mouvements de stocks (un seul OF au lieu de quatre, trois mouvements de stock au lieu de onze). Le process est plus simple à comprendre pour les opérateurs, et la construction du système de gestion contribue à la réduction des cycles et en-cours dans l'entreprise.

Le schéma de la figure 5.15 peut permettre de symboliser l'ensemble nomenclature-gamme. Mais on ne doit pas confondre l'usage de la nomenclature et celui de la gamme.

1. Kaisen : amélioration continue.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

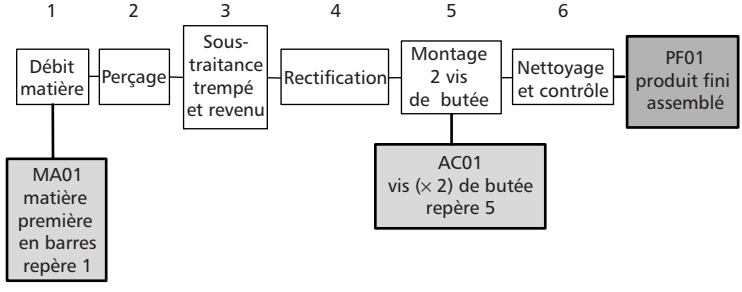


Figure 5.15 – Liaisons nomenclature-gamme après « re-engineering » de la conception et du process (noter que le composant AC01 est attaché à l'opération 5).

Cet exemple, complément de celui du chapitre 2, sert à illustrer les points suivants :

– **Conception de la nomenclature et de la gamme sont liés et dépendants des choix de gestion.**
– **Les stockages intermédiaires sont générateurs de coût et n'apportent pas de valeur ajoutée.**

5.6.2 Simplification des gammes par la réorganisation du procédé

L'exemple qui suit est extrait d'un document pédagogique « Mission Cassiopée »[1].

Soit une gamme de production de casseroles comprenant dans l'ordre :

– administration des ventes : 3 opérations ;
– ordonnancement : 3 opérations ;
– service achats approvisionnements : 5 opérations ;
– atelier emboutissage : 8 opérations ;
– atelier découpe : 6 opérations ;

1. Ceforalp – 66 avenue Jean Mermoz – BP8048 – 69351 Lyon cedex 08 – Programme « Lean Production 1998 ».

– atelier soudure : 17 opérations ;
– atelier dégraissage-conditionnement : 6 opérations ;
– magasin : 1 opération ;
– service expédition : 4 opérations ;
– administration des ventes : 2 opérations.

Le but de cet exemple est double. Il doit permettre de prendre conscience :
– des opérations sans valeur ajoutée et de les supprimer ;
– de la différence entre gamme de production et de fabrication.

Dans cet exemple les coûts de production commencent avec l'administration des ventes. Coûts par casserole produite :

1. Appel aux fournisseurs : 0,20
2. Confirmation écrite de la commande pour les fournisseurs : 2,00
3. Réception des matières premières : 0,20
4. Contrôle des matières premières : 0,30
5. Stockage des matières premières : 0,60

et propose de garder les opérations 1 et 3 mais de remplacer les opérations 2, 4 et 5 respectivement par :

2. Mise en place d'un système EDI[1].
4. Mise en place d'une politique de sélection des fournisseurs. Travail en partenariat avec les fournisseurs pour mettre en place un système d'assurance qualité (AQ). Réalisation d'audit chez les fournisseurs.
5. Stockage au pied des machines et livraison par les fournisseurs au pied des machines.

La diminution de coût unitaire est alors de 2,00 + 0,30 + 0,60, soit 72 %. Mais l'exemple ne donne pas le montant des investissements à effectuer. La gamme ainsi présentée résulte toutefois d'une analyse importante effectuée selon toutes probabilités d'après la méthode ABC[2].

1. EDI : Echange de données informatisé.
2. ABC : Activity Based Costing.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La prise de conscience des événements autres que la fabrication directe et leur incidence tant sur le coût que sur le cycle de production est un apport important de la notion de « production au plus juste ».

B

Comment ?

6 • TYPES DE PRODUITS ET DE PRODUCTION

6.1 Les Organisations de production

6.1.1 En fonction de la stratégie produit

La stratégie produit définit en fonction du type de besoin du client la technique de fabrication et de stockage dans l'entreprise. Les paramètres importants sont alors le cycle de production, le cycle commercial et le degré de personnalisation du produit exigible par le client. Si le cycle entre la commande et la livraison au client est plus petit que le cycle de fabrication + approvisionnements du produit, alors l'entreprise devra établir des stocks si elle veut pouvoir satisfaire ses clients. Les trois grandes stratégies sont alors la vente sur stock, l'assemblage final à la commande et enfin la production à la commande.

■ **Fabrication pour stock**

Le client n'admet aucun délai dans l'obtention du produit qu'il désire. C'est le cas usuel des fabrications sur catalogue à destination du consommateur final. L'entreprise gère un stock de produits finis.

■ **Assemblage à la commande**

Le client accepte un délai assez court, pour pouvoir bénéficier d'une personnalisation du produit qu'il a commandé. Dans ce cas, l'entreprise fabrique les sous-ensembles ou approvisionne les composants avant la

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

commande, et effectue le montage final une fois la commande identifiée. C'est le domaine des produits à variantes et options. Il existe alors deux cycles de production, le premier qui peut être très long correspond à une fabrication pour stock, le deuxième qui est ou doit être le plus court possible correspond à la satisfaction de la demande client.

■ Fabrication et/ou conception à la commande

Les produits de l'entreprise sont complètement fonction de la demande du client. C'est le domaine des fabrications spéciales (telles que certaines machines spéciales), de la sous-traitance de capacité (le client demande de fabriquer quand lui-même est en surcharge), de certaines sous-traitances de spécialité, de l'ingénierie, des prototypes. Le fabricant approvisionne les composants spécifiques après réception de la commande client. Le cycle commercial englobe le cycle de production (fig. 6.1).

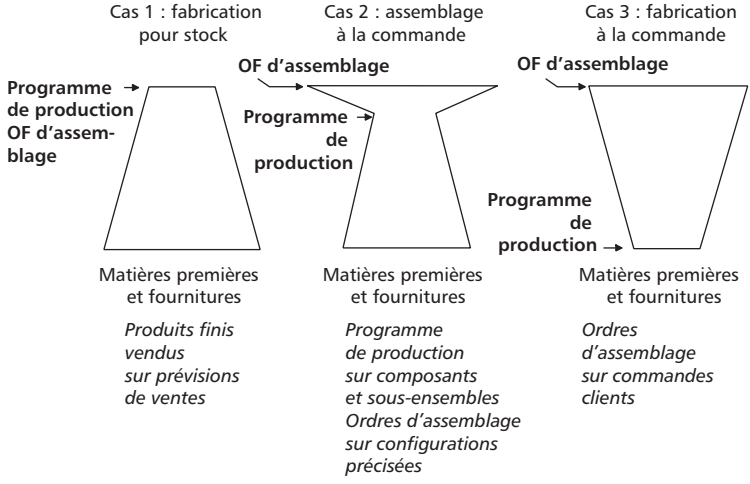


Figure 6.1 – Types de production.

6.1.2 En fonction de la stratégie de fabrication (procédé)

Il existe trois conceptions traditionnelles de la fabrication : les fabrications par flux, par moyens de production, et sur site de production dédié.

■ Fabrication par flux (« flow shop »)

Le produit suit dans l'atelier une séquence d'opérations sans retour en arrière. On peut parler dans l'assemblage de « chaîne » lorsque le passage du produit de poste en poste est effectué sans en-cours intermédiaire.

La figure 6.2 exprime de façon simple l'implantation de l'atelier dans une telle fabrication. Une variante en est l'implantation en « U », en « S ».

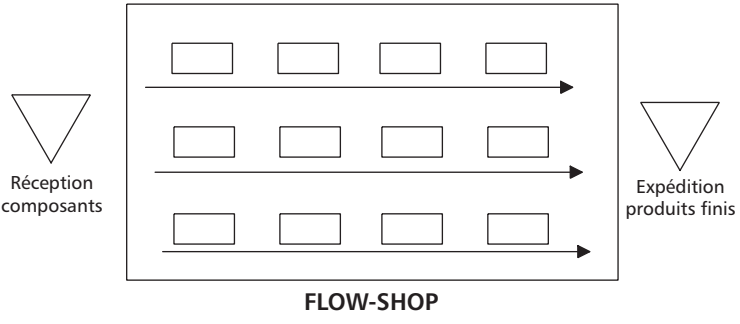


Figure 6.2 – Opérations de production par flux.

□ Sous-catégories de la fabrication par flux

Fabrication continue

La référence en est constituée par l'industrie chimique (fluides, poudres), métallurgique (coulées d'acier ou d'aluminium), pétrolière et toutes les industries dans lesquelles le flux est continu. L'assemblage automobile peut être rattaché à cette catégorie. Les investissements préalables à la production de la première unité sont très importants.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Fabrication dédiée

La fabrication est discrète (par opposition à continue) mais les moyens de production sont dédiés à un seul produit (en incluant ses variantes et options). Le changement de variante n'impose pas de changement de réglage des postes de travail.

Exemples

L'assemblage de micro-ordinateurs.

Plus généralement, un certain nombre d'industries de montage à fort volume.

Fabrication en lignes de production non dédiées

La ligne de production est alors utilisée pour produire des articles différents et ceux-ci sont positionnés à tour de rôle sur la même ligne.

Exemples

La fabrication de roulements à bille divers, la séquence d'opérations étant la même et le temps de réglage pour passer d'un article à l'autre étant faible.

La fabrication de carters de boîtes de vitesses, pour des boîtes différentes.

Fabrication par campagnes

Les équipements servent pour de multiples produits et le changement de fabrication impose des temps de réglage éventuellement importants. Le coût de lancement est important dans le coût de fabrication et les séries sont calculées pour minimiser le couple « coût de lancement + coût de stockage ».

Exemple

À une extrémité du spectre des entreprises concernées, l'embouteillage avec des changements éventuels même dans la composition de la ligne de production.

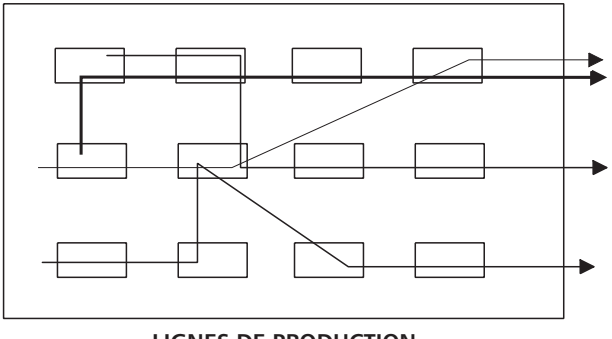
À l'autre extrémité, tous les produits à gamme de fabrication courte mais à temps de réglage machine long tels que la fonderie ou la forge, voire le moulage par injection.

☐ Avantages des lignes de production (fig 6.3)

On définira une ligne de production chaque fois que :

– l'ensemble des composants à utiliser pour une fabrication est trop volumineux pour être disposé au pied du premier poste de travail;
– les temps nécessaires à l'élaboration du produit sur une période longue (plusieurs mois ou l'année) nécessite un pourcentage important des moyens de production utilisés. L'idéal est bien sûr d'arriver à 100 %. Mais on peut utiliser la ligne pour plusieurs produits lorsque ce n'est pas le cas;
– le fait d'enchaîner les opérations successives permet d'éviter des manutentions, des transports et des stockages intermédiaires;
– la contrainte de diminution du cycle de production est importante. En effet, l'organisation en ligne permet de tendre le flux et d'accélérer l'élaboration du produit.

Plus la gamme de fabrication est courte et plus il est simple d'élaborer une ligne de production.



LIGNES DE PRODUCTION

Figure 6.3 – Lignes de production.

☐ Équilibrage de la ligne de production

L'équilibrage d'une ligne vise à répartir la quantité de travail entre les postes de travail de telle façon que ces postes travaillent tous au même rythme. Ce point est traité plus loin au 6.3.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

☐ Cellules (ou îlots) de production

Un moyen intermédiaire entre l'implantation en sections homogènes et celles en lignes de production consiste en l'implantation de cellules de production

Une cellule est un regroupement de machines correspondant à une succession d'opérations pour un produit ou une catégorie de produits donnés. À l'intérieur de la cellule, on a minimisé les manutentions et les temps de transit des pièces qui subissent les opérations de transformation.

La méthodologie d'équilibrage est la même dans une cellule de production que pour la ligne étudiée ci-dessus. L'utilisation dans les méthodes les plus récentes du « takt time » est décrite dans le cadre de la production au plus juste au chapitre 24.

La création de cellules est souvent rentabilisée très rapidement[1].

■ Fabrication par lots selon moyens de production (« job shop »)

Une fabrication par lots est caractérisée par une implantation des moyens de production par fonction (on regroupe les tours parallèles, les postes de soudure, etc.). Les ordres de fabrication suivent alors des chemins complètement différents dans l'atelier, selon leur gamme de fabrication c'est-à-dire selon la suite des tâches à réaliser. Une faible demande par produit ne justifie pas de dédier à un produit certains moyens de production. L'objectif est alors d'optimiser l'emploi de ces moyens de production (fig. 6.4).

Comme dans les fabrications par campagnes (cf. ci-dessus), on fabrique pour une quantité donnée mais dans ce cas, la taille de la série est beaucoup plus souvent déterminée par la quantité commandée par le client que par des considérations d'optimisation économique.

■ Fabrication sur site dédié

Il ne s'agit plus de fabrication en atelier mais sur un site particulier à cette production. Les ressources en machines, personnel, outillages sont transportés sur le site de production.

1. Cf. chapitre 25 « Production au plus juste ».

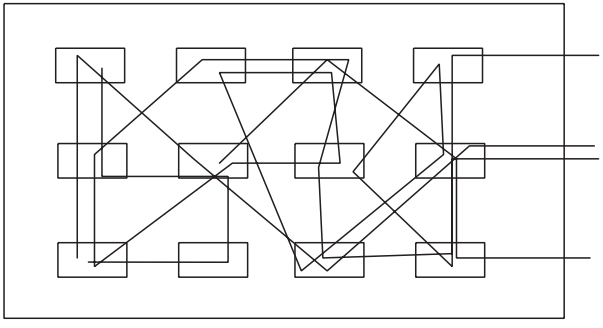


Figure 6.4 – Fabrication selon moyens de production.

Exemples

Génie civil, plates-formes pétrolières, menuiserie industrielle pour la partie montage, chambres frigorifiques…

La production sur site dédiée est souvent associée à un autre type de production. Lorsque l'élaboration du produit lui a donné une certaine taille, il est transporté sur le site pour la suite de la fabrication.

■ Synthèse pour les productions en atelier (tableau 6.1)

Du groupe 1 au groupe 5, la structure des coûts évolue de la façon suivante :
– coût de première acquisition c'est-à-dire investissements initiaux variant de très importants à faible ;
– influence du coût de lancement croissante ;
– influence du coût marginal de l'unité produite de faible à très important.

Ainsi, dans le groupe 1 les investissements initiaux déterminent complètement la structure (cf. par exemple tous les projets de nouveau véhicule automobile)[1].

1. Lire à ce propos *L'auto qui n'existait pas,* Christophe Midler, Dunod, 2004, sur le projet Twingo.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Tableau 6.1 – Synthèse des caractéristiques de différentiation pour les productions en atelier[1].

	1 = continue	**2 = répétitive dédiée**	**3 = lignes mixtes à réglages courts**	**4 = fabrication par campagnes Réglages longs**	**5 = sections de production**
Exemples	Agro-alimentaire Chimie Automobile (sauf luxe) Traitement thermique	Ordinateurs Électro-ménager	Certains composants automobiles Composants à variantes de couleurs ou taille	Plasturgie de sous-traitance Forge Fonderie Embouteillage	Usinage mécanique Imprimerie de labeur Pièces techniques
Positionnement	Prix bas	Prix compétitif	Qualité et délai	Qualité et délai	Qualité
Possibilité de personnalisation produit	Faible (produit standard)	Quelques variantes	Variantes et options	Personnalisation selon client	Conception à la demande
Obtention d'une unité	Coût 1re acquisition élevé Automatisation totale Faible coût de l'unité marginale	En partie automatisée Faible coût de l'unité marginale	Coût de 1re acquisition influent Coût fixe moins important	Incidence forte du coût fixe sur le coût total	Coût unitaire élevé

1. Tableau inspiré et modifié de *Restoring our competitive edge,* R.H. Hayes et S.C. Wheelwright, John Wiley, 1984.

	1 = continue	2 = répétitive dédiée	3 = lignes mixtes à réglages courts	4 = fabrication par campagnes – réglages longs	5 = sections de production
Taille des séries	Très importante	Très importante	Sans importance mais en général élevée	Optimisée selon coût de lancement et de stockage	En général celle du besoin client
Parc machine	Machines spécifiques	Machines spécifiques	Machines du marché	Machines du marché	Machines du marché
Typologie de production produit	Fabrication pour stock	Fabrication pour stock	Assemblage à la commande	Assemblage à la commande	Fabrication à la commande

Dans les groupes 3 et 4 le coût est le résultat d'un arbitrage permanent entre quantité de lancement et nombre de lancements.

Dans le groupe 5 le process détermine l'essentiel du coût de production.

6.1.3 En fonction de la valeur ajoutée

On distingue également les productions selon que les investissements en matériel ou en main-d'œuvre représentent le facteur le plus important de la production.

On distingue alors les cas suivants qui ne s'excluent pas.

A. L'investissement en capital machine s'effectue avant le démarrage des fabrications.

De plus et en complément,

B. Soit les investissements sont minimes (en comparaison) pendant la durée de vie du produit.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

C. Soit l'investissement en capital machine s'effectue pendant la fabrication.
D. Soit la valeur ajoutée dépend beaucoup plus de la main-d'œuvre.

Le cas des fabrications continues correspond à A + B. Les fabrications répétitives dédiées correspondent plus à A + C ou A + D. Le bâtiment, la fabrication des machines spéciales correspondent plus au cas D. La production à main-d'œuvre élevée est donc beaucoup plus sensible à des changements sociaux telles que la durée légale du travail que les productions à investissement élevé en matériel.

La production à besoin en capital élevé est moins sensible aux aléas. La distinction coût machine – coût main-d'œuvre dans le coût de production devient alors nécessaire par la force des choses.

On peut remarquer qu'une stratégie de production prendra en compte ces aspects pour décider du lieu d'élaboration de certaines opérations de production. La définition des articles dépend alors des coupures que l'on impose au process en fonction du lieu où l'entreprise décide de créer la valeur ajoutée. Ce lieu dépend alors :

– du bassin d'emploi et des compétences objectives de la population ;
– des régimes fiscaux ;
– des risques politiques liés à des changements non prévisibles.

Ce raisonnement doit alors devenir une composante de la réflexion sur la qualité et le coût de revient des produits.

6.2 Implantations d'atelier

6.2.1 Principes de conception

L'entreprise est justifiée par la valeur ajoutée apportée à la transformation des composants en produit. On s'attachera à éliminer en conséquence toute opération qui n'apporte pas de valeur ajoutée au produit.

L'implantation consiste en la disposition des moyens de production de l'entreprise dans le but de supprimer les opérations n'apportant pas de valeur ajoutée.

On distingue dans le processus :
– les opérations nécessaires ;
– les opérations palliatives : elles n'apportent pas de valeur ajoutée mais sont indispensables. Sans elles le coût de production serait plus élevé ;
– les opérations sans valeur ajoutée. Il doit être possible de les supprimer, en prenant garde aux conséquences sur les coûts, les délais, la qualité et la réactivité de l'entreprise.

Pour cela seront étudiés en priorité et en particulier neuf éléments.

■ Les déplacements de pièces

Tout déplacement ou manutention n'est justifié que si toute autre solution a un coût plus élevé. C'est une opération palliative pour un type d'implantation donné. De plus une bonne implantation est facile à comprendre pour les opérateurs. Le trajet effectué par les pièces semble naturel. Enfin, la minimisation des distances à parcourir diminue le temps de cycle et le coût de production.

■ Les réglages machines

L'implantation en lignes de production peut supprimer un nombre significatif de réglages en particulier par rapport à une implantation organisée par moyens de production. L'implantation mixte (lignes de production, sections homogènes) peut être une solution intéressante dans le cas de production en petites séries. L'usage de la méthode SMED[1] est une composante importante de la réussite sur ce point.

■ La flexibilité

Depuis l'introduction des notions liées au Juste-à-temps, celle-ci qui correspond au degré de capacité d'une entreprise à s'adapter à un changement que celui-ci soit ou non prévu, est redevenue une notion importante. La flexibilité est évoquée en particulier dès qu'il s'agit de changer de produit sur un poste de travail, ou de volume de production dans une période donnée.

1. Cf. chapitre 9 « Production en Juste-à-temps ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Une visibilité maximale

Les espaces doivent être visibles à tous moments et par tous. L'implantation favorise alors la gestion visuelle des améliorations de production et peut éviter des tentations de remplir les stocks[1]. Dans le cas de bureaux le concept d'espaces ouverts amène des gains de surface de l'ordre de 30 %.

■ L'accessibilité des ressources et composants

Tous les lieux et conteneurs utilisés seront facilement accessibles. Un soin particulier sera apporté à la maintenance.

■ Le confort et la sécurité des opérateurs

Un bon environnement de travail (éclairage, température, bruit, odeurs, absence de poussières) est un facteur d'augmentation de la productivité tant directe qu'indirecte (diminution de l'absentéisme ou *turnover* du personnel…). La sécurité concerne aussi bien les opérateurs eux-mêmes, que les ressources de l'entreprise (vols, dégradation,…) ou son environnement (évacuation et retraitement des déchets)[2].

■ L'identification de tous les éléments intervenant dans le processus

Aucun élément de l'environnement de chacun des opérateurs ne doit être l'objet d'interprétation. Le vocabulaire normalisé[3], le vocabulaire éventuel de l'entreprise doivent lever toute ambiguïté sur les différents produits ou les éléments intervenant dans le processus (panneaux, marquage par étiquettes, marques au sol, organigramme des fonctions pour les personnels, annuaires téléphoniques ou mails…) et facilitent la vie quotidienne donc la productivité de chacun et de tous.

■ L'augmentation du débit et la régularité du flux

Les efforts se porteront sur les zones de transit (taille, marquage…), sur les zones de stockage (identification, rôle…), sur l'élimination des

1. Cf. Taiichi Ohno, *Les gens dans l'usine ont toujours tendance à faire de la surproduction*.
2. Cf. chapitre 15 « Maintenance et environnement ».
3. Qu'on a essayé d'utiliser au maximum dans cet ouvrage …

goulots d'étranglement, sur les distances entre postes de travail, etc. Ce dernier point est abordé à de nombreuses reprises dans cet ouvrage[1].

■ **Une optimisation globale et non locale**

L'implantation sera considérée dans son ensemble, au lieu de considérer un atelier ou un poste de travail.

Pour conclure, l'atelier d'aujourd'hui est comparable à l'organisation d'une équipe de Formule 1 (changement de pneus en quelques secondes, modification des réglages en-cours de course, augmentation des arrêts au stand pour une plus grande efficacité sur la piste, etc.).

6.2.2 Préparation des implantations

Avant la décision d'une nouvelle implantation, l'analyse préalable comprend d'abord un recueil d'informations objectives et « neutres ».

– l'analyse des différentes fonctions et des services de la société ;
– la compréhension et l'analyse de l'organisation de production au sens du paragraphe 6.1 ci-dessus ;
– le plan et les contraintes liés aux locaux utilisés ;
– les cadences prévisionnelles par famille de produits sur les prochaines années (une implantation n'est pas faite pour quelques mois) ;
– l'analyse des opérations de fabrication ;
– l'analyse des contraintes liées au retraitement et à l'élimination des déchets[2] ;
– la liste des équipements concernés (ainsi que leurs contraintes d'exploitation, température, courant électrique, bruit, charge au sol, alimentation en fluides…).

La deuxième phase consiste à choisir une organisation en fonction du process souhaité, puis à comptabiliser les données nécessaires à l'optimisation ultérieure. Dans ce domaine, on peut noter (et sans être exhaustif) :

– les temps de process interopérations non compressibles ;

1. En particulier aussi aux chapitres 9, 13, 25.
2. Cf. chapitre 15.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemples

Temps de séchage.
Temps de refroidissement.
Temps de « déverminage » (électricité, électronique).

– les volumes d'en-cours intermédiaires entre deux postes (en particulier dans le cas de production par l'aval[1]);
– les volumes des stocks principaux (matières premières et produits finis), et des stocks annexes (outillages, pièces de rechange…);
– les voies de communication.

On en déduira pour chaque poste et pour les liens entre postes des besoins en surface, et éventuellement en moyens de manutention (la législation est de plus en plus restrictive sur le poids de la charge portée sans moyens d'assistance externe, pinces, chariot élévateur, etc.).

6.2.3 Méthodes d'analyse des implantations[2]

■ Méthode des chaînons (tableau 6.2)

Elle correspond à une implantation « job shop » ou en sections homogènes. On peut aussi envisager de l'utiliser à l'intérieur d'une cellule ou îlot de production. Mais cette méthode est de moins en moins utilisée à cause de la prééminence des implantations en lignes de production ou cellules à flux linéaire.

Un chaînon est une relation entre deux postes de travail, issue d'une gamme de fabrication.

Le principe consiste à comptabiliser les manutentions entre les différents postes de manière à optimiser les rapprochements en traitant les proximités par volume de manutention décroissant.

Exemple

Soient 6 postes de travail P1 à P6. Ainsi si la gamme du produit A prévoit que les opérations *n et n* + 1 sont sur les postes P2 et P6 (par exemple), P6 reçoit

1. Cf. chapitre 13 et en particulier 13.3.6 nombre de kanbans en circulation.
2. Voir aussi http ://web.inrs.fr/actualites/ed718.htm, Conception des lieux de travail. Démarches, méthodes et connaissances techniques.

un produit du poste P2. Il existe entre P2 et P6 un chaînon. P6 envoie les pièces vers P2, P3, P4, P5. Soient 4 chaînons. Le poste P6 est alors concerné par 5 chaînons au total.

La liste des chaînons peut facilement être établie par l'informatique si les gammes existent.

Sur une période considérée comme suffisante pour être représentative (par exemple un mois), on comptabilise toutes les liaisons entre les postes soit en nombre de mouvements soit en nombre de pièces, soit enfin en volume ou poids si les produits sont très différents. Dans la forme originelle, on ajoute tous ces mouvements sur une demi-matrice sur laquelle on indique dans chaque case le nombre de liaisons sur la période.

Pour l'utiliser de nos jours, il suffit dorénavant de construire l'algorithme correspondant au comptage des liaisons sur la base de données du progiciel de GPAO. La campagne de mesures n'est plus nécessaire puisque celles-ci sont un sous-produit de la gestion des OF.

Exemple

Tableau 6.2 – Exemple : méthode des chaînons.

	P6	P5	P4	P3	P2	P1
P1	0	34	12	0	25	× 6 chaînons
P2	20	0	7	0	× 5 chaînons	
P3	27	0	56	× 4 chaînons		
P4	35	47	× 3 chaînons			
P5	56	× 2 chaînons				
P6	× 1 chaînons					

(Les cases du tableau comptabilisent les liaisons.)

On traite en premier le poste sur lequel existe le plus grand nombre de liaisons, et les postes avec lesquels il existe le plus de liaisons.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Dans la méthode originelle, on établit ensuite une implantation théorique (en général en plaçant les postes de travail sur un cercle), puis on utilise un plan à maille en losange ou carrée pour indiquer les positions des postes.

Remarque

Sur l'exemple on commence par l'implantation du poste P4 en tenant compte bien sûr aussi des caractéristiques physiques des locaux et des débuts et fins du flux.

Notons que la réalisation pratique de la méthode s'effectue plus naturellement maintenant par l'analyse décisionnelle à partir de requêtage sur la base de données et de simulations successives[1]. D'un point de vue informatique on établit :

– la liste des liens section (i, j) dans les gammes ;
– la liste des liens sections (i, j) dans les ordres de fabrication d'une période, pondérée par la quantité (en nombre de pièces de chaque lien).

■ Méthode des gammes fictives ou de la gamme enveloppe

On appelle gamme fictive ou gamme enveloppe la gamme élaborée par réunion[2] de l'ensemble des gammes réelles des produits selon l'ordre séquentiel des opérations de gammes (fig. 6.5).
Cette gamme enveloppe est bien connue et facile à établir dans certains métiers.

Exemples

Supposons une entreprise de mécanique avec les technologies suivantes : débit, pliage, mécano soudage, perçage-taraudage, polissage, dégraissage, conditionnement.
Ou encore une imprimerie comprenant impression, bobinage, découpage, façonnage, conditionnement.

1. Logiciel Genimat ou Factory Plan par exemple, ou de simulation Automod, Taylor II, Siman, Witness, etc.
2. Au sens de la théorie des ensembles.

Dans ces cas la gamme enveloppe est facile à déterminer puisque le process est relativement linéaire (le débit précède le pliage, etc.).

Dans d'autres cas, la méthode qui suit a le mérite de permettre l'analyse du process pour préparer le passage en lignes de production.

Le principe consiste à :

– établir un chemin théorique des sections ;
– positionner l'ensemble des gammes étudiées sur ce chemin. Il apparaît alors un certain nombre de retours en arrière ;
– découper les sections qui montrent des retours arrière pour linéariser le process et ainsi détecter l'ensemble des lignes possibles.

La gamme enveloppe obtenue en final est celle qui représente la suite des postes de travail en minimisant le nombre de retours en arrière.

Exemple simpliste (fig. 6.5)

Après détermination empirique de la gamme enveloppe de départ et tracé des processus issus des gammes, on constate quatre retours en arrière dont trois sur la seule section trois.

Dans le schéma de la figure 6.5 le découplage de la section 3 en deux sous-sections 3.a et 3.b comprenant chacune le nombre de postes de travail nécessaires, permet d'éviter trois retours en arrière dans le processus. L'idéal est bien sûr de n'en avoir aucun. La méthode, appuyée par l'élaboration d'algorithmes heuristiques[1] issus de ces principes permet de déterminer l'ensemble des lignes de production qui optimisent le flux global.

■ Équilibrage de chaîne (et de ligne)

L'équilibrage d'une chaîne vise à répartir la quantité de travail entre les postes de travail de telle façon que ces postes travaillent tous au même rythme.

1. Puisqu'on a su exprimer le problème par l'obtention d'un minimum de retours, donc par une optimisation de chemins.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

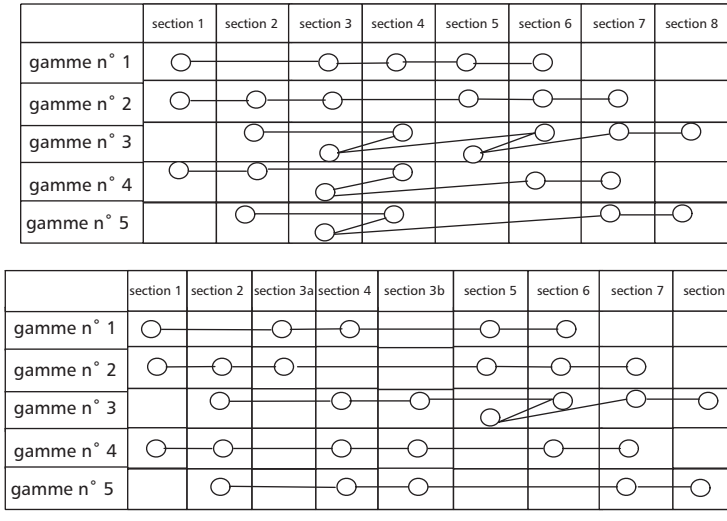


Figure 6.5 – Gamme enveloppe et élaboration de lignes de production.

Ceci est d'autant plus facile à faire que les postes n'utilisent par des ressources coûteuses et que les quantités sont régulières.

Exemple

Ainsi, la méthodologie correspond mieux à une mise en place pour le montage de produits électroménagers grand public que pour l'usinage (sur centres d'usinages cinq axes) de pièces unitaires en acier spécial pour l'aéronautique.

L'équilibrage de la chaîne va s'opérer en quatre étapes successives.

☐ **Détermination des paramètres de fonctionnement de chacun des postes**

– La cadence C est le nombre de produits fabriqués dans la période P de référence.
– Le cycle de base T_b est le temps de fabrication d'une unité sur un poste de travail (donc sur chaque poste puisqu'on cherche l'équilibrage).

On a alors :

$$C \times T_b = P$$

On notera que le cycle de base est un paramètre qui intervient sur la psychologie de l'opérateur. Il est très difficile dans la pratique de faire fonctionner une ligne avec un cycle de base inférieur à 2 minutes[1].

☐ **Détermination des paramètres de construction de la chaîne**

– Le pas de chaîne P est la distance en mètres séparant deux postes de travail. Ce pas est évidemment fonction du volume du produit et de l'espace nécessaire pour son élaboration.

– La vitesse théorique V sur la ligne est fonction du pas et du cycle :

$$V(\textit{en m/min}) = \frac{P(\text{m})}{T_b(\text{min})}$$

– Nombre de pas : si TTP est le temps total de fabrication ou de montage prévu pour une unité de fabrication (les réglages étant bien sûr déjà effectués) sur l'ensemble des postes de travail nécessaires sur la chaîne, on définit le nombre de pas N_p, c'est-à-dire aussi le nombre de postes de travail comme :

$$N_p = \frac{TTP}{T_b}$$

N_p est un nombre entier arrondi à l'entier supérieur.

– La longueur L totale de la chaîne est la distance parcourue par les produits entre l'entrée et la sortie du processus. On a alors :

$$L = N_p \times P$$

– Le cycle total de fabrication T_t est calculable à partir du cycle de base T_b défini ci-dessus et du nombre de postes (ou nombre de pas) :

$$T_t = N_p \times T_b$$

1. Cf. aussi chapitre 25 « Production au plus juste », section 25.1.4 « takt time ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On peut par équivalence définir aussi :

$$T_t = \frac{L}{V}$$

– Pour chaque poste *i*, on définit le nombre d'opérateurs $N(i)$ nécessaire, et on en déduit le nombre d'opérateurs $N(op)$ nécessaires sur l'ensemble de la chaîne.

$$N(op) = \sum_{1}^{Np} N(i)$$

Ce nombre est enfin à majorer en fonction du taux de disponibilité des opérateurs (absentéisme, délégation…).

☐ **L'élaboration de la gamme par définition des opérations**

On re-découpe le processus en opérations élémentaires. Leur durée $T_{él}$ sera suffisamment faible pour permettre l'équilibrage, donc sera inférieure au cycle de base $T_{b.}$

Le positionnement relatif des opérations suit les règles de succession ou de parallélisme exposées au chapitre 5[1].

☐ **L'affectation des opérations sur chaque poste de travail**

Cette dernière phase est l'occasion de redéfinir alors ce qu'est le poste de travail et ce qu'il doit effectuer. On répartit alors les temps des opérations élémentaires dans la chronologie de la gamme, poste par poste, de telle façon que le temps T_i sur un poste soit toujours inférieur ou égal au cycle de base T_b, et en essayant de saturer chaque poste à 100 % :

$$\left(T_i = \sum_i T_{él} \right) \leq T_b$$

Si la saturation du poste est inférieure au temps imparti, on appelle le temps disponible non utilisé (T_b - T_i) la perte d'engagement ou le temps

1. Section 5.4.

« concédé »[1], qui entérine le fait que l'on n'a pas su remplir le temps disponible. Il est très rare d'obtenir des résultats satisfaisants la première fois. On procède alors par itérations successives en agissant sur les tâches elles-mêmes, le temps de cycle d'une opération, et les tâches externes, c'est-à-dire celles qui ne dépendent pas du poste de travail, jusqu'à ce que le résultat obtenu soit satisfaisant.

Comme pour les cas précédents, des logiciels d'aide à cette élaboration existent.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

1. Robert Chapeaucou, *Techniques d'amélioration continue en production,* Dunod, 2003.

7 • PRODUCTION ET QUALITÉ

7.1 Définitions : la démarche qualité

7.1.1 Qualité en gestion de la production

La démarche qualité dépasse de loin dans l'entreprise le seul angle de la gestion de production. Mais elle influe tellement sur celle-ci qu'il est nécessaire d'y consacrer un chapitre.

La qualité est définie dans la norme ISO 8402 comme l'« ensemble des caractéristiques d'une entité (service ou produit) qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou potentiels des utilisateurs ».

David Garvin[1] distingue cinq types de définition de la qualité :

– la définition transcendante (la qualité est un idéal) ;
– la définition basée sur le produit (la qualité est basée sur les attributs du produit) ;
– la définition de l'utilisateur final (la qualité est une facilité et un confort d'emploi) ;
– la définition de la production (la qualité est la conformité au cahier des charges) ;
– la définition basée sur la valeur[2].

1. In « What does 'product quality' really mean ? », *Sloan Management Review*, 1984 and *Competing on the eight dimensions of quality,* Harvard Business Review, 1987.
2. « Quality is bang for buck » image intraduisible signifiant qu'on explose ou qu'on va beaucoup plus vite et loin (bang du mur du son) avec le même dollar (buck).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les processus de production sont très divers au sein des entreprises mais on peut considérer de manière générale qu'ils comportent les étapes suivantes :

- Jusqu'à la commande client :
  - conception du produit et du processus,
  - approvisionnement des composants,
  - planification des fabrications et sous-traitances.
- Distribution aux clients (expédition…).
- Service après vente.

La démarche qualité correspond à une amélioration continue dans ces différents domaines.

Axée historiquement sur le produit, elle s'est étendue largement à ces différents domaines en particulier depuis l'avènement des normes ISO 9000, qui régissent largement les méthodes utilisées pour garantir un niveau contractuel de qualité.

7.1.2 Prévoir Faire Vérifier Améliorer (Plan Do Check Act on)

L'activité de gestion peut se définir par le déroulement du cycle PDCA (fig. 7.1).

L'activité commence par la Prévision et la Planification, puis on réalise ou Fait ce qui était prévu. On contrôle ou vérifie la conformité à la prévision et on en tire des enseignements qui permettent de réaliser une prévision améliorée avant de Faire, etc.

Dès la première phase du cycle, on doit définir ce qui sera dans la troisième considéré comme « bon » ou « mauvais », au moyen d'indicateurs.

7.1.3 Démarche qualité totale ou TQC (Total Quality Control)

Le développement d'un système « qualité » dans l'entreprise se fait généralement au travers des étapes suivantes :

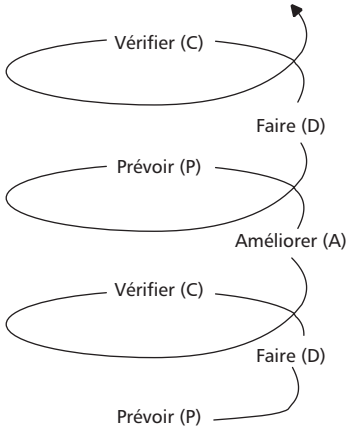


Figure 7.1 – Le cycle PDCA.

☐ Mise en place de contrôles

Les contrôles permettent la comparaison entre l'état demandé et la réalisation. Ces opérations de contrôles n'apportent pas de valeur ajoutée au produit, elles permettent seulement une assurance par rapport à sa qualité. Elles sont basées sur des tests statistiques et impliquent en corollaire la définition d'un NQA ou niveau de qualité acceptable, ce qui sous-entend l'acceptation de certains défauts.

Exemple

L'épidémie de listériose de l'hiver 2000 en France, a entraîné un changement dans la réglementation qui jusqu'alors tolérait un niveau « admissible » de présence de listeria dans les aliments. Le « zéro défaut » est alors devenu la norme conformément aux critères explicités ci-après.

☐ Maîtrise de la qualité

Tester la qualité a posteriori se révèle vite insuffisant. Le niveau de qualité est défini par le processus de fabrication. Filtrer la production et retenir les mauvaises pièces pour prétendre maîtriser la qualité ne suffit pas, car la qualité ne naît pas lors du contrôle, mais au moment de la fabrication.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La maîtrise de la qualité continue l'exercice de ces contrôles mais incite à substituer aux actions correctives les actions préventives. On suit alors de manière statistique non plus le produit mais le processus, c'est la maîtrise statistique des procédés (MSP ou SPC – cf. 7.4). Celle-ci utilise les outils décrits ci-après au 7.2.

☐ **Assurance qualité**

L'assurance qualité correspond à la reconnaissance par un organisme indépendant d'un référentiel (le plus souvent issu des normes ISO 9000) dans l'entreprise et permet d'établir des relations de confiance avec les clients en apportant les preuves de l'organisation établie.
Elle vise à éliminer progressivement les causes de non-conformité. Dans beaucoup de métiers, elle est liée à un système de traçabilité[1].
La certification évite des contrôles systématiques à l'arrivée des produits chez le client, et diminue les cycles de production-distribution.

☐ **Gestion de la qualité**

La gestion de la qualité s'appuie sur les réalisations des étapes précédentes et introduit une dimension de gestion. Les coûts de la non-qualité sont mesurés et l'objectif est alors de les diminuer.

☐ **Qualité totale ou TQC (Total Quality Control)**

La qualité totale, dernière étape du processus, permet l'établissement de partenariats tant avec les clients qu'avec les fournisseurs dans le but de diminuer tant les coûts que les délais en optimisant le processus non plus à l'échelle de l'entreprise mais dans la globalité de l'élaboration du produit, de la matière première à l'utilisation par le client final.

7.2 Outils de la démarche qualité

On parle généralement des « sept outils » de l'analyse qualité. Dans la suite deux d'entre eux ont été regroupés dans le même paragraphe (histogramme et diagramme de Pareto).

1. Cf. section 10.2.

7.2.1 Feuille de relevé ou diagnostic d'anomalies (1)

Tout processus de recherche d'amélioration commence par une analyse.

Tout défaut relevé dans le processus, l'organisation, la satisfaction client commence par une appréciation subjective de la situation. La feuille de relevé permet d'objectiver les observations et souvent de restreindre l'effet conflictuel de ces situations.

La feuille de relevé sera conçue en fonction d'une part de ce que l'on veut observer (un produit, un poste de travail, un groupe de clients…), d'autre part des moyens mis en œuvre pour ces relevés (facilité de la saisie, facilité du traitement…).

Exemple

Tableau 7.1

Code article : 56342		OF n° 03267.1	
Qté Rebutée	**Opération**	**Défaut constaté**	**Cause**
10	Tournage	Tolérance axiale dépassée	Opérateur
1	Fraisage	Angle face A-B non-respecté	Positionnement pièces
2	Rectification	Défaut de planéité : 1, rayure : 1	Maintenance poste non effectuée
1	Taraudage	Ovalisation	Serrage forêt
4	Contrôle	Défaut d'aspect	Matière première

La feuille de relevé peut souvent être maintenant établie automatiquement comme conséquence des statistiques issues de la GPAO en tout cas pour ce qui concerne un poste de travail ou un code opération.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

7.2.2 Diagramme de concentration de défauts (2)

C'est une variante de la feuille de relevé, surtout utilisée pour l'analyse des produits, et exprimant sous une forme visuelle l'emplacement des défauts (chaque défaut correspond à un marquage) sur le plan ou la photo de l'article concerné. Il met ainsi facilement en évidence d'éventuels défauts de conception.

7.2.3 Histogramme (6) et diagramme de Pareto (3)

Il s'agit de la quantification des fréquences d'apparitions des défaillances enregistrées.

Ces deux méthodes sont très comparables. Seule la forme en est différente. Les tableurs ont rendu ces présentations très communes.

Dans l'histogramme (fig. 7.2), chaque barre est proportionnelle à la fréquence d'apparition d'une tranche de valeurs. Il permet d'identifier l'existence d'un modèle (par exemple une loi normale, mais on prendra garde de tester ensuite qu'on est bien en présence d'une loi normale). Il montre d'une façon très visuelle les écarts avec les valeurs de référence (par exemple : écarts par rapport à un intervalle de tolérance).

Le diagramme de Pareto reprend à partir d'un histogramme trié par valeurs décroissantes les cumuls des valeurs enregistrées. Il permet de déterminer facilement à partir de la décision d'un seuil de correction, les causes à éliminer.

7.2.4 Diagramme cause-effet ou Ishikawa[1] (4)

Le diagramme **cause-effet**, ou diagramme d'**Ishikawa** (du nom de son inventeur japonais) ou encore diagramme en **arête de poisson** est la représentation graphique simple des relations entre un résultat (l'« effet ») et les causes souvent multiples qui en sont à l'origine (fig. 7.3). Elle correspond à une étape postérieure à l'analyse effectuée dans les paragraphes précédents. Cette représentation permet de classifier et hiérarchiser les causes de façon très visuelle. Les cercles de qualité ont largement

1. Kaoru Ishikawa, *What is Total Quality Control,* The japanese way, 1985.

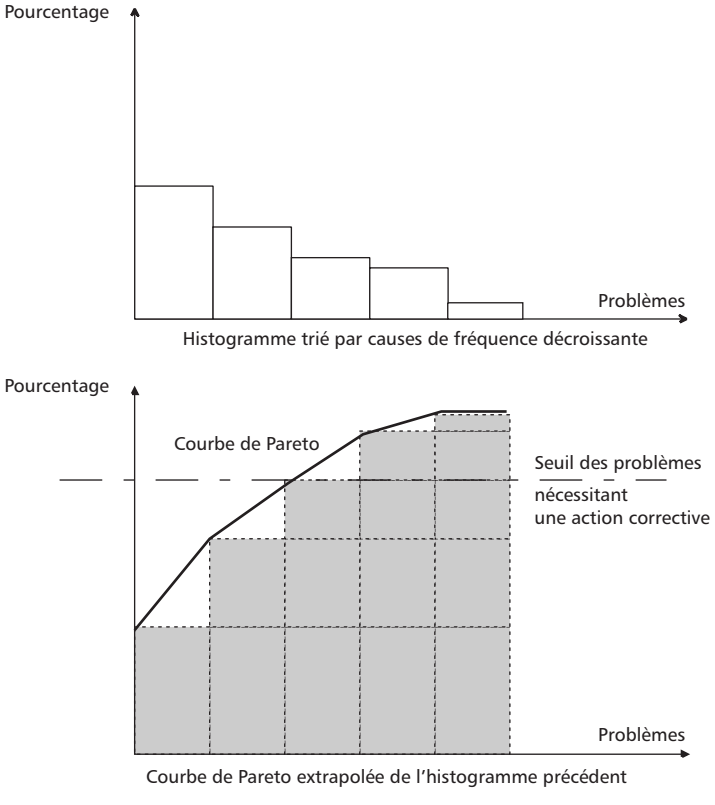


Figure 7.2 – Analyse quantitative, histogramme et courbe de Pareto[1].

popularisé l'usage de ce diagramme dans la recherche des problèmes. On constitue à partir de l'effet un arbre des causes avec un tronc auquel se rattachent des causes principales regroupées par familles, avec des

1. Du nom de Vilfredo Pareto (1848-1923).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

causes secondaires sur les tiges. Cet outil est d'abord utilisé dans la maintenance corrective après identification de problème, mais on peut aussi l'utiliser de manière préventive.

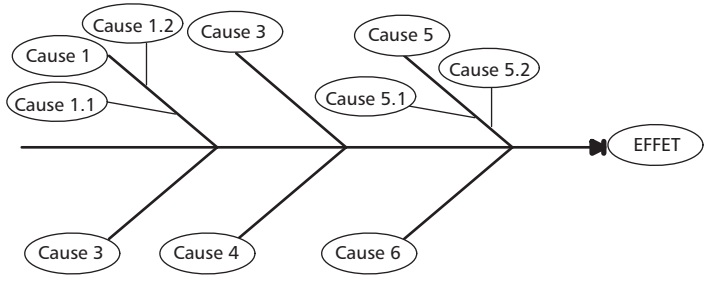


Figure 7.3 – Diagramme « cause-effet » ou diagramme d'Ishikawa.

Ce diagramme est utilisé en particulier au cours des séances de « brainstorming » dans le but de susciter des idées. En production, cinq grandes familles de causes sont privilégiées : machines, matière première, main-d'œuvre, méthodes ou processus, environnement ou milieu (les cinq « M » constituent un moyen mnémotechnique de s'en souvenir). Elles constituent alors les cinq flèches principales du diagramme, les causes secondaires sont alors définies et rattachées à chaque flèche principale.

7.2.5 Diagramme de corrélation (5)

Il sert à mettre en évidence le rapport cause-effet de deux variables, à la fin de faire ensuite une extrapolation.

On mesure sur un même diagramme, l'évolution de deux variables dont on peut penser intuitivement qu'elles sont liées. Sur le diagramme, les axes correspondent aux deux variables. Le nuage de points permet de déterminer si les deux variables sont ou non corrélées.

Exemple

Un taux de rebut est plus important sur certaines productions.

On pense, mais sans en être sûr que ce taux de rebut est lié au fournisseur d'une matière première. On pointe sur un diagramme le taux de rebut des différentes fabrications selon le fournisseur de la matière. La mesure, surtout sur une campagne un peu longue enlève toute subjectivité.

On peut calculer de même par le calcul un « coefficient de corrélation »[1].

7.2.6 Carte de contrôle (7)

La carte de contrôle (fig. 7.4) peut mesurer la dispersion autour entre deux valeurs ou bien seulement le passage au-dessus ou en dessous d'un seuil.

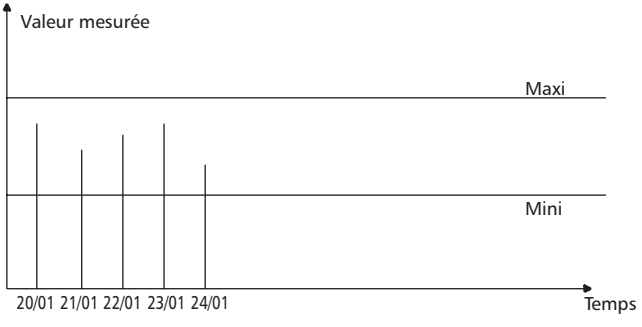


Figure 7.4 – Carte de contrôle.

Exemple

La feuille de température dans les hôpitaux et cliniques. Tant que la température du patient reste entre 36°7 et 37°6, le personnel ne fait rien. Les causes de dispersion sont des causes communes. Le passage à 38° ou en deçà de 36°5 nécessite une attention particulière, cette valeur étant certainement due à une cause spéciale.

La carte de contrôle est un des éléments de base de la maîtrise statistique des procédés détaillée en 7.4 ci-après.

1. Ou même un coefficient de corrélation multiple – cf. ouvrages de statistiques.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

7.2.7 Cercles de qualité

Les cercles de qualité ont pour but d'identifier les problèmes vécus au quotidien par les différents personnels, puis d'analyser et de proposer des solutions de résolution de ces problèmes. Il s'agit d'une démarche de management participatif, prolongement collectif et incitatif de la « boîte à idées » originelle.

L'efficacité d'un cercle de qualité dépend d'abord du groupe. Ces cercles de qualité sont particulièrement utilisés dans les projets SMED[1], TPM[2], amélioration du TRG[3].

7.3 AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité)

L'AMDEC est une méthodologie qui vise à transformer la maintenance corrective en maintenance prédictive. Elle doit permettre d'évaluer la fiabilité d'un matériel en analysant dans un premier temps de façon systématique les défauts que peut présenter ce matériel au cours de son utilisation puis d'améliorer dans un deuxième temps la fiabilité en modifiant les éléments susceptibles de causer ces défauts (**actions correctives**).

L'AMDEC est la traduction du sigle anglais FMECA : « Failure Mode, Effect and Criticality Analysis ».

La méthodologie AMDEC utilise un vocabulaire précis. On parle de :

– **défaillance** : non-fonctionnement ou fonctionnement non conforme aux spécifications. La défaillance s'exprime par une négation du besoin qu'il était prévu de satisfaire ;
– **mode de défaillance** : manière dont l'objet de l'AMDEC manifeste la défaillance. Un mode de défaillance est « perçu » par l'utilisateur. Chaque mode de défaillance fait l'objet d'une fiche d'enregistrement sur laquelle sont notées toutes les informations issues des analyses ;

1. Cf. section 9.3.1.
2. Cf. section 15.2.2.
3. Cf. section 21.5.

– **cause** : origine(s) de la défaillance. On utilisera avec profit le diagramme cause-effet étudié plus haut. La réponse est généralement multiple ;
– **effet** : conséquence de la défaillance pour l'utilisateur de l'objet étudié. Cet effet correspond dans tous les cas à un mécontentement éventuel du client ;
– **fréquence** ou **occurrence** : probabilité d'apparition d'un défaut ;
– **détection** : probabilité de constater l'effet de la défaillance avant de détecter la cause de la défaillance. La détection s'effectue via les contrôles et procédures de l'entreprise ;
– **gravité** : conséquence de l'effet de la défaillance sur l'utilisateur mesuré. Le niveau le plus élevé concerne la sécurité des personnes ;
– **criticité ou indice de criticité** : appelé aussi indice de priorité du risque (IPR) ou nombre de priorité de risque (NPR). C'est le produit occurrence × détection × gravité. Il caractérise le niveau de fiabilité du système étudié. Plus l'indice est élevé, plus le traitement du mode de défaillance est urgent.

Exemple

Tableau 7.2

Échelle (1,2,3)	Fréquence	Non détection	Gravité
1	Moins d'une défaillance par an	Rare	Sans conséquence
2	Une défaillance par an à une défaillance par mois	Possible et aléatoire	Usage dégradé Arrêt pour intervention
3	Une défaillance par mois (ou moins)	100 %	Usage impossible

Un indice de criticité de 27 (3 × 3 × 3) correspond dans cet exemple à un problème maximum.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On hiérarchise alors les problèmes selon leur indice de criticité, et on effectue des actions correctives pour toutes les défaillances dont l'indice est supérieur au niveau défini dans le cahier des charges.

Tableau 7.3

Analyse AMDEC						
Auteur :		**Date :**				
			Cotation			
Sous-ensemble affecté	**Mode de défaillance**	**F**	**D**	**G**	**IC**	**Action envisagée**

Il est souhaitable au-delà des fiches de recueils de données, d'alimenter une base de données qui permet une exploitation éventuelle selon différents axes (cf. ci-dessous), et la comparaison entre différents chantiers AMDEC[1].

1. Cf. chapitre 15 « Maintenance méthode RCM ».

La méthode AMDEC a été développée selon plusieurs approches :

– AMDEC « produit » : concerne le produit dans sa phase de conception et vérifie sa conformité au cahier des charges (étude des composants de la nomenclature) ;
– AMDEC « processus » : concerne les produits par rapport à sa réalisation et permet de vérifier l'impact du processus sur la conformité du produit (étude des opérations de la gamme de fabrication) ;
– AMDEC « ressource de production » : concerne la fiabilité des moyens utilisés dans la fabrication des produits. Il est à rapprocher dans le cas des machines du TRS (taux de rendement synthétique)[1].

À titre d'illustration, les études AMDEC correspondent à l'ajout d'un certain nombre de voyants sur le tableau de bord des véhicules (tableau 7.3).

7.4 Maîtrise statistique des procédés (MSP)

La maîtrise statistique des procédés[2] ou MSP est aussi appelée Statistic Process Control ou SPC. Elle est définie à partir de trois principes :

– le procédé ou processus élabore le produit. Celui-ci sera conforme ou non conforme au cahier des charges. On doit donc contrôler d'abord le processus et non le produit. On utilisera deux outils : les **cartes de contrôle** et la mesure de la **capabilité** ;
– le procédé n'est pas figé et évolue dans le temps ;
– les procédés ont tendance à se dégrader dans le temps et l'amélioration d'un processus doit être permanente.

Les procédés, si automatisés qu'ils soient, ne produisent pas toujours de la même façon. On note une **dispersion** des valeurs constatées autour d'une **moyenne**. Les causes de la dispersion peuvent être retrouvées parmi les « 5M »[3].

1. Cf. chapitre 21 « Suivi de Production » (21.3.3).
2. Inventée en 1924 par Walter A Shewart.
3. Cf. plus haut 7.2.4 « Machines, Matière première, Main-d'œuvre, Méthodes ou processus, Milieu ou environnement ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On distingue alors les dispersions :

– dues aux causes communes. Celles-ci correspondent aux causes de dispersion intrinsèques du procédé, et doivent donc lors de la mesure former une courbe de Gauss (ou en cloche) ;
– dues aux causes spéciales. Ces dernières sont irrégulières dans le temps et leurs manifestations. Contrairement aux causes communes les causes spéciales sont normalement peu nombreuses.

Le but de la MSP est d'identifier les causes spéciales, de les distinguer des causes communes et d'agir sur ces causes spéciales pour les éliminer.

En pratique, on constate des causes spéciales qui agissent sur le réglage de la valeur surveillée (déréglage de la cadence de frappe d'une machine par exemple) ou qui agissent sur la dispersion instantanée.

7.4.1 Carte de contrôle

Voir ci-dessus en 7.2.6.

7.4.2 Mesure de capabilité

La capabilité est une mesure du fait que les variations aléatoires de l'équipement ou du procédé restent à l'intérieur d'une plage conforme aux tolérances. Pour ce qui est du processus, il est important d'inclure les composants et l'ensemble des paramètres pouvant exercer une influence.

La capabilité d'un équipement est mesurée généralement sur une durée courte, afin d'éliminer les autres facteurs de variation (matière, etc.). La capabilité du procédé est mesurée sur une durée plus importante, mais elle ne peut être faite que si le procédé est correctement contrôlé.

On définit d'abord l'intervalle de tolérance, puis on mesure la dispersion. On en déduit la valeur de deux indicateurs principaux.

☐ La capabilité procédé *Cp*

Elle mesure de façon objective le rapport performance demandée sur performance mesurée :

$$Cp = \frac{\text{Intervalle de tolérance}}{\text{Dispersion du procédé}}$$

La dispersion est égale à 6 fois l'écart type. Le procédé sera donc déclaré « capable » si *Cp* est supérieur à 1,33.

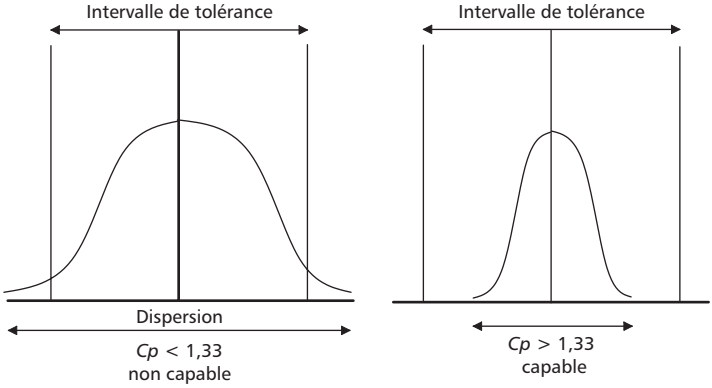


Figure 7.5 – Mesure de capabilité.

☐ L'indicateur de déréglage *Cpk*

Celui-ci comme son nom l'indique tient compte du déréglage, c'est-à-dire du décalage qui peut exister entre le centrage de l'intervalle de tolérance et la moyenne des mesures effectuées.

La formule en est :

$$Cpk = \frac{\text{Mini}((\text{Tolérance supérieure} - \text{Moyenne}),(\text{Moyenne} - \text{Tolérance inférieure}))}{\frac{1}{2}(\text{Dispersion du procédé})}$$

De la même manière, le procédé est déclaré capable si $Cpk > 1{,}33$.

En cas de réglage impeccable, $Cp = Cpk$.

Plus le déréglage est important et plus on peut constater un écart important entre *Cp* et *Cpk*.

La mesure de capabilité s'applique à tous les équipements permettant une mesure objective.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

7.5 La méthode et les outils six-sigma

Sigma (σ) est la lettre utilisée pour nommer l'écart-type pour une série de mesures sur une population donnée[1]. L'intervalle de confiance est lié à l'écart-type dans une loi normale selon la formule suivante :

– 99,73 % des cas sont compris entre la moyenne – 3 σ et la moyenne + 3 σ, ce qui signifie, dans le cas d'une production de 1 000 000 unités, 2 700 pièces en défaut ou ppm (parties par million) ;
– 99,994 % sont compris entre les moyennes – 4 σ et + 4 σ soit encore 60 ppm en défaut ;
– 5 σ correspond à 99,998 % soit 20 ppm, et 6 σ à 99,9997 % soit 3 ppm.

Au début des années 1980, la société Motorola a initié une démarche de maîtrise statistique des procédés (MSP) puis elle a construit à partir de là une démarche plus globale qu'elle a baptisée « Six-sigma », en référence à l'indicateur de performance visant à réduire la variabilité pour chacun des processus mis en œuvre. La démarche a ensuite été reprise par General Electric en 1995 puis s'est diffusée dans le monde à l'instar de ce qui s'était passé pour Toyota avec le Juste-à-temps. Le principe de la démarche repose sur :

– l'amélioration « par percée » (Hoshin ou « breakthrough management »), extension de l'amélioration continue (Kaisen) basée sur une remise à plat d'un ou plusieurs processus ;
– une approche basée sur les données enregistrées et une mesure systématique permettant de connaître la manière dont le système se comporte et la dispersion associée. En effet, comme il a été vu en 7.4.2, pour que la capabilité d'un processus puisse être prédite, celui-ci doit être stable et sous contrôle.

Au final, les résultats de Six-sigma comprennent :

– une diminution des ppm (c'est-à-dire du nombre de pièces par million en défaut),
– une réduction des cycles de production,

1. Voir les annexes mathématiques en fin d'ouvrage.

– un abaissement des niveaux de stocks moyens,
– une augmentation de la productivité.

Six-sigma propose une méthode en cinq points baptisée DMAIC (pour Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et Contrôler) dont la mise en œuvre consiste à :

– Définir (Define) : définir le périmètre du projet, le processus concerné, l'amélioration visée, puis à constituer l'équipe projet et rédiger le cahier des charges du projet.
– Mesurer (Measure) : rassembler les informations disponibles relatives à la situation existant avant le projet sur les sorties du processus et sur les paramètres à l'origine de la variabilité.
– Analyser (Analyse) : analyser les données et le processus, en déduire les causes origines (« root ») de la variabilité et les paramètres à mettre sous contrôle.
– Améliorer (Improve) : mettre en place des solutions pour corriger les problèmes identifiés dans la phase d'analyse. Un panel de différentes méthodes est recommandé, dépendant de la nature de chaque processus. On y retrouve en particulier les outils décrits plus haut en 7.2.
– Contrôler (Control) : mesurer à nouveau et évaluer les résultats de la phase d'amélioration.

Cette approche, au-delà d'un marketing très affûté (le projet est supervisé par un « champion » ou directeur de projet, animé par un ou des « black belts », ceintures noires, chefs de projet à temps plein, et les membres de l'équipe, à temps partiel, sont des « green belts »), a prouvé son efficacité, basée sur des faits mesurables, et sa rentabilité.

7.6 Non-conformités et actions

7.6.1 Non-conformités = non-satisfaction d'une exigence (NF EN ISO 9000)

« Une non-conformité est le non-respect d'une exigence définie dans la spécification du produit, du service, du processus de réalisation, ou

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

encore par rapport aux procédures décrivant le système qualité de l'entreprise.[1] »

Les non-conformités du produit ou du système qualité doivent pouvoir être détectées et notifiées par toute personne intervenant dans le système qualité. Elles sont déclarées par les services ou les clients.

En relation avec le système de gestion de la production, on crée donc un dossier de suivi des non-conformités et des suites qui y sont données.

Ce dossier comprend donc les enregistrements de non-conformités avec numérotation, date de création, de dernière modification, identification de la personne qui l'a créé, historique des actions passées sur la non-conformité jusqu'à la résolution du problème et à la clôture de la fiche (avec date de clôture).

Les non-conformités sont relatives à nombre des objets du système de gestion industrielle :

– tous les événements du flux de production : commandes clients, expéditions, commandes fournisseurs, réceptions, ordres de fabrication, envois et réceptions de sous-traitance ;
– tous les objets du système entreprise : fiches articles (dont les outillages), ressources de production. Les dossiers de non-conformités sont le moyen le plus efficace d'enregistrer les résultats des AMDEC.

Le créateur de la fiche de non-conformité doit informer la personne en charge du traitement de celle-ci. À ce stade intervient la notion de workflow intégré au système de gestion industrielle.

Le rapport sur le traitement des non-conformités est une des pièces nécessaires à la revue du système qualité de l'entreprise.

7.6.2 Action curatives, correctives, préventives, et suivi

Les non-conformités sont traitées *via* des actions.

La gestion des actions est un processus très général qui permet d'enregistrer, d'historiser, de valoriser des événements qui seraient sinon inconnus du système d'information.

Une action est un élément planifié ou non d'une activité.

1. Alain-Michel Chauvel, *Qualité : méthodes et outils pour résoudre un problèm*e, Dunod, 4e édition, 2006.

Le *Dictionnaire de la qualité* publié par l'AFNOR propose d'utiliser le vocabulaire et la hiérarchie suivants : un domaine d'activité est composé de métiers, un métier d'activités, une activité d'actions, une action de tâches, et une tâche d'opérations.

Une action est donc découpée en tâches. À ce titre on voit qu'un ordre de fabrication[1] est en fait une action d'un type particulier.

Une action peut être directe ou bien déclenchée à la suite d'une ou plusieurs non-conformités. Elle est toujours sous l'autorité d'un responsable identifié. Une action peut être créée de toutes pièces ou être générée dans l'ERP par des flux de gestion (par exemple réceptions fournisseurs, ou OF, ou sorties diverses de stocks).

Une action peut donner lieu à de multiples sources de coûts. Ces coûts sont enregistrés en dissociant coûts prévisionnels et réels, coûts liés aux achats ou à la valeur ajoutée. Les factures sous-traitants, les consommations de pièces détachées, les transports exceptionnels, les coûts de non-qualité liés à des ruptures ou des pannes, sont enregistrés dans le collecteur de coûts liés aux actions et sont affectés à un objet (code article pour le design et la fonction études, code outillage pour l'entretien et la maintenance moules, code machine pour les entretiens préventifs ou réparations, ou code gamme pour les AMDEC process par exemple).

Dans le cadre de l'assurance de la qualité, une action peut être curative, corrective ou préventive (NF EN ISO 9000).

Une action *curative*, ou correction, vise à éliminer une non-conformité détectée et existante (réparation, reprise, mise à niveau…).

Une action *corrective* vise à éliminer la cause d'une non-conformité.

Une action *préventive* a pour objet « d'éliminer la cause d'une non-conformité potentielle ou d'une autre situation potentiellement indésirable » (NF EN ISO 9000).

La *dérogation* est une action particulière. Il s'agit d'une « autorisation écrite de s'écarter des exigences spécifiées à l'origine pour un produit avant sa réalisation et autorisation écrite d'utiliser ou de livrer un produit non conforme aux exigences spécifiées, après production[2] ».

1. Voir chapitre 19.
2. ISO 8402.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les livraisons au client peuvent donc donner lieu à des dérogations. C'est souvent le cas pour les changements de version ou d'indice, et la dérogation peut se faire selon des critères de date (la version X.YY est autorisée à la livraison jusqu'au JJ/MM/AA) ou de quantité déjà produite (autorisation de livrer une quantité de *Q* unités selon l'indice X.YY avant la production du nouvel indice). Une dérogation est identifiée par un numéro de dérogation et associée à un client identifié.

Il peut y avoir plusieurs actions relatives à une même non-conformité, et réciproquement plusieurs non-conformités peuvent être traitées par une seule action.

7.7 Qualité et normes ISO 9000

7.7.1 Origine et définitions

Les normes de qualité imposent de :

– décrire ce qui sera fait (et le contenu doit respecter un « état de l'Art » issu des normes) ;

– faire comme il a été décrit.

Ces normes ont existé tout d'abord dans des secteurs particuliers de l'Industrie (normes militaires RAQ, normes ASME) avant d'être généralisées en 1987, puis modifiées de façon peu importante en 1994, par l'International Standard Organization (ISO), sous le nom générique de normes ISO 9000.

La conformité d'une entreprise à ces normes est alors assurée par des contrôles périodiques effectués par des organismes indépendants qui donnent lieu à une certification officielle. Cette certification est considérée comme nécessaire mais non suffisante par certains grands donneurs d'ordre qui effectuent chez leurs clients leurs propres contrôles ou « audit qualité ».

L'ISO 9000 (version 2000) regroupe trois normes :

– 9000 : système de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire.

– 9001 : système de management de la qualité – Exigences.

– 9004 : système de management de la qualité – Lignes directrices pour l'amélioration de la performance.

La norme ISO 9001 regroupe maintenant les normes ISO 9001, 9002 et 9003 qui existaient dans la version 1994.

Cet ensemble de normes impose en premier lieu la rédaction d'un manuel qualité et de manuels de procédures.

L'audit vérifie alors si :

– les procédures respectent les contraintes issues des normes;

– la réalisation est conforme aux procédures prévues.

Ces normes sont divisées en chapitres. Nous allons évoquer très succinctement le contenu de la norme ISO 9001, qui à elle seul justifie un ouvrage important.

Elle est divisée en neuf chapitres. Les cinq premiers sont relatifs à l'organisation de la norme : 0) Introduction, 1) Domaine d'application, 2) Référence normative, 3) Définitions, 4) Exigences en matière de qualité, et les quatre suivants correspondent aux anciens vingt chapitres : 5) Responsabilité de la direction, 6) Management des ressources, 7) Management des processus, 8) Mesures, analyses et améliorations (voir tableau 7.4 page suivante).

Le vocabulaire a été adapté à une vision système de l'entreprise. La version 2000 considère trois états :

Fournisseur → Organisation ou organisme → Client

Le terme « organisation » est utilisé pour désigner l'entreprise qui applique les exigences de la norme ISO 9001 (qui était auparavant désignée comme fournisseur, ce qui était assez troublant).

7.7.2 Statistiques qualité client et fournisseurs

L'application des normes de qualité suppose l'enregistrement dans le système administratif de statistiques relatives au respect des délais et à la conformité des livraisons[1].

1. Cf. aussi le 11.4.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Tableau 7.4 – Norme ISO 9001.

Titre du paragraphe de la norme	Commentaire
5) Responsabilités de la direction 5.1 Généralités 5.2 Besoins et exigences des clients 5.3 Politique qualité 5.5 Système de management de la qualité 5.6 Revue de direction	Ces paragraphes rappellent que la production est une activité qui concerne au plus haut degré la direction générale 5.5 Ceci implique la mise en œuvre de procédures écrites 5.6 Il s'agit typiquement d'une information seulement partiellement structurée, encore mal traitée aujourd'hui dans les ERP
6) Management des ressources 6.1 Généralités 6.2 Ressources humaines 6.3 Autres ressources	
7) Management des processus 7.2 Processus relatifs aux clients (dont 7.2.1 Identification des exigences du client, 7.2.2 Revue des exigences du client, 7.2.3 Revue de l'aptitude à satisfaire les exigences du client)	On se rend bien compte dans cet énoncé de l'imbrication des différentes fonctions de l'entreprise
7.3 Conception et développement (dont 7.3.2 Données d'entrée de la conception et du développement, 7.3.3 Données de sortie et 7.3.4 Revue de conception et de développement)	7.3 Fonction Études et plans mais plus généralement « il faut apporter une solution aux exigences incomplètes, ambiguës ou conflictuelles »
7.4 Achats (dont 7.4.3 Vérification des produits et/ou des services sous-contractés)	7.4 Des documents d'achat conformes imposent une liaison entre les commandes fournisseurs et la GPAO, présente dans les ERP
7.5 Prestations de service et de production (dont 7.5.2 Identification et traçabilité,	7.5.2 L'identification et la traçabilité supposent outre des gammes, des dossiers de lancement, des étiquettes, la notion de circuit de documents

Tableau 7.4 – Norme ISO 9001.

Titre du paragraphe de la norme	Commentaire
7.5.3 Manutention, conditionnement, stockage, préservation et livraison, 7.6 Maîtrise des non-conformités, 7.7 Services après-vente)	(assurance que le bon document est au bon moment au bon endroit) 7.5.3 Tenue des stocks, souvent avec gestion des lots, toujours avec politique de contrôle de conformité à l'entrée en stock Établissement de procédures dans le domaine de la manutention et du conditionnement, qui devient à part entière une étape du processus d'élaboration du produit
8) Mesures, analyses et améliorations 8.2 Mesures (dont 8.2.1 Mesures du fonctionnement du système, 8.2.1.1 Mesure de la satisfaction du client, 8.2.1.2 Audits internes, 8.2.2 Maîtrise des processus, 8.2.3 Maîtrise des biens et services, 8.2.4 Maîtrise des équipements de mesure, contrôle et d'essai) 8.3 Analyses des données 8.4 Améliorations (dont 8.4.1 Actions correctives, 8.4.2 Actions préventives, 8.4.3 Processus d'amélioration)	Obligation de préparer « des instructions de travail documentées »

7.7.3 ISO/TS 16949: 2002 (ex QS 9000) pour la production de série et de pièces de rechange dans l'industrie automobile

La norme QS 9000 avait été construite au départ aux États-Unis par General Motors, Ford, Chrysler et les fabricants de camions puis son successeur. L'ISO/TS 16949:2002 a été élaborée *via* un consortium comprenant le Groupe d'étude international de l'industrie automobile (IATF)

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

et l'Association japonaise des constructeurs automobiles (JAMA). Elle s'applique tant à eux-mêmes qu'à leurs fournisseurs (donc en particulier en Europe à tous les équipementiers tant de premier que de deuxième niveau) pour la production, les pièces et les matières. Elle avait été à l'origine construite à partir du manuel assurance qualité de Chrysler, des normes de système qualité Q-101 de Ford, des objectifs pour l'excellence de General Motors, et de la section 4 de la version 1994 de l'ISO 9001.

8 • MAGASINAGE ET STOCKS

Ce chapitre traite de la tenue du stock. L'optimisation de sa gestion est traitée aux chapitres 17 et 18.

8.1 Usage et intérêt des stocks

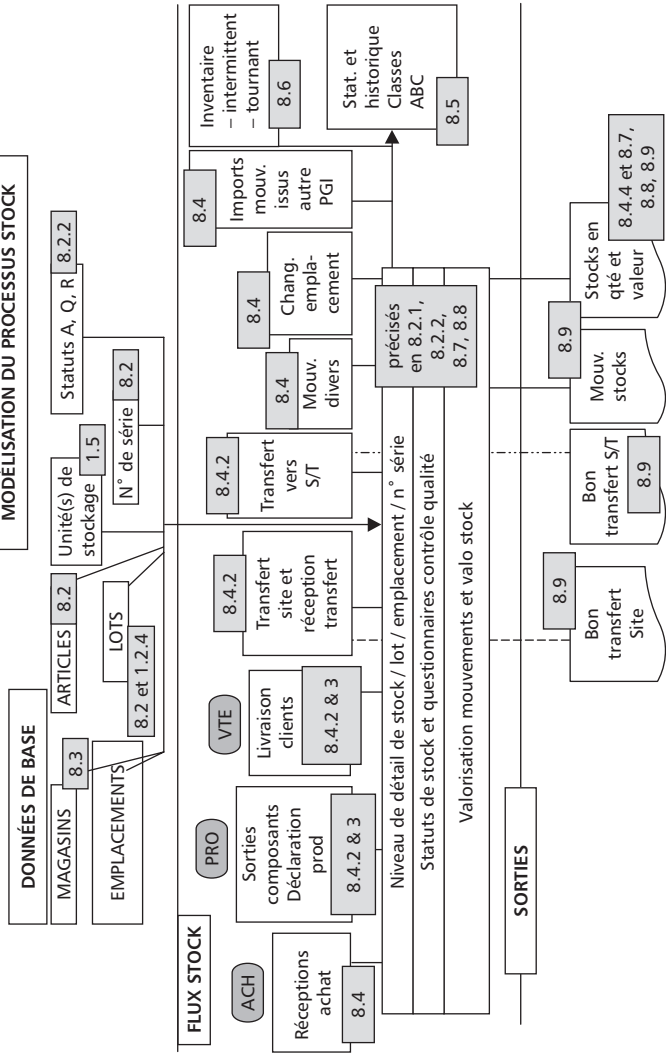
8.1.1 Définitions

■ **Stocks et « en-cours »**

Le plan comptable en donne la définition suivante : « Les stocks regroupent l'ensemble des marchandises, des matières ou fournitures, des déchets, des produits semi-ouvrés, des produits finis, des produits ou travaux en-cours et des emballages commerciaux qui sont la propriété de l'entreprise et qui ne sont pas destinés à être récupérés. » (art. 38 ter annexe 3 du CGI et PCG).

On appelle usuellement **« en-cours »** les articles dont les ordres de fabrication sont « en-cours » c'est-à-dire en cours de transformation et localisé en général au sein de l'atelier (fig. 8.1).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.



Nota bene

Les numéros dans les encadrés font référence au chapitre et au paragraphe dans lequel cette notion est traitée.

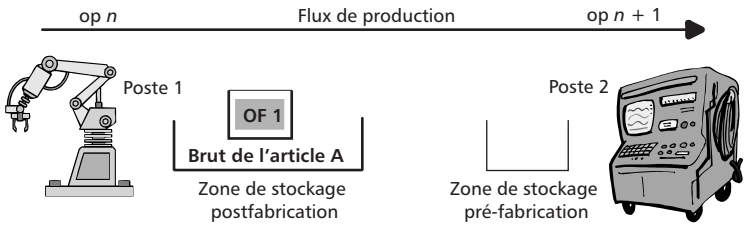


Figure 8.1 – Illustration de produit en-cours.

A contrario, les « stocks » correspondent à des articles codifiés, dans un état stable, usuellement entreposés dans des lieux différents de l'en-cours.
D'un point de vue comptable stocks et en-cours constituent un stock.

Exemple

Sur le schéma de la figure 8.1, le produit A est en-cours de fabrication, en attente d'être transféré dans la zone pré-production du poste 2, pour subir l'opération $n + 1$ de l'OF 1. Il n'est pas vis-à-vis du système d'information dans le stock mais dans l'en-cours.

■ Stock d'un article

Le stock d'un article, à un moment et à un endroit donné, est la quantité de cet article présente, mesurée dans une unité appropriée.

■ Stock d'un magasin

Le stock d'un lieu de stockage correspond à la somme des articles présents en stock dans ce lieu de stockage. Pour que la somme puisse être quantifiée de façon homogène, on exprime généralement le stock en valeur.
Le lieu de stockage pourra être appelé indifféremment **magasin** ou **dépôt**. Il sera subdivisé éventuellement en **emplacements**.
Dans la terminologie Gencod-EAN, le magasin est un ou plusieurs codes lieu-fonction de l'entreprise. Dans la terminologie Edifact, on parle de « party ». Les magasins peuvent donc être identifiés par un code EAN à 13 chiffres.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On doit distinguer les magasins qui contiennent des articles appartenant à l'entreprise de ceux contenant des articles appartenant à un client ou un fournisseur (stock consignation).

8.1.2 Pourquoi un stock ?

On verra en détail plus loin qu'un stock génère une charge pour l'entreprise, et quel est son coût. Il n'est donc justifié que si son absence générait des coûts plus importants.

Pour cela, il faut qu'une des conditions ci-dessous existe.

Au niveau des produits finis :

– variation de l'offre (capacité de production) ;
– variation de la demande (vente) et/ou incapacité à répondre dans le cycle commercial ;
– variation des cycles de fabrication.

Au niveau de l'approvisionnement :

– variation des cycles d'approvisionnement ;
– fabrication exigeant un travail par lots.

Le stock est alors un régulateur de cette (ou ces) variation(s). La prévision des flux de sortie (consommation) permet de fixer la valeur de régularisation donc le niveau minimum de stock.

Outre sa fonction principale, la régularisation, un stock peut aussi permettre :

– la diminution des coûts d'approvisionnement si le coût supplémentaire de stockage est inférieur à l'économie qui résulte de commandes de plus fortes quantités (on peut citer à ce sujet le succès des packs de 4, 6… dans les hypermarchés) ;
– la spéculation. Sur les produits à forte variation de cours, constituer un stock quand le cours est au plus bas est le plus sûr moyen d'avoir un coût d'approvisionnement minimum. Mais le fait de savoir à quel moment le cours est plus bas n'est pas l'objet de cet ouvrage ;
– une plus grande diversité de l'offre (mais le fait de multiplier le nombre de produits stockés n'est pas exactement la même chose qu'augmenter le niveau de stock d'un produit).

8.1.3 Inconvénients du stock

Cependant, constituer un stock n'est pas toujours ce qu'il y a de plus efficace. Ainsi :
– les produits stockés vieillissent, et ce phénomène peut les rendre impropres à leur destination (produits alimentaires avariés, couleurs ternies, oxydation…) ;
– on trouve des articles invendus en fin de vie du produit, qu'il faut alors éliminer du stock sans en tirer aucun profit (« rossignols ») ;
– enfin, ces produits stockés doivent être manipulés, demandent des surfaces de stockage, des magasiniers, une protection contre l'extérieur (vol, incendie, inondation…) et représentent des charges pour l'entreprise.

8.2 Définition des articles en stock, articles et lots

8.2.1 Articles stockables

Un article est stockable s'il peut être présent dans l'entreprise entre deux états de fabrication, ou avant la fabrication ou après celle-ci. Le stock d'un article peut être connu de façon plus ou moins précise selon les caractéristiques de cet article.
Le stock doit-il être connu :
– au niveau de l'article ?
– au niveau du lot ou du sous-lot (bain, coulée…) ?
– par coupe ou chute ?

Exemple

Trois morceaux de 1 mètre de barre d'acier correspondent à 3 mètres en stock mais si le besoin est d'un morceau de 1,10 mètre, le stock ne permet pas de répondre à la demande.

– par date limite de consommation (DLC) ?
– par numéro de série ?
– par état (en attente de réception, en quarantaine, contrôlé ok) ?

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Ceci procède de la définition de l'article[1] (et est lié aussi aux possibilités du progiciel de gestion). Un article « logique » mais n'ayant pas d'existence physique est stockable même s'il n'est pas magasinable (on ne peut le ranger dans un magasin).

Exemples

Une prestation effectuée et non livrée à un client peut être un en-cours, plus rarement un stock.

Un palan est constitué d'une poulie, d'un crochet et d'une chaîne dont la longueur varie avec la hauteur de plafond. On stockera les poulies, les crochets et la chaîne mais pas le palan en tant que tel puisque la longueur de chaîne à couper dépend de chaque commande client. Pourtant le palan est un article de l'entreprise, comportant un tarif…, mais cet article n'est pas stockable.

8.2.2 Statuts de stock (A, Q, R) et contrôles qualité

On distingue de manière générale un statut A (ou accepté), un statut Q (pour quarantaine ou qualité) pour des lots en attente d'une décision, et un statut R (pour rebuté, rejeté, « riblonné ») pour des lots pour lesquels la décision a été prise de ne pas les accepter et en attente de sortie définitive du stock.

■ Réceptions

Les articles achetés sont systématiquement soumis à un contrôle. Ce contrôle peut être effectué par le fournisseur (on est alors en assurance qualité produit ou AQP, et si une non-conformité apparaît *a posteriori*, la procédure de contrôle qualité à réception est réactivée – voir plus loin le chapitre 22).

La procédure de contrôle à réception impose donc à chaque lot réceptionné de l'être avec un statut Quarantaine ou Qualité (donc Q) qui permet de l'inclure dans le stock, mais ne le rend pas en l'état propre à être consommé.

Le contrôle qualité, une fois validé, permet un changement de statut dans un statut Accepté (ou A), qui rend le lot disponible pour la fabrica-

1. Cf. chapitre 1.

tion ou la vente. En cas de non-validation, le lot incriminé passe dans un statut Rejeté ou Rebut (donc R).
La fiche de contrôle qualité est le plus souvent liée à un certain nombre de caractéristiques liées aux documents administratifs (BL conforme à la commande…), au conditionnement (emballage, conformité de l'étiquetage) et enfin aux caractéristiques physico-chimiques des articles, celles-ci dépendant bien évidemment de chaque métier (densité, viscosité, dureté, aspect, etc.).
La non-acceptation du contrôle qualité donne lieu à une non-conformité. La non-conformité est ensuite traitée. Elle peut avoir un impact sur la pièce d'origine (réception fournisseur donnant lieu à un retour et un avoir, etc.).

■ Déclaration de production

En déclaration de production, la problématique est exactement identique. Le contrôle qualité porte d'abord sur la conformité du produit à ce qui est attendu (tolérance en mécanique, défauts d'aspect, caractéristiques physico-chimiques diverses). Le produit est analysé et donne lieu le plus souvent à un certificat d'analyse, joint au dossier de fabrication du lot, et établi avant le passage au statut Accepté.
Du point de vue de la tenue du stock, le changement de statut correspond à une sortie sur le statut de départ et à une entrée sur le statut d'arrivée.
Dans l'optique d'un stockage dynamique, optimisant la place au sol, l'utilisation de la notion de statut est de loin préférable aux conceptions basées sur des emplacements particuliers (zone de quarantaine, « prison », etc.).

8.3 L'organisation des magasins ou entrepôts

8.3.1 Introduction

L'optimisation de la distribution des produits et leur transport à l'endroit qui minimise les manutentions, la prise en compte dans le process de production de la mise à disposition au client ont révolutionné l'organisation des différents magasins.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On distinguera les magasins ou entrepôts, où l'on entrepose les articles pendant une durée variable, des plates-formes logistiques, dont la définition est beaucoup plus globale[1], et où en général l'on reçoit du matériel que l'on réexpédie dans un délai très court (quelques heures à 1 ou 2 jours). L'objet de ce paragraphe est limité aux magasins.

Les différents schémas d'organisation relatifs à une entreprise sont traités au chapitre 12.

8.3.2 Zones d'un entrepôt

Il est préférable dans une usine de prévoir un magasin de réception matières premières et composants différent de la zone d'expédition client. Le gain sur la simplification du flux de production est en général supérieur au supplément de complexité qui en résulte.

De plus la définition des modes de stockage peut être très différente pour les articles achetés et vendus.

■ Emplacements

À l'intérieur d'un magasin, il est préférable d'identifier les emplacements (ou « casiers » lorsque la surface est plus faible, ou « gisement » selon certains auteurs mais ce dernier terme est peu employé) par travée, rangée, et niveau. On appellera « gerbage » l'action de stocker les articles, le plus souvent sous forme de palettes ou colis, en hauteur.

L'organisation des magasins est souvent liée à un multiple des unités de stockage, qui peuvent être soient des unités de manutention (palettes, rolls, etc.) soient des unités de conditionnement (cartons, colis, boîtes…). L'organisation en Juste-à-temps impose pour chaque article un conteneur de transfert et de stockage. Les emplacements sont alors définis éventuellement avec leur capacité (en nombre d'unités de manutention plutôt qu'en volume).

Les articles sont alors stockés là où les emplacements sont utilisables. La tenue de stock peut alors indiquer les emplacements possibles, voire les

1. Cf. chapitre 12.

emplacements utilisés et la capacité des emplacements libres. Il est alors envisageable (parce que calculable) d'indiquer les emplacements à utiliser de préférence pour une réception ou une déclaration de production donnée. On parlera d'emplacements en mode non-affecté.

Enfin, lorsque la place nécessaire n'est pas trop importante (article de petit volume, ou stockés en vrac et non par palette), on peut raisonner avec des emplacements dédiés à chaque article. Un même article est alors toujours dans les mêmes casiers. On parlera d'emplacements en mode « affecté ».

■ Magasin « fermé » et « ouvert »

Le magasin peut être « fermé » ou « ouvert ». On dit qu'un magasin est fermé lorsque tout mouvement de sortie de stock fait l'objet d'un bon de sortie de stock et est enregistré comme mouvement dans le système d'information.

Les articles à valeur de consommation faible peuvent être considérés en magasin ouvert. Les articles sont ainsi distingués selon la nécessité et/ou la possibilité de mesurer ou non de manière réelle leur consommation.

Exemple

Les matières premières stockées en silo et distribuées automatiquement aux postes de travail n'ont pas forcément une consommation mesurable par produit. Le seul moyen d'apprécier leur consommation est une déduction théorique en fonction de la production du produit fini et de la nomenclature.

8.3.3 Procédures de réception et livraison[1]

■ Réception composants – caractéristiques

Les articles donnent lieu aux opérations suivantes :

– réception quantitative : contrôle de conformité entre le bon de livraison fournisseur et les colis reçus, avec émission de réserves éventuelles sur l'état des marchandises au déballage ;

1. Cf. section 12.4.1 « Distribution ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– réception administrative : contrôle de conformité entre le bon de livraison fournisseur et la commande passée ;
– marquage éventuel des colis ;
– contrôle qualitatif éventuel : la réception est alors marquée comme non disponible en attente du contrôle technique et de la validation ;
– rangement dans le stock, choix d'un emplacement, manutention ;
– entrée dans le système d'information donc dans le stock avec indication éventuelle d'état, et de date de mise à disposition.

■ Expédition – caractéristiques

Les articles issus des fabrications sont rangés dans le stock avec une procédure identique aux points c, d, e du paragraphe précédent. Le mode de classement dans le stock correspond le plus souvent à des familles d'articles.

Pour l'expédition aux clients on doit regrouper les différents articles des commandes à expédier. La préparation des commandes peut s'apparenter dans beaucoup de cas à une véritable opération de production (fig. 8.2).

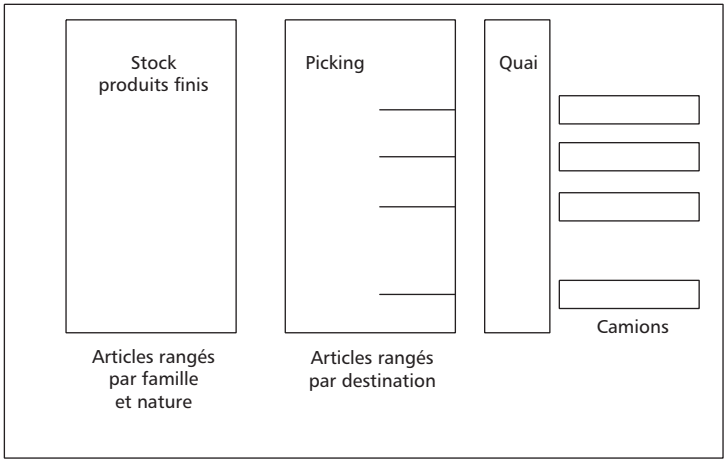


Figure 8.2 – Expédition et picking.

Exemple : fabrication de meubles

Dans un modèle donné le lit, l'armoire, les tables de chevets sont l'objet de fabrications différentes et stockés par article dans le stock produits finis. Lors de l'expédition, on regroupe ces articles ensemble pour le chargement dans le camion. Le chargement de plus doit être cohérent avec la tournée du chauffeur (ce qui est chargé en premier doit être déchargé en dernier). La tournée étant définie par ailleurs, le stock de *picking* permet de préparer les expéditions avant que le camion ne soit physiquement présent pour le chargement.

8.3.4 Les moyens de stockage et manutention

Puisque les opérations de manutention sont sans valeur ajoutée, la diminution de leur coût est une priorité de gestion. Les entrepôts « classiques » étaient constitués de hangars, d'étagères, de palans et de chariots élévateurs. Les magasins actuels permettent à la fois la fiabilisation du mouvement de stock, une réactivité maximale et un coût opératoire minimum. L'investissement en contrepartie est plus important.

Les rayons sont le plus souvent constitués de casiers à palettes. Ceux ci peuvent être fixes ou mobiles ou dynamiques (les palettes glissant sur des rouleaux, l'enlèvement se faisant en un seul endroit). La conception des rayonnages doit se faire conformément aux règles de calcul du Syndicat des industries du matériel et de la manutention (Simma).

On notera par exemple l'utilisation de :

– moyens de lecture optique (caméras + codes barres) ;
– chariots filoguidés ou à guidage laser ;
– bandes transporteuses, convoyeurs à bande et/ou à accumulation. Ils peuvent aussi charger directement les camions ;
– transstockeurs ;
– chariots élévateurs stock piqueurs (ils peuvent prendre ou déposer les palettes gerbées) ;
– palans, pont roulants, portiques ;
– bascules, le pesage des pièces pouvant souvent avantageusement remplacer le comptage ;
– robots de manipulation de conteneurs ou palettes.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le principe de base est d'identifier les colis, de les trier selon les manipulations à leur faire subir, puis de leur appliquer la méthode adaptée.

8.3.5 Dimensionnement d'un entrepôt (fig. 8.3)

Le principe est :

1. de déterminer pour chaque article le stock pris en compte ;
2. de calculer pour chaque article le volume en nombre d'unités de manutention ;
3. de déterminer la surface en fonction de ce nombre de palettes.

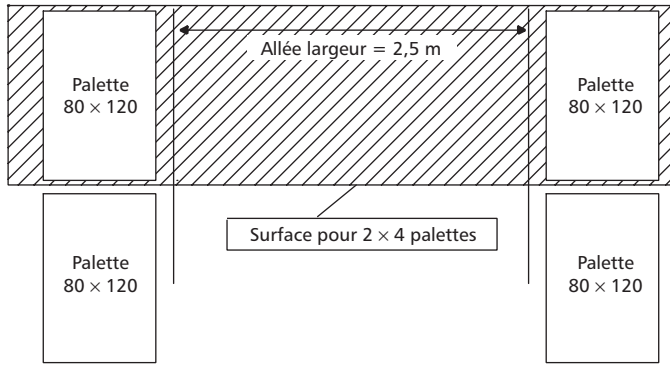


Figure 8.3 – Dimensionnement d'un entrepôt.

Exemple pour un article donné

Le stock maximal présent en l'entrepôt sera égal à stock de sécurité + taille du lot de réapprovisionnement (quantité économique ou besoin)[1]. On peut considérer que si le besoin est supérieur à la quantité économique alors l'expédition est immédiate, et simplifier en :

Stock maximum = Stock de sécurité + Quantité économique.

1. Cf. chapitre 17 « Stocks et en-cours de production ».

Soient par exemple 20 palettes. La surface occupée pour les deux côtés de l'allée et pour un gerbage de 4 palettes, pour une allée de 2,5 m de large[1], et en supposant 0,2 m d'intervalle entre 2 palettes sera de :

$(0{,}8 + 0{,}2) \times (1{,}2 + 0{,}2) + (2{,}5 \times (1{,}2 + 0{,}2) + (0{,}8 + 0{,}2) \times (1{,}2 + 0{,}2)$

$= 6{,}3\ m^2$ pour 8 palettes soit $0{,}7875\ m^2$ par palette et $15{,}75\ m^2$ pour 20 palettes.

En recommençant le calcul pour chaque article (l'unité de manutention pouvant être différente), on calcule la surface totale nécessaire.

8.4 Tenue des stocks

8.4.1 États et mouvements

Le stock à un instant t est caractérisé par un grand nombre d'articles, dans des quantités très diverses. Tout mouvement entre l'instant t et l'instant $t + x$ transforme le stock qui est alors dans un autre état (fig. 8.4).

Les mouvements de stock sont enregistrés dans des journaux. L'état du stock à $t + x$, peut donc normalement être retrouvé à partir de l'état du stock à t et des mouvements entre t et $t + x$.

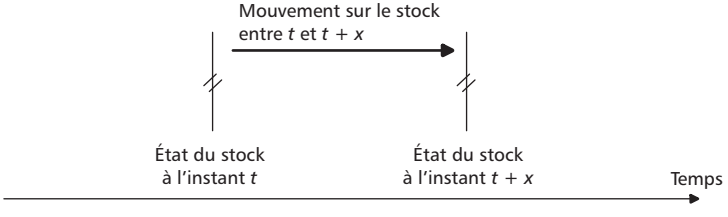


Figure 8.4 – Différence de nature en l'état du stock et un mouvement de stock.

1. « La largeur des allées ne doit pas être inférieure en sens unique, à la largeur du véhicule ou à celle du chargement augmentée de 1 mètre. En cas de circulation à double sens, elle ne doit pas être inférieure à deux fois la largeur des véhicules ou des chargements augmentée de 1,40 mètre. » (lettre ministérielle et guide technique du 19 octobre 1989), citée par Yves Pimor in *Logistique, techniques et mise en œuvre*, Dunod, 4e édition, 2005.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

8.4.2 Les différents types de mouvements

■ Introduction

La livraison effectue le transfert de propriété[1]. En conséquence, le mouvement administratif de renseignement du système d'information doit être effectué le plus près possible du mouvement physique.

Les mouvements sont de deux types : « entrées » et « sorties ». Les entrées concernent des mouvements en provenance d'un fournisseur et destinés aux stocks de l'entreprise, ou en provenance de l'atelier vers le stock. Les sorties concernent des mouvements du stock vers l'atelier ou du stock vers les clients.

Notons qu'une entrée négative (retour vers le fournisseur par exemple) n'est pas et ne doit pas être confondue avec une sortie (et de même une sortie négative (retour du client) n'est pas et ne doit pas être confondue avec une entrée). Ce n'est pas le sens algébrique du mouvement mais l'origine ou le destinataire qui permettent de qualifier le mouvement.

■ Mouvements avec fournisseurs

On parle de réception. Elle s'effectue généralement selon les étapes vues plus haut (8.3.3).

Pour augmenter la fiabilité et diminuer le coût, on peut agir sur les points suivants :

– préparer la réception en recevant le bon de livraison du fournisseur en avance par EDI (message DESADV) ;
– recevoir des colis déjà marqués avec la codification du produit (norme Galia ou Gencod par exemple) ;
– avoir codifié les emplacements possibles pour cet article et le système propose les emplacements disponibles ;
– valider le message déjà reçu (au point a ci-dessus) en ajoutant seulement les indications nécessaires plutôt que de tout ressaisir dans le système d'information.

Le retour d'une marchandise refusée donne lieu alors à une entrée négative.

1. Sauf cas particulier de clause de réserve de propriété.

Les entrées sont exprimées en unités d'achat, et converties ensuite en unités de stockage. Le stock est bien sûr tenu dans cette dernière unité. On verra ci-après qu'une réception comme toute entrée (positive ou négative) modifie la valeur unitaire en stock de l'article.

■ Mouvements avec les clients

Expéditions : elles sont précédées d'une opération de conditionnement et peuvent être effectuées en fin de fabrication. La sortie à destination du client peut être précédée d'un message à destination du client (AVIEXP ou DESADV) précisant l'heure prévue d'arrivée et les accords avec le client peuvent préciser si l'expédition doit être validée avant réalisation effective. Le bon de livraison effectue une sortie du stock.

Un retour client suite à une erreur de prix doit donner lieu à un mouvement spécial puisque la quantité n'est pas affectée mais la valeur du mouvement l'est.

■ Mouvements pour fabrication

☐ Sorties composants pour fabrication

Les mouvements à effectuer sont indiqués sur le dossier de fabrication : soit sur la liste à servir (nomenclatures longues) soit sur un document lié à l'opération (fiche suiveuse ou bon de travail), en fonction du repère opération auquel le composant est utilisé.

☐ Sorties composants pour sous-traitances

La mise à disposition du sous-traitant des composants de la fabrication impose de coupler l'envoi en sous-traitance et la sortie de stock des composants. On peut considérer que c'est un mouvement de pré-consommation (cf. ci-dessous), mais pour tous les composants liés à cette opération de sous-traitance.

☐ Envoi pièces en-cours en sous-traitance

L'envoi chez un sous-traitant pour une opération des pièces en-cours de fabrication (bruts, ébauches,…) ne doit pas donner lieu à un mouvement de stock puisque les pièces ne sont pas dans le stock mais dans l'en-cours. Toutefois un document doit accompagner l'envoi de ces pièces et permet d'assurer la traçabilité.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

☐ Déclarations de production

Elles interviennent en fin de fabrication, après acceptation par le système qualité. Elles ne doivent normalement pas être issues du système de suivi de production, le responsable du stock n'ayant pas les mêmes responsabilités que le compagnon effectuant la dernière opération et déclarant la fin de fabrication.

Tout article entrant en stock diminue l'en-cours de l'OF correspondant.

■ Mouvements de rectification

☐ Rectifications suite à inventaire physique

À la suite d'un inventaire effectué à une date donnée, la procédure de mise à jour du stock (à la date de l'inventaire) générera en cas d'écart un mouvement d'ajustement, afin de garantir la traçabilité des mouvements.

☐ Mise au rebut[1] (casse, pertes…)

La mise au rebut (à justifier pour des raisons fiscales) sera traçable via un mouvement spécial de sortie du stock, qui indiquera la cause de rectification.

Exemples

Démarque inconnue (vol).

Casse.

« Freinte » (variation de volume ou de poids due à un changement des conditions climatiques).

☐ Changement de magasin et/ou d'emplacement

Afin d'assurer la traçabilité du stock « à la date du », tout mouvement de changement de dépôt ou d'emplacement donne lieu à un mouvement de sortie sur le dépôt et/ou l'emplacement source, d'un mouvement de sortie sur le dépôt et/ou l'emplacement cible.

1. Un rebut est un article rejeté au cours d'opérations de fabrication, de transfert ou de stockage pour cause de non-qualité, de non-conformité au dossier de définition applicable pour la production, ou de non-conformité aux normes (Afnor NF X50-310).

8.4.3 Mouvements automatiques

En reprenant le même découpage que dans le paragraphe précédent on distinguera :
– des liens entre les approvisionnements et une opération de production ;
– des liens entre deux ordres de fabrication ;
– des liens entre la production et l'expédition client.

■ **Mouvements fournisseurs-production**

Dans certains cas d'approvisionnement en contremarque, le mouvement d'entrée fournisseur exécute en même temps la sortie sur l'ordre de fabrication concerné.

■ **Mouvements automatiques de production (pré-consommation, post-consommation)**

La pré-consommation concerne la sortie automatique lors du lancement d'une fabrication ou du suivi de production de la première opération des composants concernés pour la quantité de composé fabriqué.
Elle touche toutes les industries à cycle long et pour lesquelles soit la mesure de la quantité réellement consommée est impossible (cas des silos d'alimentation par exemple), soit la quantité consommée est exactement celle prévue par la nomenclature (activité d'assemblage par exemple).
La post-consommation consiste en la sortie des composants lors de la déclaration de production (et pour la quantité de composé fabriquée). Elle a l'inconvénient d'introduire un décalage entre la consommation réelle des composants (lors du début de fabrication) et leur sortie de stock (lors de la fin de fabrication). Elle ne concerne donc que des gammes pour lesquelles le cycle entre la consommation réelle et la déclaration de production est court.

■ **Mouvements automatiques clients : les nomenclatures de vente et le « kitting »**

Certaines activités consistent en une production à cycle et temps de production très faible, qui doit être exécutée seulement au moment de la livraison au client. Elles ne justifient donc pas de l'élaboration d'ordres de fabrication, mais le composé n'existe qu'au moment de l'expédition.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Afin de simplifier le traitement administratif, on élabore des nomenclatures pour la vente qui permettent de saisir le composé vendu (et non stocké) et de sortir du stock automatiquement les composants (stockés).

Exemple

Conditionnement à la marque du client et articles vendus à de multiples clients. En appliquant les préceptes de la différentiation retardée, les articles sont stockés en vrac, et conditionnés lors de la livraison. La boîte et les articles sont alors des composants de l'article produit fini typique de chaque client.

8.4.4 État du stock

■ Courbe de consommation et représentation usuelle

Dans la quasi-totalité des cas, l'évolution d'un stock est caractérisée par un plus grand nombre des sorties (consommation) que d'entrées (approvisionnements) (fig. 8.5). L'étude de la consommation montre une diminution discontinue du stock.

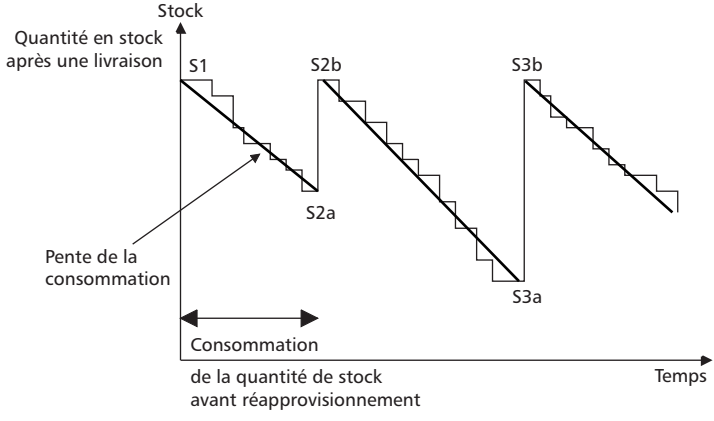


Figure 8.5 – Consommation du stock et linéarisation.

Toutefois, on peut remplacer dans la plupart des cas cette courbe en escalier par une droite. Cette opération de lissage se justifie d'autant plus que l'intervalle de temps entre deux approvisionnements est plus long. Dans ce schéma, on peut représenter l'évolution du stock par une courbe en « dents de scie ».

■ Stock moyen S_m

C'est le niveau moyen du stock sur la période considérée. C'est donc la demi-somme des stocks initiaux et finaux entre deux réapprovisionnements. Sur une période plus longue, le stock moyen est donné par la formule :

$$S_m\,(t_1 + t_2 + t_3 \ldots + t_n) = \frac{S_1 + S_{2a}}{2} \times t_1 + \frac{S_{2b} + S_{3a}}{2} \times t_2 \ldots + \frac{S_{nb} + S_{(n+1)a}}{2} \times t_n$$

Il n'est pas toujours facile de calculer ce stock moyen. Mais dans la pratique, et dans la mesure où les modes de réapprovisionnement ne sont pas erratiques, et interviennent rarement plus d'une fois par mois, on pourra effectuer une approximation légitime et se contenter de prendre la moyenne des stocks de début de mois.

■ Consommation annuelle

La consommation annuelle est la somme des sorties sur l'année. Elle est un des paramètres utilisés pour la gestion des stocks, et l'une des premières données issue d'une tenue des stocks.[1]

■ Taux de rotation et taux de couverture

À consommation égale, un stock coûtera d'autant moins que le niveau de stock donc que le stock moyen sera plus faible. On peut donc mesurer l'efficacité d'utilisation en introduisant le taux de rotation. Pour une

1. Cf. chapitre 17 « Gestion des stocks ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

période considérée, le taux de rotation exprime le volume des sorties rapportée au stock moyen :

$$\text{Taux de rotation} = \frac{\text{Consommation durant la période}}{\text{Stock moyen en quantité durant la période}}$$

On peut appliquer cette méthode à un groupe d'articles, voire au stock entier, si on exprime en valeur les expressions.

On peut également déterminer le taux de couverture, c'est-à-dire le nombre de mois ou de jours assuré par le stock moyen :

$$\text{Taux de couverture mensuel} = \frac{\text{Stock moyen}}{\text{Consommation mensuelle}}$$

On a alors :

$$\text{Taux de rotation annuel} \times \text{Taux de couverture mensuel} = 12$$

Remarque

Le taux de rotation est surtout utile pour analyser des résultats passés, le taux de couverture pour planifier l'avenir.

8.5 Méthodes de tenue de stock

8.5.1 Méthode ABC et paramètres

Pour classer et hiérarchiser les articles à gérer, on examine d'abord les articles dont la consommation en valeur est la plus élevée, et à terminer par les articles de consommation faible, pour lesquels le gain potentiel en valeur est beaucoup plus faible. La méthode pratique qui en découle, connue sous le nom d'analyse ABC[1], consiste à trier les articles par ordre décroissant de valeur de consommation en dressant le tableau 8.1.

1. Elle a été énoncée par H. Ford Dickie en 1951, à partir des travaux de Vilfredo Pareto..

Tableau 8.1 – Analyse ABC ou courbe de Pareto.

Code article	N° de classement 1 à N	Cumul nombre d'articles	Valeur annuelle consommée	Cumul des valeurs de consommation	Pourcentage cumul des valeurs
XXYY	1	8 750	10 825,00	11 825,00	1,07%
XXYA	2	5 677	8 578,50	19 403,50	1,75%
etc.	3				etc.

À partir de ce tableau, on constate en moyenne que la consommation des articles suit une « distribution de Pareto » et que :

– 10 à 20 % des articles représentent 80 % des valeurs de consommation (tranche A) ;

– 35 % des articles représentent 95 % des valeurs de consommation (tranche A et B) ;

– les 65 % d'articles restant ne représentent que 5 % des valeurs de consommation (tranche C).

De plus, un certain nombre d'articles ne fait l'objet d'aucun mouvement dans l'année et donc représente une valeur de consommation nulle.

La méthode ABC permet alors de fixer les priorités de gestion, et de déterminer des règles de gestion différentes pour les catégories A, B, et C.

On constate habituellement que le simple fait de commencer à gérer le stock à partir d'une analyse ABC permet de diminuer la valeur d'un stock d'au moins 20 %.

8.5.2 Niveau de précision de la tenue de stock

Lorsque les articles sont définis avec des détails tels que variantes, lots, numéros de série, coupes ou chutes, la question se pose du niveau de détail de la tenue du stock, c'est-à-dire des renseignements fournis au système d'information lors de chaque mouvement.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple : stock de pièces marquées

Le numéro de marquage est pour des contraintes de traçabilité indiqué sur chaque OF. Mais est-il nécessaire de tenir le stock avec l'identité de toutes les pièces, ce qui complique les entrées, les sorties, et les inventaires encore plus ?
On peut dans ce cas se contenter d'indiquer le numéro de marquage identifiant du lot au niveau d'un commentaire pour chaque OF et ne pas tenir le stock avec le détail par lot.

De la même manière, si l'identification des emplacements est toujours justifiée dans le magasin, la tenue du stock par emplacement ne l'est pas toujours. En effet, par exemple, si chaque article ne peut se trouver que dans un seul emplacement, il suffit de le préciser au niveau de ses paramètres de localisation sans répéter cette information lors de chaque mouvement de stock.
Par ordre de complexité croissante, on aura les cas suivants.
Pour chaque article, tenue de stock :

Avec lots/n° série…	Avec emplacements précisés
NON	NON
NON	OUI
OUI	NON
OUI	OUI

8.5.3 Critères de choix pour les sorties

Le principe de la sortie (et de la valorisation) en FIFO (First In, First Out) consiste à localiser les articles dont la date d'entrée ou de fabrication est la plus ancienne et de sortir ceux-ci. Ceci est particulièrement intéressant lorsque les articles sont susceptibles de « vieillir » (par exemple en cas d'existence d'une DLC ou Date limite de consommation).

La sortie en FIFO impose le plus souvent une tenue des stocks avec gestion des emplacements.

8.5.4 Mise en place d'une tenue de stock (ou d'un changement de procédures)

En cas de changement dans les procédures modifiant les enregistrements de mouvements de stock, on commencera toujours par vérifier l'exactitude des mouvements de stocks sur une période d'essai avant de déclencher une procédure d'inventaire physique (toujours très coûteuse). En effet, si les mouvements s'avéraient inexacts (oubli de certains mouvements, quantités erronées, etc.), l'inventaire de départ devrait être refait, le stock ayant été faussé par les mouvements. Le respect de l'enchaînement 1 = test des mouvements, 2 = inventaire est un facteur important de l'efficacité de la mise en place.

8.6 Inventaires

8.6.1 Obligations

L'inventaire d'un stock consiste à compter physiquement les articles dans les rayons du magasin et à comparer le nombre compté avec le stock administratif et comptable. En cas d'écart, il est nécessaire d'effectuer les régularisations qui s'imposent. À cette occasion, le responsable s'assurera de la bonne localisation des produits dans les emplacements. La législation oblige toute société à établir un inventaire au moins une fois par an. Celui-ci s'effectue généralement à la fin de l'exercice comptable, mais ce n'est pas une obligation, d'où les possibilités d'autres techniques que celle de l'inventaire intermittent.

8.6.2 Les différents inventaires

À tout moment, le gestionnaire du stock doit être capable de fournir l'état des stocks de l'entreprise, établi à partir d'un inventaire de départ et des mouvements enregistrés depuis.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Inventaire intermittent

Les mouvements de stock sont interrompus pendant le comptage des articles. La préparation de l'inventaire se fait par impression de listes d'articles présentées par emplacements sur lesquelles les opérateurs marquent le nombre d'occurrences de chaque article compté. Le comptage, opération fastidieuse et génératrice d'erreurs, sera avantageusement complété par une saisie sur terminal code barre. Ceci suppose un étiquetage préalable des références.

■ Inventaire tournant

Cette méthode consiste à effectuer un inventaire intermittent par famille d'articles de telle façon que sur un exercice, l'ensemble des articles ait été inventorié.

On prépare en général l'inventaire de telle façon que les familles soient inventoriées dans les périodes où le stock est le plus faible (minimisation du coût de comptage). Il est possible de définir des périodes d'inventaire différentes suivant l'importance des produits. L'inventaire comptable sera déterminé à partir de l'inventaire physique à dernière date d'inventaire modifié des mouvements enregistrés depuis.

Le remplacement de l'inventaire annuel par la technique de l'inventaire tournant suppose de surcroît une tenue de tous les mouvements de stocks.

■ Inventaire permanent

Le fait de tenir un stock informatique par enregistrement de toutes les entrées et les sorties a pour conséquence de tenir à jour en permanence les quantités en stock de chaque article. Si l'entreprise dispose de plusieurs magasins ou entrepôts contenant des articles identiques, l'inventaire permanent peut, matériellement, être présenté soit en donnant, pour chaque article, les stocks dans chacun des magasins avec un total au niveau de l'entreprise, soit en donnant, par magasin, le stock de chaque article, avec un total général au niveau de l'entreprise.

D'un point de vue légal il complète mais ne remplace pas l'inventaire physique effectué selon l'une des deux techniques vues ci-dessus.

■ **Mise à jour stock à partir de l'inventaire**

Suite à l'inventaire, on saisit le stock physique constaté et on le compare au stock théorique à la date de l'inventaire (donc corrigé des mouvements intervenus depuis). En cas d'écart, on passe alors automatiquement des mouvements de rectification à la date de l'inventaire.

Le livre d'inventaire qui donne à la clôture de l'exercice, les existants en quantité et en valeur, est obligatoire pour la comptabilité des stocks. Il peut être complété éventuellement des listes d'inventaires tournants sur lesquels ont été indiqués les résultats des comptages et le journal, qui enregistre tous les mouvements de stock dans leur ordre chronologique.

L'archivage des livres et des pièces justificatives est obligatoire pendant 10 ans à partir de la clôture de l'exercice auquel ils se rapportent.

8.7 Méthodes de valorisation

8.7.1 Dernier prix d'achat

C'est la méthode la plus simple à mettre en œuvre d'un point de vue administratif. Toutes les unités d'un même produit en stock sont valorisées au coût de la dernière unité entrée.

Cette méthode n'est pas très « juste » d'un point de vue économique. La valeur du stock reflète mal la réalité économique dès que les variations de prix ou de coût de production sont importantes sur les articles respectivement achetés et fabriqués.

8.7.2 Prix moyen pondéré ou PMP

C'est la méthode recommandée par l'administration fiscale. Elle présente l'inconvénient de valoriser à un prix intermédiaire deux unités du même article achetées à des prix différents. Mais la valeur du stock résiduel conserve bien son aspect de valeur pondérée.

$$\text{PMP} = \frac{(\text{Qté Stock} \times \text{ancien PMP}) + \text{Valeur enregistrée}}{\text{Qté Stock} + \text{Qté entrée}}$$

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les problèmes d'arrondi seront ignorés. Un problème plus épineux est posé par le décalage entre la réception et la date à laquelle on connaît la valeur de la réception.

■ **Exemple**

On achète 50 produits à 8,00 € puis 50 à 9,00 €. Le prix moyen pondéré sera :

$$\text{PMP} = \frac{(50 \times 9{,}00) + (50 \times 8{,}00)}{50 + 50} = 8{,}50 \text{ €}$$

Reprenons l'exemple en datant les livraisons :

11 février/xx 50 8,00 €
12 février/xx 50 (bon de réception sans facture)
13 février/xx – 40 8,00 €
14 février/xx 9,00 € (facture)

On a ainsi supposé que l'on reçoit la facture après avoir effectué une sortie. On a alors le PMP suivant :

$$\text{PMP} = \frac{(50 \times 9{,}00) + (50 - 40) \times 8{,}00}{50 + 50 - 40} = 8{,}83 \text{ €}$$

On voit donc que l'on n'obtient pas le même PMP.

Toutefois, au niveau global de l'entreprise, les erreurs introduites se compenseront d'une part, et d'autre part seront identiques d'une année sur l'autre. En conséquence, hormis la première année, l'erreur introduite par la méthode est très faible. La méthode est plus contestable lorsque l'article est soumis à des variations de court. Il est préférable alors de se tourner vers des méthodes de valorisation au lot (FIFO en particulier).

8.7.3 Coût standard

Lorsque les produits sont suffisamment répétitifs dans l'entreprise[1] pour donner lieu à une étude méthodes, on peut établir un coût prévisionnel

1. Production « fabrication pour stock » ou « assemblage à la commande », par opposition à la « fabrication à la commande ».

pour la quantité de valorisation[1]. Ce coût, établi une à deux fois par an est appelé standard.

Il sert de référence pour tous les mouvements de stock et permet d'éviter de polluer les coûts de revient des fabrications avec des variations de cours par exemple. Celles-ci sont enregistrées en comptabilité par des écritures exceptionnelles lors des nouvelles valorisations des produits.

8.7.4 Prix devis

À l'inverse, lorsque les articles stockés ne sont pas répétitifs le coût de revient réel, plafonné au prix devis ou au prix de vente permet de valoriser les fabrications au plus près de la réalité.

8.7.5 Prix de vente

La méthode de valorisation au prix de vente, entaché d'un coefficient global inférieur à un représentant la marge du distributeur est souvent la méthode la plus facile à appliquer dans la vente au consommateur final (grande distribution…).

8.7.6 Méthodes de valorisation par lot

■ FIFO (First in, First out)

La première unité entrée sera sortie du stock en priorité. L'avantage est de rapprocher la valeur du stock de la valeur de renouvellement au fur et à mesure de l'épuisement des lots les plus anciens. Un inconvénient majeur existe de par le fait de biaiser les coûts de revient lorsque la valeur des articles utilisés est ancienne; de plus les calculs sont plus complexes. En effet, la méthode impose de connaître le détail des lots en stocks et d'en surveiller l'épuisement.

■ LIFO (Last In, First Out)

La dernière unité entrée est celle qui sort du stock en priorité. Dans le calcul des coûts de revient la valeur des articles utilisés est récente. À

1. Cf. chapitre 23 « Coût de revient des fabrications ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

l'inverse, la valeur du stock est éloignée de sa valeur de renouvellement. Cette méthode tend à diminuer la valeur du stock en période d'inflation.

■ **MEFO (Most Expensive, First Out)**

L'unité la plus coûteuse entrée est celle qui sort en priorité. C'est la méthode de prix au lot la plus avantageuse fiscalement, puisqu'il ne reste toujours en fin d'année que les lots les moins chers. Cette méthode anglo-saxonne n'est pas autorisée en France (sauf peut-être dans certains secteurs très particuliers).

8.8 Stock en valeur

8.8.1 Valeur et taux de décote

Une fois choisi un mode de valorisation, le stock (ou l'inventaire, qui n'est que le stock à un instant *t*) se valorise en multipliant la quantité en stock par la valeur unitaire.

Toutefois la valeur du stock ne se fait pas en sommant seulement toutes les lignes du stock.

Le législateur demande d'indiquer sur le stock l'ensemble des articles en stock. Pour chacun, une première valeur « brute » est obtenue puis selon des critères variables en fonction des professions, une décote peut être appliquée pour les articles dont le taux d'emploi est très faible ou dont la probabilité de vente s'amenuise.

Exemples

Articles marqués au sigle d'un événement après l'arrivée de cet événement.

Calendrier de l'année après le 15-01.

Composants d'un produit après l'arrêt de commercialisation du produit.

Le principe est d'appliquer un taux de décote sur des critères objectifs validés par le commissaire aux comptes de l'entreprise ou les usages de la profession.

Exemple

Un accord existe entre le syndicat des fabricants d'outils coupants (forets, fraises, tarauds…) et le fisc pour l'application de taux de décote.

Après application du taux de décote on obtient la valeur nette du stock.

8.8.2 Méthodes de valorisation et stock comptable

La méthode de valorisation influe sur la valeur du stock pour la comptabilité mais a peu d'influence sur les variations d'une année sur l'autre. Pour cette raison, seul le changement de méthode de valorisation (en particulier quand un nouveau système informatique autorise une méthode que le précédent ne permettait pas, et qui permet une valeur plus proche de la valeur économique vraie, si tant est que celle-ci existe) est soumis à un audit et rapport du commissaire aux comptes.

8.8.3 Valorisation des en-cours

Lorsqu'un produit n'est pas terminé, il s'inscrit dans l'en-cours de fabrication et non dans le stock. La valeur de l'en-cours à une date donnée est déterminée par la somme des coûts réels enregistrés dans le système de gestion de l'entreprise, c'est-à-dire par les sorties de stock, les opérations d'atelier et de sous-traitance effectuées, les éventuels coûts divers directs affectés aux fabrications dont on enlève éventuellement les entrées partielles (si les produits ont été entrés dans le stock, ils doivent être enlevés de l'en-cours, la somme pour une fabrication donnée restant constante).

8.9 Documents liés aux stocks

8.9.1 Documents de mouvements

Les mouvements de stocks transitant par le domaine public doivent donner lieu à l'établissement d'un bordereau indiquant l'expéditeur et le destinataire (stock à destination d'un sous-traitant, magasin avancé fournisseur chez un client, transfert intersites, etc.).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Un récapitulatif des mouvements de la période (journal) doit permettre d'expliquer la variation des mouvements tant en quantité qu'en valeur.

8.9.2 État de stock

L'état de stock utilisé pour la valorisation doit pouvoir être établi rétroactivement. En conséquence, tout état de stock à la date t doit pouvoir être expliqué par un état de stock à la date $t - x$ et un journal des mouvements entre $t - x$ et t.

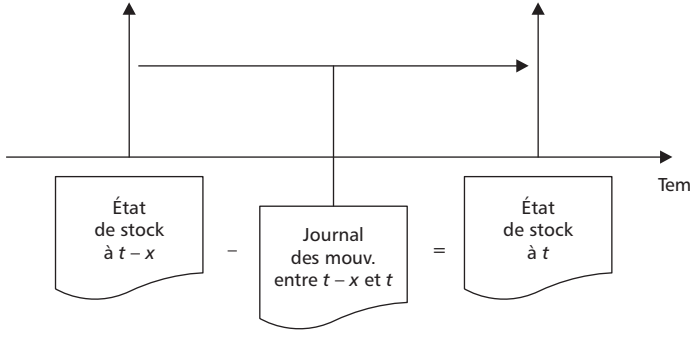


Figure 8.6

9 • PRODUCTION EN JUSTE-À-TEMPS

9.1 Principes du Juste-à-temps

9.1.1 Définitions

Le Juste-à-temps (JAT), traduction de *Just-In-Time* (JIT) est une approche (certains disent une « philosophie »), dont la vocation est de **produire ou acheter seulement ce dont on a besoin, et ce au moment où on en a besoin.**

Le Juste-à-temps est établi sur les postulats suivants :

1. Les gaspillages, c'est-à-dire tout ce qui n'apporte pas de valeur ajoutée au produit, doivent être éliminés. La valeur correspond à tout ce qui améliore l'usage du produit ou du service au client ou en réduit le coût pour le client.
2. L'implantation du Juste-à-temps est un processus sans fin, avec des paliers et d'éventuels retours en arrière.
3. Les stocks ne sont pas des actifs de l'entreprise mais au contraire un gaspillage. Ils cachent des problèmes à résoudre au lieu de permettre leur traitement.
4. La flexibilité dans la fabrication, comprenant une réponse rapide aux demandes de livraison, de la souplesse dans l'évolution des produits, et ou dans les changements de quantités à livrer, est essentielle au maintien d'une qualité sans faille et d'un coût compétitif.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

5. Le niveau de qualité est défini par le client. C'est lui qui élabore les critères d'évaluation du produit, doit conduire la conception des produits, et le système de fabrication. Ceci induit une tendance à la complexification des produits et à l'augmentation du nombre de variantes.
6. Une relation de confiance (de « partenariat ») est établie entre l'organisation, ses employés, ses clients et fournisseurs. L'entreprise devient « étendue ».
7. L'employé qui exécute une tâche est souvent la meilleure source pour l'amélioration de cette tâche. On doit utiliser le cerveau des employés et pas seulement leur force de travail.

En France, le terme « Flux tendus » est également utilisé comme synonyme de « Juste-à-temps ».

Le Juste-à-temps est une approche éclectique et empirique. Elle reprend à la fois des idées très anciennes et « relookées » et d'autres nouvelles. Elle est d'abord une approche expérimentale, qui valide « ce qui fonctionne ». Elle utilise un certain nombre de techniques et d'outils étudiés ci-après.

9.1.2 La chasse aux gaspillages (fig. 9.1)

Shigeo Shingo[1] a identifié sept formes de gaspillages :

– le stockage : le stockage d'un produit ou de ses composants augmente les coûts sans augmenter sa valeur ;
– les attentes : toute période dans laquelle le produit n'avance pas augmente le cycle de fabrication, donc le besoin en fonds de roulement de l'entreprise. De même, la non-utilisation de la main-d'œuvre augmente les coûts sans contrepartie ;
– les transports : les manutentions de transports n'ajoutent rien à la valeur mais sont génératrices de coûts ;
– les mouvements : déplacements des personnels, gestes superflus sont générateurs de coûts inutiles ;

1. Shigeo Shingo, *Maîtrise de la Production et Méthode Kanban : le cas Toyota*, Édition d'Organisation, 1983.

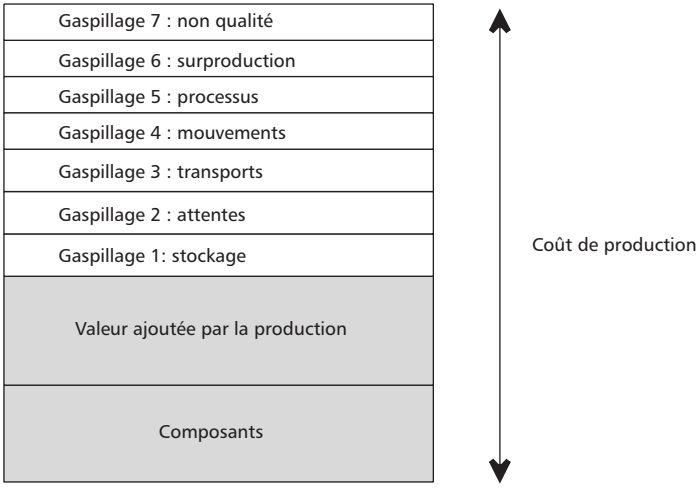


Figure 9.1 – Les gaspillages.

– le processus : la simplification des gammes[1] ou l'optimisation du chargement des postes de travail sont des facteurs d'économies ;
– la surproduction : toute production qui ne correspond pas à l'expression d'une commande ;
– la non-qualité : le pire des gaspillages. On produit pour jeter.

Dans l'organisation Juste-à-temps, toutes les techniques ont pour but l'élimination des gaspillages.

9.1.3 Les cinq zéros

Au début de l'introduction du Juste-à-temps il était commun d'introduire les objectifs du JAT par la formulation dite des cinq zéros :
– zéro stock,
– zéro délai,

1. Cf. exemple section 5.6.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– zéro défaut,
– zéro panne,
– zéro papier.

Outre le fait que le dernier (« zéro papier ») n'est pas forcément un objectif en soi, comme toute formule par trop simplificatrice, elle ne permet pas de bien introduire l'approche JAT.

9.2 L'organisation du cadre de travail : le « good housekeeping »

9.2.1 Les « 5 S »

À l'atelier taylorien classique se substitue l'image d'un atelier propre, rangé, sans rupture avec l'environnement du magasin ou des bureaux.
Les Japonais parlent à cet égard des 5 S (ou parfois des 6 S) :

– Seiton	Une place pour chaque chose.
– Seiri	Chaque chose à sa place.
– Seïketsu	Propreté (pas de balayeur).
– Seïso	Lavage et balayage.
– Shitsuke, Shukan	La discipline doit être une seconde nature.

■ **Seiton-Seiri : Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place**

Cette règle déjà en vigueur dans l'organisation taylorienne de 1920 est étendue des outils aux produits et surtout aux informations. Les postes de travail sont encombrés d'objets dont l'usage est rare ou inexistant. On éloignera du poste ou on détruira tout ce qui n'a pas d'utilisation quotidienne. On commence donc par étudier pour chaque objet sa fréquence d'utilisation. Pour définir un emplacement pour chaque chose, le repérage par étiquettes est une condition nécessaire du rangement. Il permet l'identification à la fois quand l'emplacement est occupé ou quand il est vide. Les surfaces au sol seront délimitées par des marques.
Les produits en-cours de fabrication sont stockés dans des conteneurs standardisés, identifiés, et indiquant leur provenance et leur destination.

■ **Seïketsu-Seïso : Maintenir propre et en ordre. Nettoyer**

La propreté des machines et de leur environnement devient l'affaire de tous. Les outils sont maintenus propres, lubrifiés, calibrés, affûtés, et rangés à l'emplacement prévu.

On nettoie les outils immédiatement après leur utilisation.

Lors du nettoyage des postes de travail, on répertorie la nature des salissures pour agir sur la cause ou déterminer des moyens appropriés à chaque type. Le but est dans un deuxième temps d'éviter de salir.

La responsabilisation des personnels est une des clés de la réussite de cette méthode. On aura à cœur d'éviter le syndrome « appeler l'équipe d'entretien ». Chaque employé ou équipe sera responsable du bon entretien et de la propreté de son aire de travail.

■ **Shitsuke : La discipline doit devenir une seconde nature**

Le maintien de l'ordre et de la propreté passe par la discipline, mais comme celle-ci n'est pas forcément innée chez toute personne, cette rigueur dans l'ordre et la propreté passe par des inspections ou « audits » réguliers. L'affichage des résultats obtenus (photographies avant après, gammes de nettoyage, résultats des audits et évolutions) permet de sensibiliser les personnels concernés.

9.2.2 L'élaboration des standards opératoires

La fluidité de la production, la diminution du cycle de production, la bonne régulation de la fabrication passent par la standardisation des opérations effectuées sur chaque poste de travail. La régulation des flux suppose aussi l'introduction facile de nouveaux opérateurs (correspondant à l'augmentation de l'importance du travail temporaire). Celle-ci sera facilitée par une disponibilité de l'information au niveau du poste de travail donc par une définition précise des standards opératoires. Ceci a été repris dans les normes ISO 9000 (définition écrite des tâches à accomplir).

Dans l'approche JAT, il appartient au contremaître de former les « travailleurs », et en conséquence celui-ci devra « rédiger les standards et les procédures opératoires »[1].

1. Taïchi Ohno, *L'esprit Toyota,* Masson (1990).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les standards concernés sont :
– les cycles de production ;
– l'agencement des postes de travail ;
– la réalisation des gammes opératoires ;
– la définition des stocks intermédiaires ;
– la définition des points et procédures de contrôle.

Dans l'organisation JAT originelle, le cycle de production est défini par :

$$\text{Cycle} = \frac{\text{Temps opératoire disponible du jour}}{\text{Quantité à produire chaque jour}}$$

Ainsi si la quantité à produire est différente, le cycle sera modifié. Cette quantité varie à chaque fois que la demande varie, c'est-à-dire à chaque fois que le poste aval modifie sa consommation.

9.2.3 Transports

À une culture d'**états** successifs de la production, se substitue une culture de **flux**. Pour cela le fractionnement des transports est une obligation dans une organisation JAT.
Le **conteneur standard** est l'unité de transport de tout composant ou produit. Les tapis roulants et convoyeurs automatiques, lourds et coûteux sont éliminés au profit de systèmes semi-automatiques ou manuels. Le Juste-à-temps a remis en évidence l'importance des systèmes logistiques.

9.3 Techniques issues du Juste-à-temps

9.3.1 Système SMED

La recherche de la **réduction des temps de changement d'outils** a donné naissance à la méthode **SMED** (pour Single Minute Exchange Digit ou Single Minute Exchange of Dies selon les auteurs).
Le temps de montage d'un outil sur une machine correspond au temps nécessaire pour que la machine change de production (de la dernière

pièce A bonne à la première pièce B bonne). La méthode SMED comporte quatre étapes :

1. Distinguer les tâches à exécuter pendant l'arrêt de la machine, appelées tâches internes, des tâches appelées externes parce qu'il n'est pas nécessaire de les exécuter pendant que la machine est à l'arrêt.
2. Rendre externes un maximum de tâches internes.
3. Réduire les tâches internes en éliminant les temps d'ajustage-réglage, en simplifiant les fixations, etc.
4. Réduire les temps externes.

De manière pratique, les axes d'amélioration peuvent concerner :

– la simplification des bridages. On évite au maximum tout ce qui se visse au profit des butées, cames, rainures, aimants, rondelles, ressorts, etc. ;
– la simplification et la standardisation des outils au poste de travail en limitant à une, deux ou trois au maximum, les tailles des têtes de boulons et écrous utilisés ;
– la suppression de certains réglages par :
  – la réalisation d'outils ou de formes spécifiques au produit ;
  – la mise en place de butées à positionnement rapide ;
– l'adaptation d'instruments de mesure au degré de précision et à la fourchette de tolérance souhaitée (exemple : remplacer une échelle graduée par un témoin bon-mauvais).

Remarquons que la façon la plus sûre de réduire les temps de réglage des machines est de ne pas à avoir à changer ces réglages. Il convient donc d'éviter de mettre au rebut des machines anciennes avant de s'être assuré qu'on ne peut pas continuer de les utiliser en mono-production, avec des réglages invariables, et de chercher à standardiser les composants, et organiser, à cet effet, une coopération étroite entre les services de conception des nouveaux produits et la fabrication.

De plus puisque le flux est prioritaire par rapport à la vitesse de la machine unitaire, on favorisera chaque fois que c'est possible une multiplication des petites machines plutôt que des machines de grande capacité.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

9.3.2 Les garde-fous (poka-yoke[1]) et les signaux (andon)

Comme l'arrêt d'une machine fait très vite baisser le flux de production, le JAT propose de mettre en place pour l'éviter des procédures d'auto-contrôle qui permettent de détecter les défauts et d'avertir les responsables.

Un poste de travail ainsi équipé détecte automatiquement les dérives par rapport à la production prévue, s'arrête et émet un signal (« **andon** » ou gyrophare) pour que le défaut soit corrigé le plus vite possible. Cette technique de l'auto-contrôle est dite également **« autonomation » ou « jikoda »**.

Ohno oppose l'autonomation à l'automation, par méfiance des automatismes « à l'occidentale » qui en cas de problème continuent de produire mais produisent des pièces de mauvaise qualité qu'on doit ensuite contrôler puis rebuter. L'accent est ici mis sur le contrôle au moment de la fabrication (zéro défaut).

On retrouve la notion d'« andon » dans celle de tableau de bord implantée maintenant dans les ateliers (systèmes de téléviseurs par exemple reproduisant l'état des postes de travail par connexion à un système de Suivi de production assisté par ordinateur : SPAO), qui permettent un **contrôle VISUEL** et rapide de la conformité entre ce qui a été planifié et la production réalisée.

Afin d'éviter que les défauts se produisent d'une part, ne soient pas détectés d'autre part, le JAT a introduit sur chaque machine des dispositifs de contrôle **« garde-fous » ou « *poka-yoke* »** qui contrôlent par exemple le positionnement des pièces ou des outillages. Le poka-yoke permet à l'opérateur de se concentrer sur sa tâche. Il existe trois types de poka-yoke :

1. Les contacts.

   Par exemple un plot de positionnement qui permet d'assurer un positionnement correct de l'article sur le poste de travail.

2. Le comptage.

   Un voyant lumineux indique une action non exécutée ou un défaut (exemple : dans les automobiles, les témoins de mauvaise fermeture des portes ou de non-bouclage de ceinture de sécurité).

1. En français on parle aussi de « détrompeur ».

3. Le verrouillage chronologique.

   Un verrou empêche une action si la précédente n'a pas été réalisée (exemple : on ne peut pas démarrer le process si le capot de sécurité n'est pas fermé).

9.3.3 Maintenance productive (TPM)

Issue historiquement du Juste-à-temps, elle est traitée au chapitre 15. Le principe est de diminuer les aléas de production en agissant en amont.

9.4 Flux tendus, flux poussés, flux tirés : l'organisation des flux de production

9.4.1 Flux tendus et organisation

Cette expression est synonyme de Juste-à-temps. On mesure la tension du flux par le temps passé entre la demande de production et la mise à disposition du produit. Une politique de flux tendus signifie une plus grande réactivité. Plusieurs indicateurs pourront être définis[1] exprimant la tension des flux. Pour permettre un écoulement plus rapide dans l'atelier, un certain nombre de mesures seront mises en œuvre :

– changement de l'implantation de l'atelier pour réduire les manutentions. Chaque fois que c'est possible une implantation en lignes de production ou en cellules remplacera une implantation en sections homogènes[2];
– réduction des temps de changement de série par diminution des temps de réglage (cf. méthode SMED infra) ce qui permet des lancements en lots plus petits (la quantité de lancement étant idéalement d'une unité);
– synchronisation de la fabrication pour que les composants, les sous-ensembles soient disponibles au moment où ils sont nécessaires.

1. Cf. section 4.3.3.
2. Cf. section 6.1.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

9.4.2 Flux poussés

Les flux poussés correspondent aux méthodes traditionnelles de fabrication. Le lancement détermine la date de début de fabrication, les approvisionnements nécessaires, puis à la fin de chaque opération l'OF est envoyé au poste suivant. Ce système suppose que le poste suivant est prêt pour accueillir cet OF et commencer la fabrication (fig. 9.2).

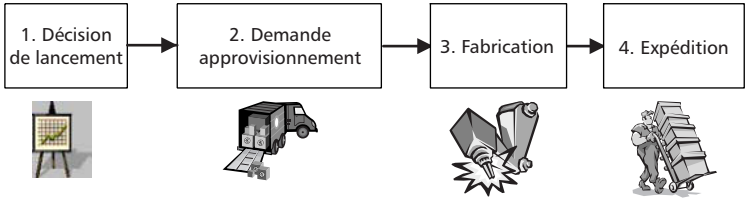


Figure 9.2 – Production en flux poussés.

9.4.3 Flux tirés ou appel par l'aval

La méthode de flux tirés à l'inverse correspond à un déclenchement de fabrication ou d'approvisionnement en fonction d'un signal issu du poste aval. La fabrication en flux tirés ne doit pas être confondue avec le Juste-à-temps même si elle en est un aboutissement logique.

Elle ne peut être mise en place que lorsque toutes les phases préalables ont été validées, phases d'organisation de l'atelier (simplification des flux, SMED, mise en lignes de production…) et des relations fournisseurs[1] (commandes ouvertes…). Elle n'est pas utilisable dans un environnement de flux complexes, une implantation en sections d'atelier, de temps de transit élevés (fig. 9.3).

Exemple

Le client d'un supermarché prend un baril de lessive dans un rayon; le manutentionnaire constatant l'absence de ce baril va rechercher dans le stock

1. Cf. chapitre 12.

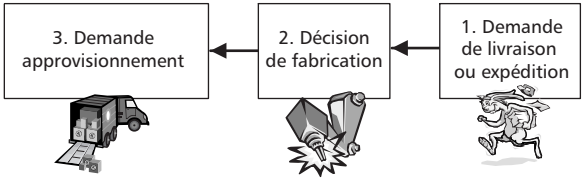


Figure 9.3 – Production en flux tirés.

du magasin un nouveau baril pour le mettre en place ; le magasinier constatant l'absence d'un baril dans son magasin contacte le grossiste qui le livre. Immédiatement ; ce grossiste contacte l'usine de production qui remplit un baril de poudre ; la diminution du niveau de cette poudre dans le silo lance une nouvelle production qui déclenche une demande aux fournisseurs, etc.

Le système du supermarché consiste donc à ne fournir que des articles qui se vendent. Comme il n'est pas toujours possible de ne produire que sur commandes, la commande sera en fait définie comme le remplacement du produit vendu.

L'appel par l'aval peut être mis en place entre deux postes de travail entre un client et un fournisseur, entre un transporteur et un atelier…

Il existe plusieurs méthodes de gestion en flux tirés[1] : le *kanban* générique, le kanban spécifique, le renouvellement de consommation (RCS), le lancement synchrone[2].

Une conséquence de l'appel par l'aval est un report du stock chez celui qui le crée, c'est-à-dire le fournisseur. Le client le rend ainsi responsable de sa flexibilité par rapport aux besoins de ce client.

9.5 Taille des lots : principes

Le principe de l'appel par l'aval est de tendre vers un lot le plus petit possible (et idéalement d'une unité). Toutefois il semble difficile de descendre

1. Cf. chapitre 13 « JAT et kanban ».
2. Cf. chapitre 13 « JAT et kanban ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

en dessous du nombre d'unités d'un conteneur puisque celui-ci est l'unité de transfert au sein de la ligne de fabrication. On peut distinguer trois cas de figure :

1. En cas de demande régulière, la taille du lot sera le plus souvent d'une journée de production.
2. En cas de cadences élevées ou de pièces volumineuses la taille du lot correspondra à la taille des conteneurs manutentionnables.

Exemple

Chez un constructeur de véhicules industriels, la taille du lot de carters est de 22 unités. Le lot d'engagement (correspondant au nombre minimum de pièces avant changement de référence sur la ligne) est de 3 conteneurs soient 66 pièces. Cette dernière valeur a été calculée en première approximation selon les principes de la formule de Wilson (comparaison coût de lancement et coût de stockage).

3. En cas de demande plus faible, la taille du lot peut correspondre à quelques jours de fabrication, sans jamais dépasser 1 mois.

En cas de recomplètement des consommations, et d'utilisation de kanbans, la taille du lot va servir ensuite à déterminer le nombre de kanbans[1].

9.6 Théorie des contraintes (TOC)

9.6.1 Goulots d'étranglement et méthode OPT[2]

La théorie des contraintes[3] et la méthode pratique qui en est à l'origine (méthode OPT) correspondent à une gestion de l'atelier par l'élimination des « goulots d'étranglement ». Les « goulots » sont des ressources de production qui ne permettent pas de répondre aux besoins des clients. OPT est basée sur les dix règles suivantes :

1. Cf. chapitre 13 « JAT et kanban ».
2. OPT : Optimized Production Technology est une méthode née à partir de 1980 des idées de Elyahu Goldratt et popularisée par l'ouvrage *le But,* Éditions Afnor.
3. En anglais TOC : Theory Of Constraints. Elle a été établie par Elyahu Goldratt dans le but de séparer les concepts utilisés du logiciel OPT lui-même.

1. **Le niveau d'utilisation d'une ressource qui n'est pas un goulot d'étranglement est déterminé non par sa propre capacité mais par une contrainte du système.**

   En effet, les ressources non-goulot d'étranglement ne devront jamais être utilisées à 100 % de leur capacité car elles surchargent alors les ressources goulot, augmentent alors les coûts d'en-cours et rigidifient les flux.

2. **Utilisation et activité d'une ressource ne sont pas synonymes.**

   Activité : faire ce qu'il y a à faire, ce qui est nécessaire.

   Utilisation : utiliser la machine, même si cela ne correspond pas à un besoin précis.

   Dans OPT comme dans le Juste-à-temps originel il est préférable de ne pas travailler s'il n'y a rien à faire que de créer de la surproduction.

3. **Une heure perdue à un goulot d'étranglement est une heure perdue pour tout le système.**

   Comme les capacités pratiques des ressources non-goulot dépendent directement des ressources goulot, l'utilisation à 100 % des ressources goulot doit être une priorité.

4. **Une heure gagnée à une ressource non-goulot d'étranglement est sans valeur[1].**

   Puisque la capacité est limitée par les ressources goulot, une heure gagnée sur une ressource non-goulot n'a pas de conséquence sur la capacité globale.

5. **Les goulots d'étranglement régissent à la fois le débit et les stocks à l'intérieur du système.**

   La méthode OPT estime que les en-cours sont proportionnels à la charge de travail nécessaire pour maintenir les goulots en production.

6. **Le lot de transfert ne peut pas, et très souvent ne doit pas, être égal au lot de fabrication.**

7. **Le lot de fabrication doit être variable et non fixe.**

1. « Is just a mirage » dit le texte originel.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Ces deux règles sont relatives à la taille du lot. Dans la production classique, celui-ci devait être soit optimal en cas de stockage (méthodes P et Q) soit le plus grand possible si on ne stocke pas (méthode MRP). Dans le JAT au contraire on essaie de créer des lots les plus petits possibles.

La méthode OPT établit des tailles de lots de façon dynamique en calculant les coûts, mais aussi en augmentant la taille du lot sur les machines goulot et en la diminuant sur les machines non-goulot pour réduire le cycle et les stocks.

8. **Capacité et priorité doivent être prises en compte simultanément et non pas l'une après l'autre.**

   Ceci nous rapproche des méthodes de placement au plus tôt à capacité finie ou de simulation dynamique de file d'attente étudiées au chapitre 20 (20.4 et 20.5).

9. **Équilibrer le flux, pas la capacité.**

   La méthode OPT est opposée à l'équilibrage de la capacité des lignes de production mais propose au contraire comme la méthode JAT un équilibrage des flux.

10. **La somme des meilleures performances individuelles n'est pas égale à la meilleure performance globale.**

    Les plannings doivent être établis en considérant toutes les contraintes simultanément. Les cycles sont alors le résultat d'un calcul et ne peuvent être prédéterminés. Il s'agit de mesurer la performance de l'usine sur la base des entrées et sorties du système, et pas les performances individuelles localisées qui peuvent fausser l'efficacité de l'ensemble.

9.6.2 Conséquences de la théorie des contraintes

Dans l'utilisation de la théorie des contraintes, gammes et nomenclatures sont liées au travers d'une seule représentation arborescente (chaque composant est attaché à une opération comme il a été vu au 2.2.2 ou 5.6.1).

De la même manière les commandes clients sont liées au réseau gamme-nomenclature. Chaque opération de la gamme est liée aux sections et à leurs capacités, aux quantités minimum de lancement, aux sections

éventuelles de remplacement. On doit alors identifier dans ce réseau les goulots d'étranglement. L'optimisation du débit ne doit se faire que sur ces goulots.

La généralisation de la théorie des contraintes précise que l'objectif est de faire en sorte que les contraintes dues au marché ou aux clients doivent être les seules réelles contraintes restantes. Les autres étant sous le contrôle de l'entreprise doivent pouvoir être éliminées.

10 • LES FLUX EXTERNES INTER-ENTREPRISES

10.1 Les tiers : clients et fournisseurs

Réaliser une transaction industrielle et commerciale met en relation plusieurs intervenants : un client, un fournisseur, éventuellement un ou des intermédiaires (transporteur, transitaire, prestataires divers…). Afin de simplifier ces relations, une normalisation internationale a été établie sous la responsabilité de EAN International[1]. Les différents intervenants sont identifiés par la notion de « lieux-fonctions ». La codification internationale qui en résulte s'exprime par le code EAN (European Article Numbering) qui comprend deux zones :

– deux caractères numériques pour identifier le pays où se trouve la société et le système de numérotage utilisé ;
– une deuxième zone de cinq caractères numériques pour identifier la société. Ces cinq caractères sont attribués nationalement par l'EAN.

1. EAN signifie European Article Numbering Association. EAN a pour objet d'établir :
– un système de codification des données qui permette une identification unique ;
– un système de représentation des informations complémentaires (numéro de lots, date, mesures physiques) ;
– un système de codes barres standard pour l'information qui peut être lue par ce moyen ;
– un ensemble de messages pour l'échange de données informatisé (EDI) : les messages.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le code UPC (Universal Product Code) est l'équivalent de l'EAN aux USA. Il comporte deux zones :

– un caractère numérique pour identifier le système de numérotage utilisé ;
– une deuxième zone de cinq caractères numériques pour identifier la société.

10.1.1 Fonctions et codes lieux-fonctions

Un lieu-fonction désigne une entreprise ou un service d'une entreprise qui intervient dans la réalisation d'une transaction commerciale… À chaque lieu-fonction est également associé le nom d'une personne et un moyen de contact (téléphone, télécopie, e-mail) (fig. 10.1).

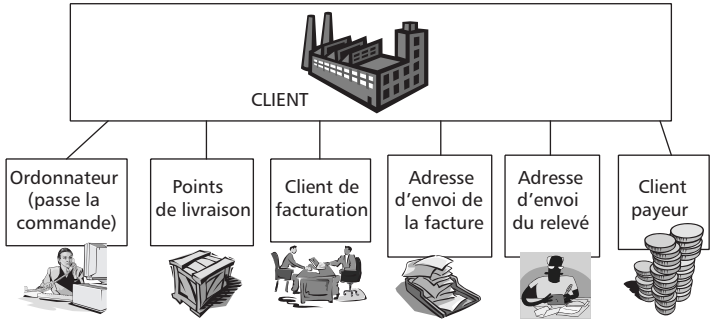


Figure 10.1 – Lieux-fonctions définissant un client.

Une filière est la réunion de plusieurs lieux-fonctions nécessaires à la réalisation d'une transaction globale.

On distingue une filière « fournisseur » qui regroupe a minima :

– le lieu où passer commande (« commander à ») ;
– le lieu où envoyer le règlement correspondant (« régler à »). Le « réglé à » peut par exemple identifier une société d'affacturage.

Au sein de la filière client, les lieux-fonctions les plus utilisés sont :

– l'ordonnateur (ou « commandé par ») ;

– le point de livraison (ou « livrer à ») ;

– l'adresse de facturation ou (« facturer à ») ;

– l'adresse d'envoi de facture peut aussi être différente de l'identifiant à facturer, de même que l'adresse d'envoi de relevé ;

– le client payeur (ou « réglé par »).

On constate qu'à l'antique définition du client ou du fournisseur « unique » s'est substituée une notion plus complète (et plus complexe) qu'il s'agit de gérer dans tout le système d'information.

La déclaration des lieux-fonctions d'une entreprise à une autre entreprise se fait en EDI via le message PARTIN.

Ces définitions interviennent de façon importante en gestion industrielle en particulier dans la définition des expéditions et dans les liens entre la commande client, les documents de fabrication et le bon de livraison.

10.1.2 Données liées aux tiers

Un certain nombre de données doivent être communes à la gestion commerciale et la gestion industrielle dans l'entreprise.

Au-delà des données de noms et adresses des différents lieux-fonctions (cf. ci-dessus), il en est ainsi par exemple :

– des données liées à la tarification achat et vente utilisées pour les coûts de revient de production ou les calculs de tarifs de vente issus des coûts de production ;

– des données liées aux articles chez le tiers concerné (code de l'article chez le client…).

Des regroupements de clients pourront être établis pour simplifier la gestion des données administratives. Ainsi l'établissement d'un tarif au niveau d'une enseigne ou d'un groupement permet de largement simplifier la mise à jour et la gestion des tarifs.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

10.2 Traçabilité

10.2.1 Introduction

La traçabilité est « l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité au moyen d'identifications enregistrées »[1].

L'augmentation des exigences des consommateurs conduit le responsable à justifier l'historique d'un produit depuis sa genèse jusqu'à son usage final. La traçabilité, du composant jusqu'à l'utilisateur final permet d'augmenter la sécurité, de diminuer les aléas, et au bout du compte de satisfaire le client.

La notion de traçabilité pour un article est intimement liée à celle de « lot » c'est-à-dire au triplet (article, quantité, date), la date étant celle de fabrication ou d'approvisionnement. Il s'agit de déterminer l'ensemble[2] des articles appartenant à ce lot. Si un des constituants du lot montre un défaut, le problème consiste à retrouver la totalité des composants du lot dont on suppose, leurs caractéristiques étant identiques, qu'ils sont plus susceptibles que les autres de présenter un défaut similaire.

Exemple

Lors d'un contrôle de routine, une pièce de sécurité montre un défaut non pas d'usure mais de conception sur un véhicule. Ce défaut est-il unique, ou bien affecte-t-il l'ensemble des véhicules correspondant au lot de fabrication ? Seul un contrôle systématique peut éventuellement permettre d'éviter le pire. La traçabilité va permettre le déclenchement de ce contrôle.

Lors de chaque fabrication il est alors souhaitable de constituer un dossier de traçabilité répertoriant l'ensemble des lots impliqués dans cette fabrication. Pour ce qui est de la composition du produit (donc des composants et composés), le marquage est le signe extérieur d'appartenance à un lot donné. Le lot lié au processus est le plus souvent matérialisé à l'intérieur du dossier de traçabilité.

1. Norme ISO 8402.
2. Au sens mathématique.

Au stade ultime le lot correspond à un article unique (un numéro de série), il matérialise l'ensemble des caractéristiques de composition et de fabrication d'un seul article fabriqué et livré et permet d'apporter la preuve indéniable de l'origine d'un produit ou d'une caractéristique de ce produit.

Exemple

La crise dite de la vache folle a fait prendre conscience de l'importance de la traçabilité. À ce jour, lorsqu'un animal est détecté comme présentant les symptômes de la maladie, le troupeau entier est abattu. On suppose ainsi que l'animal malade appartient à un lot pour lequel les conditions d'élevage ont été similaires, donc a une probabilité forte de développer la même maladie. Si on connaissait :

– le lot de farine ayant généré la maladie (traçabilité amont) ;

– les animaux ayant ingéré de ce lot de farine (traçabilité de production) ;

on pourrait imaginer de n'abattre que les animaux appartenant à un sous-lot beaucoup plus faible (on suppose ici que le seul vecteur de transmission de la maladie est la nourriture, les spécialistes seuls pourront en débattre).

Notons enfin que les exigences de traçabilité sont les plus fortes dès qu'il s'agit de la sécurité des personnes.

10.2.2 Traçabilité amont

Il s'agit de l'identification du lot pour chacun des composants impliqués dans la réalisation du produit.

Exemples

Numéro de coulée pour les aciers (attribué par le fournisseur).
Numéro de bain pour les papiers peints.
Numéro de réception (attribué par le client).

En cas de problème soit lors de la fabrication, soit lors de l'utilisation, et lorsque le problème est dû à une caractéristique physique du composant, il permet de retrouver l'ensemble des produits fabriqués avec ce lot de composant.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les numéros de lots sont soit marqués sur le composant (et de préférence de manière pérenne) soit enregistrés dans le dossier de fabrication. Il en est ainsi par exemple du numéro de marquage (numéro de coulée des barres d'acier), effacé par les opérations d'usinage.

10.2.3 Traçabilité de production et livraison

Il s'agit alors de la traçabilité du processus c'est-à-dire :
– du lot des pièces ayant subi ensemble une même opération de fabrication (dans l'atelier ou en sous-traitance) ;

Exemple

1. Lot de stérilisation : certaines pièces sont envoyées en stérilisation. Au sein d'un même OF si on envoie les pièces en plusieurs lots, on doit identifier les pièces qui ont subi la même opération de traçabilité. En cas de défaillance, seules les pièces du sous-lot sont incriminées.
2. Nucléaire ou aéronautique : dans ces secteurs le chevauchement d'opérations entre deux postes de travail n'est pas autorisé, même si le cycle de fabrication s'en trouve allongé. Ainsi, les pièces de l'OF sont fabriquées avec une seule fiche d'instructions techniques qui accompagne le contenant de pièces à fabriquer, et par un seul opérateur (ou sinon on crée deux, trois, *n* sous lots) et dans les mêmes conditions de réglage machine.

– du lot des pièces conditionnées ensemble ;
– du lot des pièces expédiées ensemble.

Le nombre de sous-lots dans un lot peut vite devenir un problème très complexe. Seul un suivi informatique du dossier de fabrication et conditionnement peut permettre de résoudre les cas courants.

Exemple

L'agroalimentaire comme la pharmacie sont des domaines où les exigences de traçabilité sont très fortes. Prenons le cas d'une boîte de conserve :
– un premier numéro de lot est attribué à la feuille d'aluminium dans laquelle sont découpés les fonds ;
– un deuxième numéro de lot correspond au couvercle ;
– un troisième numéro de lot correspond au corps de la boîte ;

– les opérations de soudure font apparaître (au moins) un quatrième numéro de lot.

Le lot de fabrication est donc l'intersection d'au moins quatre numéros de lots. L'enregistrement des données doit permettre en deux étapes, de retrouver à partir d'un numéro unique marqué sur la boîte d'abord tous les numéros de lots associés à ce premier numéro, ensuite toutes les boîtes de conserve concernées par le défaut constaté sur le premier article.

Le numéro séquentiel de colis (SSCC) utilisé par la norme EAN permet d'identifier l'unité logistique.

10.2.3 Traçabilité aval

Il s'agit de la traçabilité au moment de l'utilisation par le client final.

Exemple

Un patient récemment opéré sur lequel une prothèse a été implantée présente une infection. L'analyse effectuée montre qu'il s'agit des conséquences d'un défaut de la prothèse, consécutif à un traitement de surface défaillant. Les exigences de traçabilité imposent non seulement de retrouver les pièces incriminées, mais aussi de savoir si elles ont été « implantées » c'est-à-dire utilisées et si c'est le cas de retrouver les patients concernés afin de les réopérer avant qu'ils ne développent à leur tour l'infection.

10.2.4 Traçabilité et marquage

■ Introduction

Le marquage est indissociable de la traçabilité. Il doit être intégré de manière fusionnelle avec le système d'information de gestion de production. Chaque produit unique peut ou doit (selon les métiers) recevoir plusieurs marquages selon les besoins.

On distingue ainsi :

– le marquage du produit;

– le marquage du carton de conditionnement;

– le marquage de la palette d'expédition.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

En fin de fabrication le système envoie les informations au système de gestion des entrepôts et de gestion commerciale.

■ Marquage Gencod-EAN

Le marquage Gencod-EAN comprend à la fois le marquage du produit, et celui des unités logistiques. Dans la norme Gencod on parle pour le produit d'unité consommateur, c'est-à-dire l'unité la plus élémentaire qui est ou peut-être présentée au consommateur[1].

Le code EAN 13 du produit est marqué en général par pré-impression de l'emballage. Le code EAN 8 remplace la code EAN 13 sur les petits produits pour lesquels la place disponible est trop faible pour le code EAN 13.

L'étiquette logistique (colis et palette) regroupe toutes les informations utiles pour « identifier, suivre, stocker et gérer l'unité logistique »[2] a été définie au format A5 (148 × 210 mm) ou A6 (105 × 74 mm) et est positionnée sue les quatre faces verticales de l'unité logistique.

Pour codifier l'unité logistique, on peut attribuer à l'unité logistique un code EAN 13 spécifique, ou construire un code à 14 positions (code EAN 13 de l'unité consommateur précédé d'un chiffre de 1 à 8) appelé DUN 14.

L'étiquette logistique comprend trois parties : la zone personnalisée de l'entreprise (logo), la zone centrale réservée aux informations en clair, la zone inférieure réservée aux codes-barres. Elle contient le numéro séquentiel attribué au colis (SSCC[3]), le code de l'unité logistique lorsqu'il est standard (EAN 13/DUN 14), et des informations liées à la fabrication (dates, numéro de lot ou de série, mesures physiques liées à l'unité logistique), des données relatives au client, des données relatives au transport (numéro expédition, lieu-fonction du « livré à », code postal…) (fig. 10.2).

1. Cf. chapitre 12 « Distribution et ECR ».
2. Gencod-Ean France « Code à barres & EDI », 1997.
3. Serial Shipping Container Code.

Zone
de
logo

FROM Fabricants réunis
ZI bonne Pratique
69130 Ecully

TO Distributeur
rue de l'Entreprise
92100 Boulogne

CONSIGNMENT (No expédition)
30145312001001234567 8

SHIP TO POST (code postal)
92100

EAN No
2345120012346

Best Before(DLUO)
26-10-2001

LOT
3725YB

SSCC
3 345312 123567890 0

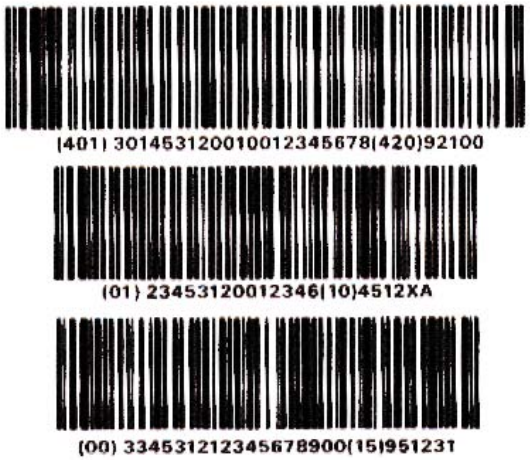


Figure 10.2 – Exemple étiquette logistique Gencod-EAN[1].

1. Exemple repris à partir des documents EAN France.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Marquage GALIA

Dans le domaine de l'automobile, le système de marquage Galia[1] permet d'affecter un numéro d'étiquette unique (analogue au SSCC de l'EAN) pour l'unité de conditionnement ou celle de manutention (fig. 10.3).

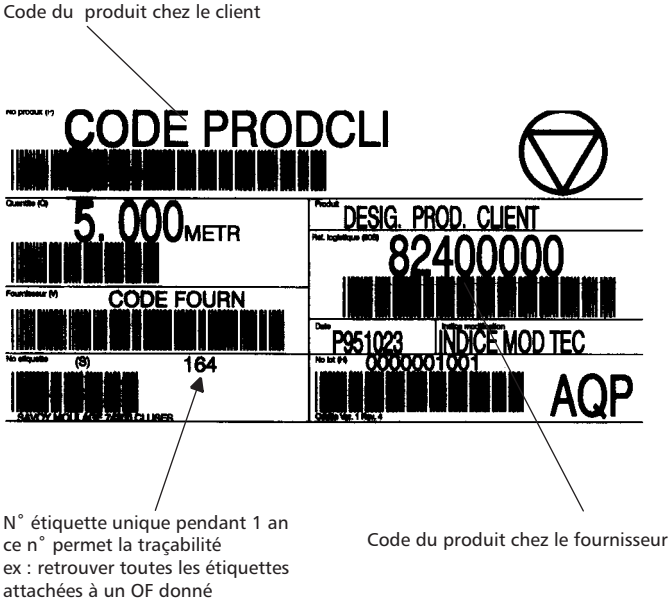


Figure 10.3 – Étiquette Galia de conditionnement.

On remarque que le système d'information du fournisseur doit contenir les informations du client (code article chez le client, code du fournisseur chez le client) donc l'importance des échanges de données entre les deux systèmes d'informations.

1. Galia : Groupement pour l'amélioration des liaisons dans l'industrie automobile.

Le marquage n'est toutefois que la partie émergée de l'iceberg. Il ne se conçoit pas sans le système de traçabilité associé et un système d'étiquetage seul ne saurait être suffisant dans ce domaine.

10.3 EDI : normes Galia et Edifact

10.3.1 EDI – généralités

L'EDI[1] n'est pas spécifique à la gestion industrielle. Toutefois elle a pris une telle importance dans ce domaine qu'il est nécessaire d'en décrire quelques caractéristiques.

Les objectifs de l'EDI sont multiples :

– objectif de coût de revient des informations échangées et traitées ;
– objectif de délai par la transmission instantanée (« temps réel ») des informations ;
– objectif de qualité par élimination des perturbations éventuelles dans la ligne de communication (pas de saisie multiple, normalisation des types de messages échangés…) ;
– objectif de progrès par structuration des organisations internes aux entreprises amenées à pratiquer l'EDI.

Dans le domaine industriel et commercial, deux types de normes existent à ce jour Galia et Edifact (et son sous-ensemble EANCOM pour le commerce). Toutefois depuis 1997 ces deux normes tendent à se rapprocher, la norme Galia reprenant les structures et les caractéristiques propres à Edifact. À terme, on peut supposer que la norme Galia sera un sous-ensemble particulier à l'automobile de la norme Edifact.

Le message envoyé par un ordinateur A doit être compris par l'ordinateur B. Pour cela, on va convenir d'une méthode d'envoi, de codage et de présentation des données. On définira un ou plusieurs protocoles d'échanges de données, qui seront définis à plusieurs niveaux ou

1. Échange de données informatisé ou Electronic Data Interchange.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

couches, conformément au modèle OSI. Le vocabulaire de l'EDI est fondé sur le dictionnaire des éléments de données commerciales des Nations-Unies (dictionnaire UN/TED – norme ISO 7372).

Le problème principal posé par la communication entre deux informatiques distantes et pas forcément coordonnées est celui de la disponibilité de l'ordinateur distant, dans chaque sens (envoi ou réception) de la liaison. Les protocoles sécurisés utilisent des réseaux particuliers. Une évolution (en-cours) tend à l'utilisation d'Internet pour la transmission des messages (avec un certain nombre de problèmes non encore réglés tant pour la sécurité que pour la garantie du délai d'acheminement).

Pour émettre un message du site n° 1 vers le site n° 2 le processus sera le suivant :

1. préparation des données à envoyer par extraction des données administratives du serveur de gestion n° 1;
2. émission d'un fichier du serveur n° 1 vers la station n° 1;
3. traduction du fichier reçu pour le mettre à la norme convenue;
4. émission d'un message de la station EDI N° 1 vers le serveur correspondant au réseau du protocole utilisé (par exemple serveur Général Electric, serveur Renault, service ALLEGRO, etc.);
5. émission d'un message du serveur EDI vers la station EDI n° 2;
6. traduction du fichier reçu par la station pour enlever les trames spécifiques de chaque norme EDI et ne laisser que les parties applicatives;
7. émission d'un message de la station n° 2 vers le serveur de gestion n° 2;
8. intégration du message reçu dans le système administratif de gestion de l'entreprise n° 2.

10.3.2 Messages et segments

Les entreprises en relation établissent un accord, appelé « accord d'interchange », précisant les messages utilisés. Un message est un ensemble ordonné de segments ou de groupes de segments. Un segment est un ensemble ordonné de données (fig. 10.4).

Un message est défini par :

– son code (sur 6 lettres);

– sa version (D96a edifact, V4 galia) ;
– sa forme ; cette forme peut s'exprimer soit sous une forme graphique, soit sous une forme textuelle (cf. figure 10.4).

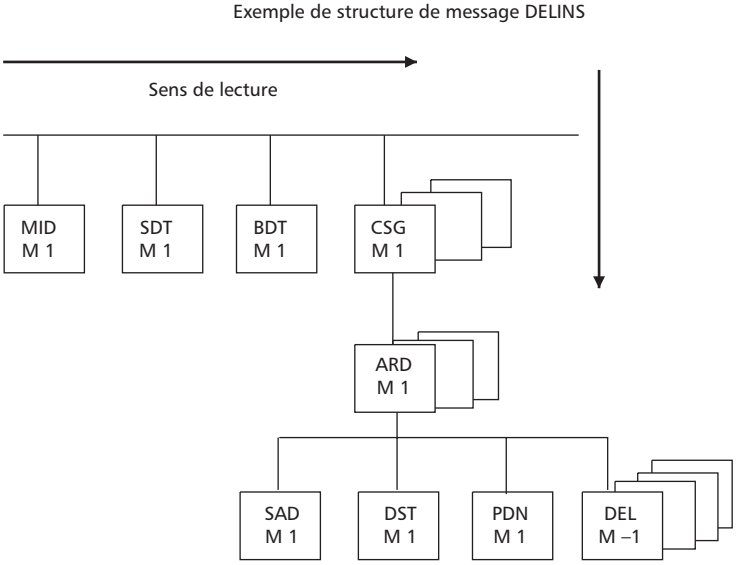


Figure 10.4 – Structure d'un message EDI – exemple : DELINS.

Les messages les plus couramment utilisés dans l'industrie et la distribution sont pour la norme Edifact :
– PARTIN (party informations) : informations sur les codes lieux fonction ;
– PRODAT (product data) : informations sur les produits ;
– ORDERS : passage d'une commande du client au fournisseur ;
– ORDRSP (order response) : réponse à une commande ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– DELFOR (delivery forecast) : plan d'approvisionnement ou instructions de livraison ;
– DESADV (despatch advice) : avis d'expédition ;
– INVOIC : facture ;
– INVRPT (inventory report) : mouvements de stocks ;

et pour la norme Galia :
– DELINS (delivery instructions) : appel de livraison ;
– AVIEXP : avis d'expédition ;
– KANBAN : appel de livraison par l'aval ;
– INVOIC : facture.

MOUSTO et BALSTO (mouvements et balances de stocks) sont à ce jour (12-99) en-cours de remplacement par INVRPT (origine Edifact).

Un message contient en général 15 à 30 segments différents.

Un segment est codifié sur trois caractères. On distingue les segments de services (en particulier de début et de fin de message) des segments utiles. Un segment a toujours la même forme, il est formé de zones élémentaires et de zones groupées. Une zone peut contenir des valeurs définies par le client et le fournisseur (par exemple les identifiants de noms des lieux-fonctions du segment NAD) ou des valeurs normalisées (donc à choisir dans une liste de valeurs prédéfinies). Les zones à liste de valeurs prédéfinies ont dans le dictionnaire TDED un code impair (exemple : zone 6 411 – unité de mesure contenant les valeurs PCE, KGM, etc.).

Le coût de l'EDI dans les entreprises est d'autant plus élevé que le nombre de transcodages des données est important. Ce coût diminue donc fortement si la structure des données de l'entreprise est normalisée sous une forme compatible avec l'usage de l'EDI (donc avec le dictionnaire UN/TED 7372 – cf. ci-dessus).

Un traducteur EDI assure la bonne forme des messages pour l'acheminement et la réception. Il enlève les segments de services et transforme le fichier EDI en un fichier texte importable ensuite dans les bases de données de gestion.

10.4 Supply Chain Management et modèle SCOR

10.4.1 Supply Chain Management

Le concept de « Supply Chain Management » ou SCM ou gestion intégrée de la chaîne logistique vise à gérer et planifier les flux pour agir sur le cycle complet de production, des approvisionnements à la mise à disposition du client, parfois jusqu'au linéaire de la grande distribution.

Au-delà de l'entreprise elle-même, elle doit permettre l'utilisation du système d'information des clients et fournisseurs pour améliorer les flux dans une optique « Juste-à-temps ». L'EDI est un des moyens permettant de connaître par exemple la consultation des stocks des produits de l'entreprise chez ses clients et ainsi anticiper les réapprovisionnements. Le Supply Chain s'applique à une entreprise dite « étendue ». Il s'agit plus d'un concept que d'un ensemble de techniques précises.

10.4.2 Méthode SCOR

La méthode SCOR (Supply Chain Operations Reference model) est une méthode d'analyse de la logistique de l'entreprise, créée en 1996 par le Supply Chain Council[1].

Le modèle SCOR doit permettre de décrire de manière standardisée les différents constituants de la chaîne logistique. Au-delà de la description, il doit alors amener à établir des indicateurs de performance permettant de comparer les résultats de l'entreprise avec ceux d'autres entreprises.

Ce modèle se décompose en quatre processus de base (niveau 1) :

1. Planifier (au niveau global et en fonction de la demande des clients).
2. Approvisionner (au niveau de chaque site).
3. Fabriquer (au niveau de chaque site).
4. Distribuer (à chaque client).

1. http://www.supply-chain.org Le Supply Chain Council, à but non lucratif, a été créé par AMR (Advanced Manufacturing Research) et Pittiglio, Rabin Todd et Mc Grath. Il regroupait dès 1999 plus de 400 éditeurs et industriels.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Il s'agit alors de définir les objectifs de temps de cycle, de qualité, de satisfaction des clients, et de coûts.

Au niveau 2 des catégories de processus sont définies pour chacune des grandes catégories du niveau 1 :

– approvisionnement : infrastructure du processus puis approvisionnement pour produits stockés, pour produits fabriqués sur commande, de composants pour produits assemblés à la commande ;
– fabrication : infrastructure du processus puis fabrication en process continu, en process discontinu pour stock, en processus discontinu pour assemblage à la commande, pour fabrication à la commande ;
– livraison : infrastructure du processus de distribution, livraison de produits stockés, de produits fabriqués à la commande, de produits assemblés à la commande.

Au niveau 3, on modélise le système logistique de l'entreprise, de ses fournisseurs et de ses clients, en précisant les étapes et en définissant les indicateurs de performance, les « bonnes pratiques », et les possibilités des progiciels utilisés dans l'entreprise.

Le modèle SCOR s'appuie donc sur les fonctionnalités des progiciels de gestion intégrée.

Le niveau 4 est spécifique à chaque entreprise.

Le but d'un outil de Supply Chain Management, s'appuyant sur le modèle SCOR, sera donc une optimisation globale (par opposition à une optimisation locale), en planifiant en tenant compte des contraintes et simultanément dans les différents domaines décrits plus haut. Un éditeur de progiciels[1] de Supply Chain définit comme concepts clés d'un projet réussi de Supply Chain Management :

– la gestion des contraintes (matières, capacités, main-d'œuvre, transport, entreposage, fournisseurs, politiques de gestion, répartition entre clients et canaux…) ;
– une planification simultanée plutôt que séquentielle, englobant toute la chaîne logistique ;
– une vision globale ;

1. I2 technology inc.

– une détection et un avertissement anticipés ;
– une optimisation commerciale intégrée (recommandation de nouvelles solutions opérationnelles maximisant les objectifs commerciaux quantifiables tels que la rentabilité des actifs, la contribution aux bénéfices, et la marge brute d'auto-financement).

En termes de techniques, l'optimisation de la chaîne logistique se traduit par la notion d'Efficient Consumer Response ou ECR traitée au chapitre 12.

11 • GESTION DE LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT

11.1 Achats

11.1.1 Acheter ou fabriquer[1]

Le processus d'achat concerne potentiellement tous les produits et services utilisés ou vendus par l'entreprise. Les achats constituent généralement 30 à 60 % des coûts des marchandises vendues dans la plupart des entreprises de production.

Pour les articles constituant des produits mais aussi pour certains services ou fonctions de l'entreprise, la première décision concerne l'alternative entre acheter ou fabriquer.

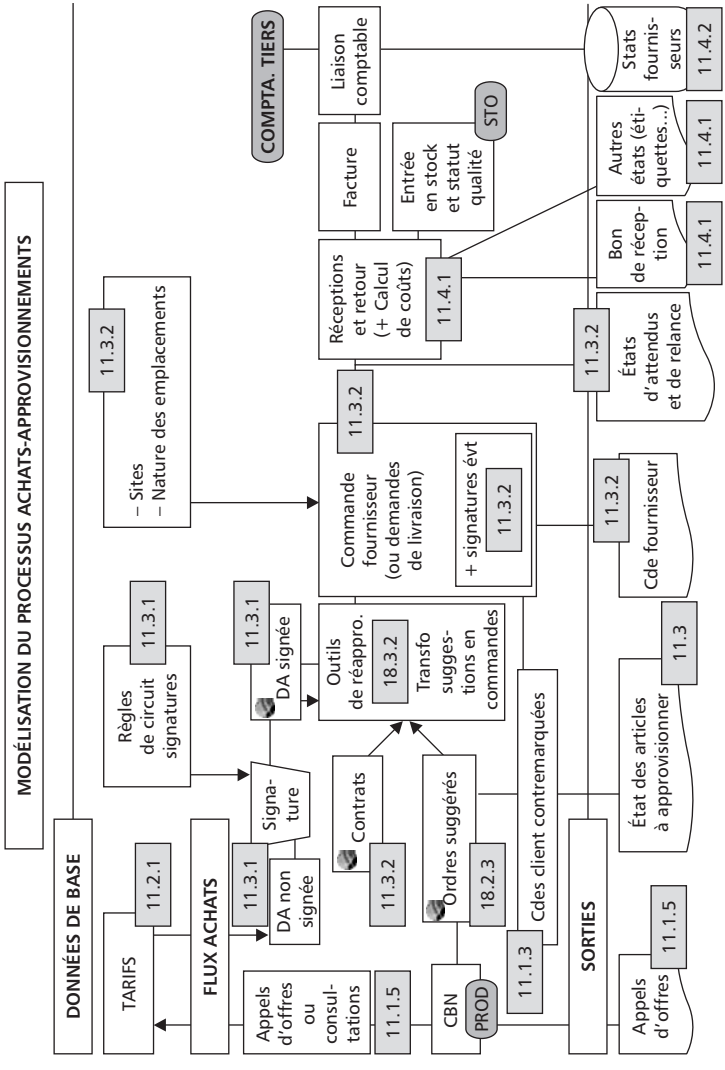
Exemples

1. L'opération de rectification, de traitement thermique, de stérilisation, de tri sera-t-elle effectuée avec les ressources de l'entreprise ou bien achetée à un prestataire extérieur ?
2. Lorsque l'opération est la première du processus de fabrication, la matière première constituante sera-elle achetée par le sous-traitant ou bien fournie à celui-ci ?

Ainsi, en robinetterie, le processus commence par la fonte, et la matière première est en général fournie par le fondeur, qui produit une ébauche.

1. Les Anglo-Saxons parlent de « make or buy decision ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.


MODÉLISATION DU PROCESSUS ACHATS-APPROVISIONNEMENTS
DONNÉES DE BASE
TARIFS
11.2.1
FLUX ACHATS
Appels d'offres ou consultations
11.1.5
11.3.1
DA non signée
Signature
Règles de circuit signatures
11.3.1
11.3.2
– Sites
– Nature des emplacements
11.3.2
11.3.1
DA signée
Contrats
11.3.2
CBN
PROD
Ordres suggérés
18.2.3
Outils de réappro.
18.3.2
Transfo sugges-tions en commandes
11.1.3
Cdes client contremarquées
Commande fournisseur (ou demandes de livraison)
11.3.2
+ signatures évt
11.3.2
SORTIES
Appels d'offres
11.1.5
État des articles à approvisionner
11.3
11.3.2
Cde fournisseur
11.3.2
États d'attendus et de relance
COMPTA. TIERS
Réceptions et retour (+ Calcul de coûts)
11.4.1
Facture
Liaison comptable
Entrée en stock et statut qualité
STO
Bon de récep-tion
11.4.1
Autres états (éti-quettes...)
11.4.1
Stats fournis-seurs
11.4.2

En transformation des matières plastiques, il n'est pas rare que la matière soit à l'inverse fournie au sous-traitant.
3. L'ingénierie informatique, la télévente, la maintenance des machines, la rectification des outillages de l'entreprise seront-elles assurées par des salariés de l'entreprise ou déléguées à des sociétés extérieures ?

Les ressorts de cette décision sortent du cadre de cet ouvrage et concernent la stratégie de l'entreprise. Mais une fois cette décision prise, les méthodologies à employer seront différentes en fonction des types d'achat.

La sous-traitance consiste à externaliser, donc à acheter des éléments qui rentrent normalement dans la valeur ajoutée du produit. On distinguera (cf. ci-après) la sous-traitance de spécialité liée à un métier que l'entreprise ne désire pas exercer, de la sous-traitance de capacité liée à un dépassement de la capacité des ressources propres à l'entreprise.

11.1.2 Achats et approvisionnement

■ Le processus d'achat

Il consiste à[1] :

– « participer à l'expression du besoin (*définir le cahier des charges lié à l'achat*);
– identifier et maîtriser les risques d'achat et d'approvisionnements;
– développer les sources d'achat approvisionnements en recherchant et sélectionnant les fournisseurs (*évaluer puis choisir un ou plusieurs fournisseurs*);
– négocier un tarif et des conditions d'approvisionnement (délai, conditions de transport), rédiger les accords en termes univoques;
– établir les relations avec les fournisseurs : usuelles (court-moyen terme), partenariales (moyen, long terme);
– susciter chez les fournisseurs un esprit de compétitivité créative;
– informer les responsables des autres sous-systèmes de gestion de l'entreprise des évolutions de toute sorte affectant l'environnement »;
– analyser les écarts de prix des marchandises reçues.

1. En reprenant et commentant la norme NF X50-128 « Lignes directrices pour les achats et approvisionnements ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On doit alors distinguer s'il s'agit d'un achat unique ou d'un achat de type répétitif.

■ Le processus d'approvisionnement

Il consiste à :
– assurer la traçabilité des commandes passées et des marchés ou des commandes ouvertes ;
– déterminer les quantités à acheter et le délai demandé pour chaque commande ;
– assurer la réception des livraisons de manière conforme aux exigences de la société ;
– surveiller la qualité et le délai des marchandises reçues ;
– surveiller la bonne exécution des contrats, marchés et autres commandes.

11.1.3 Achats en contremarque

Lorsqu'un achat est effectué spécifiquement pour une fabrication ou une commande client particulière, on crée un lien entre le composant ou la prestation achetée et la commande du client. On parle alors d'achat « en contremarque ». Le circuit de la réception et du stockage, comme la valorisation des mouvements et des coûts sont alors particuliers. En effet, le mouvement d'achat doit alors être intégralement répercuté dans l'en-cours du produit fabriqué et affecter la marge du produit vendu. C'est ce qu'on constate en particulier dans toutes les gestions « par affaire ».
La ligne commande achat est « affectée » à la fabrication ou la ligne commande client.
Le lot réceptionné est identifié comme affecté à cette commande ou cet OF.

Exemples

La commande de véhicules dans les concessions automobiles.
La fabrication de machines spéciales.
La fabrication sur chantiers.

11.1.4 Autres achats particuliers

■ **Biens d'équipement et composants prototypes**

Il s'agit d'achats effectués de manière unique. Au-delà des critères habituels de respect du cahier des charges et du prix, des éléments tels que la pérennité, le risque industriel, etc. entrent largement en ligne de compte, mais ne concernent plus cet ouvrage.

Dans ce cas, achat et approvisionnement sont en général liés.

■ **Externalisation de services généraux**

Cette technique consiste à faire assurer par une société extérieure des prestations annexes et ne concernant pas directement la filière « produit ». Il en est ainsi par exemple souvent du nettoyage des locaux, du « facilities management » informatique, de certaines opérations de télévente ponctuelles ou non. Elle permet à l'entreprise de profiter de compétences externes dans des conditions de coût et de réalisation connues a priori.

11.1.5 Consultations fournisseur ou appels d'offres

La consultation d'un fournisseur (ou appel d'offres, demande de prix et de conditions de réalisation) intervient différemment dans la chronologie de la filière achat et approvisionnement selon le type de produit ou de prestation achetés.

Ainsi dans le cas d'un achat de composant pour prototype ou de bien d'investissement (achats non répétitifs) la chronologie est de type :

1. expression de besoin,
2. demande d'achat,
3. consultation fournisseurs et validation,
4. approvisionnement selon les paramètres de la réponse à la consultation.

Alors que dans le cas d'achat de matières premières, fournitures ou prestations entrant régulièrement dans la composition du produit (achats répétitifs), la chronologie devient :

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Acte 1 :

1. cahier des charges,
2. consultation,
3. validation fournisseurs choisis et paramètres liés à l'achat (délai, tarification, codification chez le fournisseur…),
4. expression éventuelle d'un contrat ou commande marché.

Acte 2 :

1. expression du besoin,
2. demande d'achat,
3. commande fournisseur ou appel de livraison le plus souvent automatisés.

On peut y retrouver la première chronologie lorsque les articles sont achetés « en contremarque ».

La consultation des fournisseurs précisera s'il s'agit d'un appel d'offres restreint, d'un appel d'offres ouvert ou d'un appel « à soumission ».

11.2 Achats liés à la production et répétitifs

11.2.1 Rôle des achats

Lorsqu'il s'agit d'achats répétitifs, les processus d'achat et d'approvisionnement sont parfaitement séparés. Le choix du fournisseur fait intervenir de nombreux facteurs et parmi eux beaucoup ne sont pas quantifiables (capacité du fournisseur à s'intégrer à un réseau tiré par l'aval, à réaliser une prestation globale ou au contraire sur un point précis, obligation de résultat, pérennité...).

La procédure d'achat précise alors au-delà du prix du produit :

– les conditions de conditionnement et de palettisation (conteneurs adaptés à la mise en fabrication, marquage code-barres…);
– les conditions de livraisons et de stockage;
– les méthodes d'appel des approvisionnements (utilisation de l'EDI, obligation éventuelle de stock de sécurité chez le fournisseur).

Il est fréquent de plus de distinguer le produit de celui de ses conditions de livraison. En les séparant, l'entreprise a une meilleure vision des coûts globaux de production et peut décider par exemple d'aller chercher les produits avec son propre transporteur au lieu de se faire livrer par le fournisseur.

11.2.2 Articles achetés

■ Matières, fournitures

Les matières et fournitures entrant dans la composition des produits sont définies selon les règles établies au chapitre 1 (avec identification ou non des lots, lot connu dès la prise de commande ou lors de la réception, mode de conditionnement et de livraison).

■ Prestations et sous-traitance liées au produit

L'achat de la réalisation d'une opération de fabrication peut correspondre à une sous-traitance de capacité (surcharge due à un surcroît d'activité dans l'entreprise) ou de spécialité (type de technologie non maîtrisée dans l'entreprise)[1].
Au niveau du système d'information, il importe de distinguer l'article commandé (c'est-à-dire la prestation) de l'article fabriqué. Ceci amène le plus souvent à définir des pseudo-articles dits de prestation, représentant le travail effectué par le fournisseur sous-traitant.

Attention

Dans le cas d'un transport pris en charge par l'entreprise acheteuse, il s'agit bien d'une activité liée à la production, et donc à ce titre à coût direct pour le produit.

■ Articles consommés par le processus

Il s'agit des fluides, des outils, des pièces de rechange. Ces pièces représentent des achats périodiques, pour des volumes bien moindres que

1. Voir pour plus de détails la section 14.1.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

ceux liés au produit mais leur criticité est très forte. L'interruption de livraison arrête la production. Le cahier des charges précisera les conditions d'expédition en maintenance corrective[1], la durée de disponibilité, les possibilités d'échange standard, les conditions de garantie.

Une procédure particulière devra être étudiée pour la détermination des seuils d'alerte[2].

■ Fabricant et fournisseur

Le fournisseur de l'article n'est pas le plus souvent le fabricant de cet article. C'est le cas en particulier dans l'électronique ou l'automobile.

Exemple

Composant fabriqué chez Nec, Texas instruments, Hitachi et acheté chez un grossiste.

Pneus de marques Michelin, Goodyear, Pirelli ou autre montés en première monte sur le véhicule.

Lors de l'achat il peut être important de préciser la marque désirée, et donc d'abord le système d'information de l'entreprise doit permettre de distinguer dans la fiche de l'article les fabricants des fournisseurs possibles, mais certains fournisseurs peuvent ne pas identifier les fabricants différents dans leur propre stock (cas fréquent dans l'électronique, l'électricité, ou l'accessoire automobile). Si la référence fabricant est importante lors de l'approvisionnement, ce fournisseur doit alors être éliminé de la phase de consultation.

11.3 Processus d'approvisionnement

La commande au fournisseur se fait à partir d'une expression de besoin issue le plus souvent du MRP, puis de demandes d'achat validées.

1. Elles peuvent faire appel à une norme comme en aéronautique la norme AOG.
2. Cf. section 17.6.

11.3.1 Demandes d'achat

Elles sont issues pour l'essentiel du calcul des besoins MRP, ou bien directement des commandes clients ou ordres de fabrication dans le cas de contremarque. Elles comprennent pour chaque article une quantité et une date de besoin. Les demandes d'achat sont validées par un processus de signatures (1 à *x* signatures selon l'importance de la demande et le fait que cet achat soit prévu ou non dans le budget). Après validation par le service approvisionnements, les lignes sont regroupées par fournisseur et délai et transmises au fournisseur sous forme de commande les conditions de référence étant rappelées sur le document transmis.

11.3.2 Commandes fournisseurs

Les commandes sont segmentées, un type permettant de séparer les marchés, les commandes ouvertes, les commandes fermes, les commandes prévisionnelles au niveau de la commande ou de la ligne commande.

De la même façon que pour les demandes d'achat, le processus prévoit le plus souvent une procédure de validation par un circuit de signatures. Celui-ci est maintenant élaboré *via* un système de workflow, c'est-à-dire par un envoi automatique de courrier électronique au décideur associé au demandeur de la commande fournisseur, selon les conditions prévues dans le circuit de signatures.

■ Commandes fermes

C'est le cas le plus simple. Une ligne de commande concerne un article, une date de livraison, une adresse de livraison et un site ou lieu de livraison. Cependant, l'adresse de livraison et le lieu de livraison peuvent être communs à l'ensemble de la commande.

Le processus comporte deux étapes : la commande et la réception.

Chaque réception décrémente le reste à livrer. La commande précise si les livraisons partielles sont acceptées ou non.

La commande est soldée lorsque toutes les lignes sont livrées (ou annulées).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La commande est ensuite pointée avec la facture d'achat en comptabilité.

■ Marchés et commandes ouvertes

Le marché porte sur une quantité globale, dans une période donnée. La commande ouverte ne précise pas les quantités (sinon la quantité totale avec une incertitude indiquée dans les conditions du marché, et souvent de l'ordre de 20 à 30 %), elle indique seulement les conditions à la fois techniques et financières dans lesquelles s'effectuera la transaction. Une ligne de commande concerne un article mais généralement plusieurs livraisons.

On peut déclarer pour chaque ligne une quantité unique ou une quantité minimale et une quantité maximale.

L'un comme l'autre sont alors complétés d'un appel de livraison. Cet appel de livraison est d'abord prévisionnel puis ferme. Une tendance lourde est au raccourcissement de la période ferme (généralement de l'ordre de 5 jours après envoi de l'appel de livraison).

Les principes retenus pour la commande marché ou la commande ouverte sont donc les mêmes que ceux proposés pour la commande ordinaire excepté pour ce qui concerne la livraison.

Une commande cadencée (un article, et plusieurs dates de livraison) peut aussi bien concerner une commande ferme qu'une commande ouverte et cela doit donc être précisé.

■ Commandes avec livraison en consignation

Elles se différencient des commandes fermes par les conditions de règlement. Les produits commandés sont facturables lorsqu'ils sont consommés par le client, et non lorsqu'ils lui sont livrés. Le stock ainsi constitué en attente de consommation est « en consignation » et appartient toujours au fournisseur jusqu'à l'utilisation des articles. C'est la procédure la plus courante pour les outils et les pièces de rechange. Elle fait toutefois peser sur le fournisseur la charge financière et l'augmentation de besoin en fonds de roulement, ce qui doit être étudié dans le cadre d'une négociation globale (engagement de durée…).

■ **Commandes prévisionnelles**

Elles n'engagent pas le client. Elles servent simplement au fournisseur à mieux planifier sa propre fabrication et ses approvisionnements dans le cadre de son Plan industriel et commercial et de son calcul des besoins. Elles sont lorsque le délai se rapproche remplacées par des commandes fermes.

On peut pour automatiser le processus déterminer l'horizon gelé à l'intérieur duquel les commandes fermes remplacent les commandes prévisionnelles.

11.4 Réceptions

11.4.1 Entrées en provenance des fournisseurs

Les informations du bon de livraison sont saisies dès l'arrivée des colis et rapprochées de la commande. Le contenu du bon de livraison est également contrôlé par rapport aux colis physiquement reçus.

Selon la procédure en vigueur, on peut aussi mettre la réception en attente contrôle avant mise à disposition du magasin et de l'atelier. La réception est alors identifiée comme bloquée. Elle peut ainsi être mise en quarantaine dans l'attente d'un événement déclencheur d'un autre statut (mise à disposition, rejet...).

Les articles réceptionnés sont souvent étiquetés au niveau du conditionnement (colis ou palette, sac, etc.) afin de conserver une traçabilité du lot dans la suite du processus.

Le bon de réception à ce stade est contrôlé qualitativement et quantitativement. Il reste à effectuer le pointage entre la commande fournisseur, la réception et la facture reçue généralement postérieurement.

Un problème subsiste avec l'obligation de fermer les périodes comptables qui résulte des dispositions fiscales. Un BL fournisseur ne peut donc être modifié sur une période close, ce qui complique la bonne tenue des stocks.

Une réception fournisseur met à jour les entrées en stock et diminue l'en commande associé à l'article. Le mode de tenue de stock est traité au chapitre 8.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

11.4.2 Statistiques qualité

Il est prévu dans les normes l'élaboration d'un tableau de bord des achats et approvisionnements, mesurant la différence entre des objectifs prédéfinis et les résultats obtenus.

Les indicateurs mesurent en particulier un taux de qualité de service moyen par période, le plus souvent défini dans une période donnée comme :

$$\text{Taux de qualité service} = \frac{\text{Nb de commandes livrées conformes (délai qualité)}}{\text{Nb total de commandes reçues}}$$

On peut aussi déterminer plusieurs indicateurs en séparant qualité (nombre de lignes acceptées/ nombre de lignes reçues) et délai (nombre de lignes en avance ou retard/nombre de lignes total).

Ceci peut être établi au niveau des commandes ou des lignes de commandes. La période ne doit pas être trop courte et un cumul (par exemple sur 12 mois glissants) permet d'atténuer les écarts trop ponctuels et non significatifs.

La conformité peut être établie sur le délai mais aussi à partir de non-conformités « classiques » :

– erreur d'étiquetage ;
– erreur de conditionnement ;
– conformité du bon de réception ;
– litiges ;
– livraisons partielles.

11.4.3 Reliquats

Lorsqu'une réception enregistre 80 ou 90 % de la commande prévue, la question se pose du solde de la commande ou de l'appel de livraison correspondant.

Les contrats avec le fournisseur prévoient généralement l'attitude à adopter (solde ou au contraire maintien du reliquat de la commande concernée).

11.5 Juste-à-temps et relations fournisseurs

La mise en place d'une philosophie « Juste-à-temps » est l'occasion d'une redéfinition des rapports clients fournisseurs.

Le nombre de fournisseurs directs en général diminue fortement, le lien client-fournisseur étant renforcé par cette politique.

La première démarche consiste à déterminer la filière pour chaque produit puis à définir :

– le profil et le nombre des fournisseurs ;
– les conditions de conditionnement, d'expédition, de stockage ;
– les méthodes d'appel des approvisionnements ;
– la méthode d'arrivée aux postes de travail.

11.6 Supply chain et e-procurement

L'e-procurement est un ensemble de techniques et d'outils divers à destination des acheteurs et utilisant l'Internet. Les acheteurs doivent être référencés au préalable (on parle de B to B, pour Business to Business).

La définition du Gartner Group précise : « Ensemble des moyens électroniques (extranets, solutions logicielles, places de marchés B to B, vitrines Internet…) mis en œuvre par une société pour acquérir des biens et des services auprès de sources externes. »

Un site d'e-procurement peut comprendre la possibilité :

– de se connecter à différentes places de marché ou catalogues en ligne, selon les autorisations mises en place dans la société ;
– de faire du sourcing (recherche de fournisseurs parmi le panel autorisé) et d'émettre des appels d'offres ;
– de disposer d'un catalogue de produits en ligne avec leurs conditions d'achat ;
– de passer directement les commandes d'achat (à condition que la commande corresponde aux autorisations prédéfinies en termes de budget et d'article) ;
– de suivre l'avancement de ses commandes.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le fournisseur peut mettre en place un « portail » d'accès aux différents services proposés, mais le client peut aussi définir un système d'e-procurement sur son propre système d'information.

L'e-procurement était à l'origine destiné surtout aux « petits » achats non stratégiques afin de simplifier la procédure (ne pas faire une demande d'achat pour des fournitures de bureau par exemple). Les avantages de l'automatisation sont connus et réels.

L'e-procurement tend aujourd'hui à se développer y compris pour des achats plus lourds.

Une question toutefois est importante. Dans quel système d'information (celui du fournisseur ou celui du client) est saisie l'information ? En effet, dans une entreprise organisée, on ne peut accepter que le système d'information de l'entreprise ne garde pas une trace des commandes passées.

En conséquence, l'e-procurement ne procurera que des avantages s'il est réalisé dans le système d'information de l'entreprise ; il peut être source de double saisie donc de perte de productivité s'il est dévolu au fournisseur. Pour éviter cela, les sociétés qui gèrent un volume conséquent préfèrent passer les commandes par EDI.

12 • DISTRIBUTION ET LOGISTIQUE

La prise de conscience du fait que le processus du production s'arrête lorsque le produit est disponible pour le client a amené une réflexion sur la nécessaire rationalisation du processus de distribution qui est maintenant étudié au même titre que la gamme de fabrication.

La première étape consiste en une réflexion sur les objets à distribuer donc sur les définitions des unités de colisage et d'expédition.

12.1 Unité consommateur et unité logistique

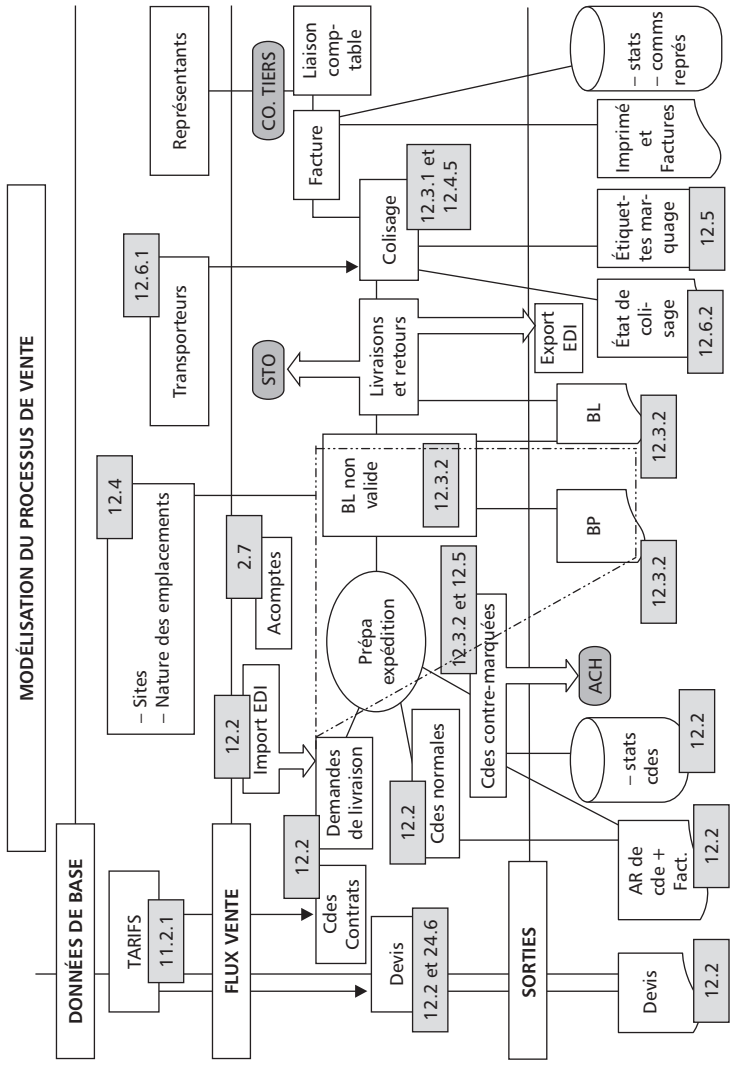
12.1.1 Définitions

Dans la norme Gencod-EAN, on parle pour le produit d'unité consommateur, c'est-à-dire l'unité la plus élémentaire qui est ou peut-être présentée au consommateur.

L'unité logistique est un regroupement d'unités consommateur. Le nombre d'unités consommateur dans l'unité logistique est déterminé dans la fiche produit par le PCB = par combien et le SPCB = sous par combien). On définit de plus le niveau de conditionnement (interne = boîte par exemple, intermédiaire = colis par exemple ou externe = palette par exemple)

Dans la norme Galia, on parle d'unité de conditionnement (ou UC) et d'unité de manutention (ou UM).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.


MODÉLISATION DU PROCESSUS DE VENTE
DONNÉES DE BASE
TARIFS
11.2.1
FLUX VENTE
SORTIES
Représentants
CO. TIERS
Liaison comp-table
Facture
– stats
– comms représ
Imprimé et Factures
Colisage
12.3.1 et 12.4.5
Étiquet-tes mar-quage
12.5
État de coli-sage
12.6.2
12.6.1
Transporteurs
STO
Livraisons et retours
Export EDI
BL
12.3.2
BP
12.3.2
BL non valide
12.3.2
12.4
– Sites
– Nature des emplacements
2.7
Acomptes
12.2
Import EDI
Prépa expédition
12.3.2 et 12.5
Cdes contre-marquées
ACH
12.2
Demandes de livraison
12.2
Cdes normales
– stats cdes
12.2
12.2
Cdes Contrats
Devis
12.2 et 24.6
AR de cde + Fact.
12.2
Devis
12.2

12.1.2 Codification

Une unité logistique standard est un regroupement standard d'unité consommateurs. Sa codification est résumée ci-après. On distingue le code (en clair) du symbole (ou code-barres) qui est la représentation graphique du code et permet la lecture automatique (fig. 12.1).

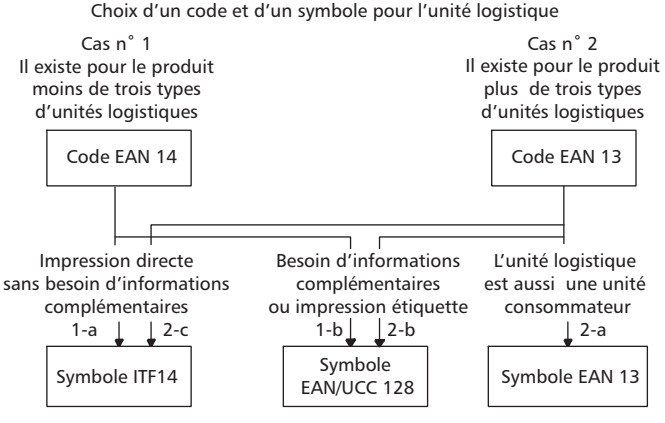


Figure 12.1 – Code et symbole de l'unité logistique.

12.2 Commandes clients, contrats et appels de livraison

L'intégration de l'entreprise dans la supply chain qui va du fournisseur du fournisseur au client du client a eu pour effet de lier un peu plus le processus de réception des commandes et celui de production, et de différencier par contre les notions de commandes fermées et de commandes ouvertes et les circuits correspondants.

En B to C (Business to Customer), les clients sont très nombreux, pour l'essentiel non connus, les commandes sont ponctuelles et ne font l'objet d'aucun engagement particulier. Elles s'appuient sur un tarif et

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

donnent le plus souvent lieu à l'émission d'un accusé de réception ou AR de commande, qui garantit au client la conformité de l'enregistrement de son besoin (en termes de quantité, délai, prix…) avec celui-ci.

En B to B (Business to Business) à l'inverse, les clients sont identifiés, et souvent la relation commerciale est contractualisée tant au niveau des conditions que des quantités prévues sur la période. Pour chaque article et chaque lieu de livraison client est établi un contrat, ou commande ouverte, suivi d'appels de livraison prévisionnels, qui sont « affermis » (transformés en commandes fermes) quelques jours avant livraison. Les appels de livraison ne donnent jamais lieu à l'émission d'un AR.

Par symétrie avec la commande ouverte, la commande à livraison unique a ensuite pris le nom de « commande fermée ».

Lorsque le volume le justifie, les commandes fermées et les appels de livraison sont enregistrés par import EDI de façon hebdomadaire ou quotidienne, voire pluriquotidienne.

Avant la réception de commandes, la relation avec le tiers prospect ou client a donné lieu à l'établissement de devis. Ces devis, plus ou moins complexes selon les types de produits et de production, peuvent donner lieu à un processus complet d'industrialisation, que nous étudierons au chapitre 24 (Gestion à l'affaire et gestion des projets).

Les commandes (fermes ou appels de livraison) sont toujours rapprochées des prévisions de vente dans le cadre du PIC (plan industriel et commercial) et du programme de production (voir chapitre 16). Elles font donc l'objet de statistiques, par article, par client, par vendeur ou représentant, etc.

12.3 Conditionnement et expédition

12.3.1 Conditionnement et préparation d'expédition

■ Lors de la fabrication

Dans une production de type fabrication à la commande[1], il est bon d'intégrer le conditionnement dans le processus de fabrication. Celui-ci

1. « Make to order » cf. chapitre 6.

est alors la dernière opération de la gamme de fabrication. La gamme de fabrication précise :

– le niveau de conditionnement (PC ou SPC, type de colisage, type de palettisation, identification prévue) ;
– les renseignements nécessaires à la préparation de l'expédition. La fin de fabrication peut déclencher la disponibilité pour l'expédition.

■ Lors de l'expédition

Dans une production de type fabrication pour stock, le produit est stocké dans le dépôt avant expédition. La question est alors de savoir sous quelle forme il convient de le stocker. En vrac, par colis, par palette complète, étiqueté au nom du client ou non ?

La réponse est bien sûr complexe et multiple. Le premier critère est celui du produit. Celui-ci est-il lié à un client ou pas ? Le deuxième est celui du marquage. Qu'est-ce qui est exigé par le ou les différents clients ? Chaque fois que c'est possible on a intérêt à pousser aussi loin que possible le conditionnement en fin de fabrication avant le stockage. Si ce n'est pas le cas, une attention particulière sera apportée au processus de sortie de stock pour expédition. À défaut d'OF et de fiche suiveuse, les instructions seront reportées sur le bon de préparation.

Exemple : livraison de colis pour la grande distribution

En fonction du camion prévu pour la livraison, et des quantités commandées, donc en fonction du client, on aura intérêt à utiliser des euro-palettes 80×120 ou encore des palettes 60×80, ou des bacs plastiques 60×40.

Les cartons seront ou non étiquetés avec un code EAN 13 ou un code EAN 14.

La réflexion sur le ou les types de préparation d'expédition devient alors une composante intrinsèque du travail d'élaboration de la gamme effectué par le service méthodes.

12.3.2 Choix des produits à expédier – Allocation

Une meilleure identification des produits stockés (étiquetage sérialisé des unités stockées), une meilleure gestion de l'espace de stockage (ges-

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

tion des emplacements), une plus grande volumétrie à gérer, poussent le gestionnaire à automatiser la préparation des expéditions par un choix automatique des produits à expédier. Le principe est simple. Il consiste à trier les commandes par délai atteint, par stock disponible, et à affecter, donc à marquer, les stocks pour une ligne commande ou un appel de livraison, en respectant les différentes contraintes (par exemple un seul lot pour une ligne commande, ou en optimisant les déplacements des caristes dans l'entrepôt). On parle alors d'allocation ou d'affectation. Un bon de préparation (BP), reprenant par client et par commande les articles en stock alloués par le programme, est émis, qui permet au magasinier-cariste de préparer sa collecte dans l'entrepôt. Le contrôle entre le proposé par le système et le réel choisi par le magasinier est ensuite réalisé le plus souvent par une lecture code-barres au moyen de terminaux portables. La livraison vient diminuer la quantité prévue dans la commande (avec gestion des avances/retards de livraison). Le bon de livraison (BL) accompagne les colis ou palettes dans le camion, etc., selon le mode de livraison choisi.

12.3.3 Avis d'expédition

L'évolution des normes Edifact concernant les expéditions montre bien l'intégration du processus logistique dans les échanges industriels et commerciaux.

Avant 1994 et la norme D93A, une livraison était une suite d'articles dans une quantité et un conditionnement donné. Depuis, une expédition est d'abord une succession d'unités de logistique (CPS = Consignment Packing Sequence) qui comprennent des palettes, elles-mêmes contenant des colis, chacun de ces colis contenant des articles dans un nombre d'unités consommateur donnés. Les unités logistiques peuvent être homogènes c'est-à-dire contenir un seul type de code article ou bien mixtes c'est-à-dire comprenant des codes articles différents. Leurs dimensions et autres caractéristiques physiques (palette gerbable ou non,...) peuvent être précisées.

Enfin les unités logistique peuvent être identifiées indépendamment de leur contenu.

En EDI, le bon de livraison et l'avis d'expédition sont ainsi confondus. Il est toutefois fréquent que le client réceptionnaire demande un bon de livraison avec une seule ligne par code article (pour contrôle avec la commande) distinct de l'avis d'expédition ou de la liste de colisage destinées au contrôle de la réception des colis.

12.4 Structure des lieux d'expédition et logistique

12.4.1 Livraison directe fournisseur client

Il s'agit d'un système dans lequel chaque fournisseur approvisionne chacun de ses clients. Puisque le circuit est établi point à point, le nombre de liens point d'expédition-point de livraison est maximum.

12.4.2 Entrepôts

Synonymes de magasins leur rôle et leurs organisations sont traités au chapitre 8 paragraphe 3.

12.4.3 Plates-formes de distribution

■ **Plates-formes**

Une plate-forme de fret, selon la définition établie par Europlatforms en 1992, « est une zone délimitée à l'intérieur de laquelle sont exercées, par différents opérateurs, toutes les activités relatives au transport, à la logistique et à la distribution des marchandises, tant pour le transit national que pour le transit international.

Ces opérateurs peuvent être soit propriétaires, soit locataires des bâtiments, aménagements et installations (entrepôts, quais de dégroupage, aires de stockage, bureaux, parkings, etc.) qui y sont construits.

Une plate-forme de fret doit en outre, être ouverte en régime de libre concurrence, à toutes les entreprises intéressées par les activités susénoncées. Une plate-forme de fret doit aussi être dotée de tous les équipements collectifs nécessaires aux exploitations ci-dessus décrites et

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

comprendre si possible des services communs pour les personnels et pour les matériels des usagers.

Elle est obligatoirement gérée par une entité unique publique ou privée ».

Notons qu'une plate-forme est aussi caractérisée d'un point de vue du stockage par le peu de temps passé par les marchandises au sein de la plate-forme, par rapport à celui constaté dans les entrepôts de stockage

■ Mode multimodal

Une plate-forme est multimodale, si elle est desservie par plusieurs modes de transports (route, rail, maritime, fluviale, canaux, voie aérienne). En général, il n'y a pas échange direct de marchandise de mode à mode, le quai ou l'entrepôt servant le plus souvent d'interface. La marchandise est déchargée d'un mode de transport « émetteur », éventuellement déconditionnée et reconditionnée, éclatée en lots, ou regroupés avec d'autres lots pour être de nouveau chargée sur un mode « récepteur ».

■ Terminal de transport

Un terminal est un équipement qui permet les échanges de contenants de marchandises (les conteneurs, remorques, etc.), entre deux modes de transport, majoritairement aujourd'hui entre le maritime et la route, le maritime et le fer, le maritime et le fluvial. On parle alors de transport combiné.

Il s'agit alors d'un « terminal de transport combiné » pour les niveaux européen et national (exemple : Garonor), et de « chantier de transport combiné » pour le niveau local et infrarégional.

12.4.4 Optimisation de la distribution

■ Principes

Les exigences des clients en matière de délai, leur traduction via le Juste-à-temps a eu des répercussions dans le processus de distribution.

Selon les types de métiers et de marchandises, les objectifs recherchés peuvent être :

– la minimisation du coût de transport,

– la minimisation de la durée de transport donc du temps de livraison au client.

Le principe est d'essayer d'optimiser le cycle de livraison moyen aux clients en optimisant le nombre de tournées effectuées[1]. Pour cela, les distances mais aussi les types de moyens de communication (autoroutes, routes nationales ou départementales, horaires des trains, etc.) sont pris en compte (fig. 12.2).

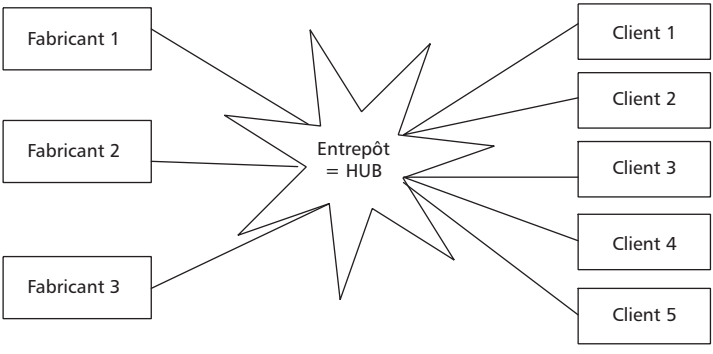


Figure 12.2 – Méthode de distribution.

Exemple

Si 3 fabricants alimentent 5 clients, le nombre de liens est :
$3 \times 5 = 15$ livraisons.

En passant par un entrepôt concentrateur le nombre de liens est limité à :
$3 + 5 = 8$ liens.

Cette réflexion issue du bon sens et confortée par la recherche opérationnelle a conduit au développement des plates-formes de distribution, et des entrepôts régionaux.

1. Problème classique de recherche opérationnelle dit du « voyageur de commerce ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Positionnement dans une zone de livraison

Soient n clients à livrer aux points $A1, A2, \ldots, An$ à partir d'un centre de production C.
Le barycentre (fig. 12.3) est le point G tel que :

$$\overrightarrow{GA1} + \overrightarrow{GA2} + \overrightarrow{GA3} + \ldots . \overrightarrow{GAn} = 0$$

Il s'agit alors d'un iso-barycentre ou centre de gravité (tous coefficients égaux à 1).
On peut aussi affecter chacune des distances d'un coefficient (par exemple lié à la vitesse moyenne de transport, ou au volume ou au poids des livraisons pendant un certain temps), tel que :

$$c_1 \overrightarrow{GA1} + c_2 \overrightarrow{GA2} + c_3 \overrightarrow{GA3} + \ldots . c_n \overrightarrow{GAn} = 0$$

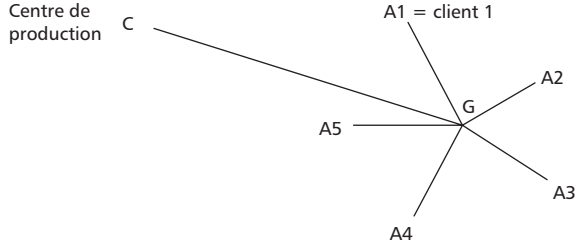


Figure 12.3 – Barycentre.

Pour prendre en compte les distances il est évidemment préférable de tenir compte du mode de transport (distance par la route, etc.) plutôt que de prendre les distances à vol d'oiseau.
Le principe ici appliqué peut être enrichi en utilisant les méthodes de programmation linéaire.

12.4.5 Optimisation des volumes et du temps, cross-docking

Plusieurs éléments ont concouru dans la même direction à la rationalisation des entrepôts de distribution.

■ Organisation temporelle

Le volume des données transitant par des plates-formes logistiques a été augmenté de manière spectaculaire. Afin de ne pas augmenter dans la même proportion la surface nécessaire, il a été obligatoire d'optimiser le flux des marchandises. Pour cela :

– le transporteur ne peut livrer les marchandises qu'à certains créneaux horaires définis avec le vendeur (on s'assure ainsi que la place est disponible tant sur le quai que dans l'entrepôt pour réceptionner les marchandises) ;
– le transporteur ne peut livrer les marchandises que lorsque sa demande de livraison a été validée dans son contenu par la plate-forme destinataire (élimination des aléas toujours possibles dans les transports). L'EDI est le moyen le plus communément utilisé (messages DESADV ou AVIEXP avis d'expédition) ;
– en cas de problème les moyens de télécommunication doivent permettre de détecter aussitôt que possible les dérives par rapport au plan prévu (téléphones mobiles voire systèmes de positionnement GPS[1] dans les véhicules pour recalculer les heures d'arrivée en temps réel).

■ Organisation des expéditions

Le temps pendant lequel les marchandises reste dans l'entrepôt est limité au maximum.

Pour cela, on pratique la technique dite du « cross-docking » (fig. 12.4).

Le plus simple est de l'exprimer sur un exemple.

Exemple

Soient deux fournisseurs. Le premier fabrique les produits A, B, C et le second les produits D et E.

Ils livrent une plate-forme logistique pour deux clients de la grande distribution qui ont commandé à leur centrale d'achat respectivement les quantités x_1 de A, x_2 de B, x_3 de C, x_4 de D pour le client 1, et les quantités y_1 de A, y_2 de B, y_3 de C, y_4 de D et y_5 de E pour le client 2.

1. GPS : Global Positioning System, système de positionnement par satellite à quelques mètres près.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

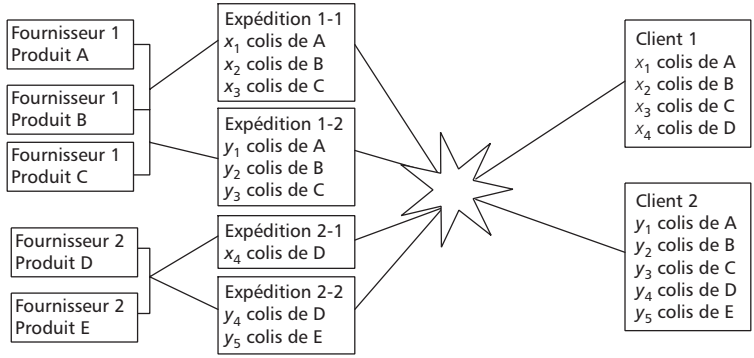


Figure 12.4 – Cross-docking.

Le cross-docking consiste à demander aux fournisseurs 1 et 2 d'effectuer leurs expéditions en tenant compte des besoins des points de livraison finaux et en regroupant les colis de manière à minimiser les manutentions lors du transfert dans la plate-forme.

Dans le passé, la centrale d'achat devait effectuer elle-même l'allotement, c'est-à-dire à la suite de la réception des colis du produit *A*, répartir en x_1 colis pour le client 1, et x_2 colis pour le client 2, etc., ce qui prenait beaucoup de temps et laissait pendant plusieurs jours la marchandise présente dans l'entrepôt. Ce travail est maintenant reporté en amont chez le fournisseur et le flux en est accéléré.

Le cross-docking est en particulier très souvent pratiqué pour tous les produits pour les produits pour lesquels il existe une date limite de consommation (ou DLC).

Enfin au niveau du fournisseur, la technique du cross-docking, si elle génère un coût de production plus important lui permet de connaître les consommations au niveau de chaque point de vente et non seulement au niveau de la plate-forme donc lui permet d'établir des prévisions de ventes beaucoup plus fines et plus fiables[1].

1. Cf. chapitre 16 « Plan Industriel et Commercial ».

12.4.6 Choix de plates-formes ou d'entrepôts de proximité

En fonction du flux en volume et en fréquence des livraisons clients, un choix est établi entre :
– livraison directe ;
– livraison via une plate-forme ;
– livraison à partir d'un entrepôt.

La livraison peut bien sûr être effectuée selon un flux tiré (méthode d'appel par l'aval-reconstitution du consommé) quand le client et le fournisseur fonctionnent dans ce système.
L'entrepôt de proximité (régional, local...) se justifie chaque fois que la fréquence est élevée et le volume de chaque occurrence est faible.

Exemple : industrie pharmaceutique

Les répartiteurs, pharmaciens grossistes approvisionnés par les fabricants ont l'obligation de livrer une officine en moins de 24 heures. Ils effectuent donc plusieurs tournées de livraison par jour, des entrepôts principaux contenant l'ensemble des produits, et des entrepôts secondaires stockant seulement les produits à rotation élevée.

En conclusion, il est souhaitable enfin que le système d'information permette de calculer un coût de distribution du produit au même titre que le coût de production.

12.5 Opérations sur le produit et le process de distribution

12.5.1 Manutention[1]

■ **À la réception**

Les phases sont alors :
– déchargement du camion, du conteneur, ou du wagon ;

1. On reprend ici, dans une optique de distribution et non de stockage ce qui a été décrit au 8.3.3.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– contrôle de conformité entre les documents (liste de colisage) et les colis reçus, avec émission éventuelle de réserves sur l'état des colis reçus. Le contrôle peut être limité (nombre de colis de chaque type) ou complet (contrôle du marquage identifiant de manière univoque les colis) ;
– entrée en stock, avec choix éventuel, éventuellement avec proposition par le système d'information, d'un emplacement de stockage. Ceci suppose une définition préalable des critères de choix d'emplacement (identité, taille, statut occupé ou non).

■ À l'expédition

Les phases sont alors :
– éclatement des colis ou palettes et « picking » ;
– préparation des expéditions ;
– impression des étiquettes de marquage ;
– filmage des nouvelles palettes et identification marquage ;
– saisie dans le système informatique ;
– émission des listes de colisage ;
– transfert en zone de chargement ;
– détermination des regroupements par camion ;
– préparation du chargement (ordre de chargement des palettes pour optimiser le remplissage du camion et faire en sorte que les colis les premiers à livrer soient les derniers chargés).

12.5.2 Automatisation des entrepôts

À partir du moment où l'entrepôt devient partie intégrante du processus de production, la réduction des coûts des réceptions et des expéditions devient un enjeu majeur.

Pour cela, différents moyens ont été développés dans les dernières années.

– identification automatique des colis et envoi par bandes transporteuses dans l'emplacement (casier) prévu. L'identification se fait en général via des scanners code barre par radio (cf. ci-après) d'où la nécessité d'un marquage normalisé à la fois en tant que code mais aussi au

niveau de la position de l'étiquette sur le colis (l'étiquette doit passer dans le champ du scanner laser). Le système de transport et d'aiguillage automatique correspond à la notion de transstockeurs ;

– lignes de conditionnement ou de préparation de palettes permettant la préparation de plusieurs centaines voire milliers de colis à l'heure. Situées dans l'entrepôt elles sont des machines de production au même titre que celles situées dans l'atelier ;

– communication par radio : l'usage des moyens radio intervient en réception comme lors de l'expédition, pour la localisation des articles dans les entrepôts, la préparation des commandes, les appels de livraison. L'identification de produits ou RFID (Radio Frequency Identification) sert à lire et à saisir à l'aide d'un scanner le code identifiant des produits. La communication par radio ou RFDC (Radio Frequency Data Communications) effectue l'échange des données entre un terminal mobile et un ordinateur. Le terminal RFDC est couplé le plus souvent à un lecteur RFID. La liaison radio en temps réel contribue à la traçabilité des produits. Lors de la réception, la saisie permet la création d'un document de contrôle de réception, reprenant les caractéristiques logistiques du produit. Les commandes sont alors mises à la disposition des caristes.

12.5.3 Moyens de stockage et manutention

Ce point est traité au chapitre 8 « Stocks », section 8.3.4 « Les moyens de stockage et manutention ».

12.6 Transport

12.6.1 Types de transports

De manière très générale, les transports internationaux sont régis par les normes Incoterms[1], qui expriment les droits et obligations de trois intervenants (vendeur fournisseur, transporteur et acheteur client), ainsi que

1. International Commercial Terms.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

les conditions de facturation du transport. Les cas normalisés, qui correspondent à la donnée de l'Edifact sont les suivants[1] :

– EXW (ex-works – sortie d'usine ou départ). L'acheteur prend possession de la marchandise à la sortie du lieu de production, dans l'emballage prévu. Le transfert de risques s'effectue dès la sortie du lieu de production et les coûts de transport sont assumés par l'acheteur ;

– DDP (delivery duty paid – livré rendu tous droits acquittés) et DDU (delivery duty unpaid – livré rendu droits non acquittés), DEQ, DES. Le transfert de propriété s'effectue à l'entrée dans l'entrepôt du client, l'acheteur acquitte directement (DDU) ou pas (DDP) les droits de douane. Les variantes DEQ (delivery ex quay, duty paid – livré à quai droits acquittés) qui concerne des transports vers des zones franches par voie maritime, et DES (delivery ex ship – livré rendu sur navire au port de destination) qui concerne des transports sur navire, le transfert de propriété s'effectuant au déchargement du navire au port d'arrivée, sont moins couramment utilisés ;

– FOB (free on board – franco à bord), FCA (free carrier at named point – franco transporteur), FAS. Le vendeur assure la livraison de la marchandise à ses risques et à ses frais jusqu'au point désigné (en général le point de livraison final du client ou la plate-forme lorsqu'il s'agit de transport routier. Il existe aussi une autre variante pour le transport maritime : FAS (free along ship – franco le long du navire) dans laquelle le vendeur apporte la marchandise au port d'embarquement à ses risques et à ses frais et le transfert de propriété s'effectue à ce moment ;

– CIF (cost, insurance and freight – coût assurance et frêt), CFR (cost and freight – coût et frêt), CPT, CIP. Le vendeur assure la livraison de la marchandise à ses frais jusqu'au terme du transport, et à ses risques jusqu'à l'embarquement. L'acheteur étant responsable de la marchandise à partir de l'embarquement. L'acheteur devenu propriétaire à ce moment peut donc s'il le désire revendre la marchandise pendant le

1. La première lettre « D », « E » « C » ou « F » est significative pour les douanes et déclaration intracom (ou DEB) pour ce qui est des échanges au sein de la communauté européenne.

transport. La différence entre CIF et CFR concerne l'identité de celui qui paie l'assurance de la marchandise. On peut noter aussi deux autres variantes correspondant aussi à des modes de transport plurinodaux. CPT (carriage paid to – port payé jusqu'à) : le transfert de risques s'effectue au premier transporteur, le vendeur assumant tous les frais de transport jusqu'au terme de la livraison et CIP (carriage and insurance paid to – transport et assurance payés jusqu'à). La différence avec CPT consistant en la prise en charge du paiement des assurances par le vendeur.

Depuis 1993 les normes Incoterms servent aussi pour la réalisation de la Déclaration d'échanges de biens intra-communautaires (ou DEB) obligatoire au service des douanes chaque mois.

12.6.2 Chargement des contenants (camions, wagons, conteneurs)

Le problème est différent selon qu'il s'agit de livraisons homogènes (tous les contenants livrés à la même adresse) ou d'organisations de tournées.

Pour les livraisons homogènes, la priorité est donnée à l'optimisation de l'utilisation du volume disponible.

Le principe est d'établir dans l'ordre :

– un répertoire des différents contenants utilisés dans les camions, avec leurs caractéristiques dimensionnelles (hauteur, largeur, profondeur) et autres (colis au sol, colis gerbable, positionnement possible (vertical, horizontal)) ;
– un ensemble de règles applicable au chargement de chaque type de camion.

Exemple

« Ne pas mettre au sol en position verticale, des produits sur lesquels on ne peut rien charger. »

À partir de là un logiciel d'optimisation doit permettre d'établir les configurations types puis des combinaisons d'agencements.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple

1er niveau 3 fois la même référence en largeur, 2 rangées en profondeur, 2e niveau colis à plat couché, 2 en profondeur, 1 colis en pointe couché, etc.

Dans le cas de tournées, la priorité est donnée au choix de l'ordre des destinations puis celui-ci étant établi à la diminution du temps de déchargement.

12.7 Cycle des commandes clients et ECR

12.7.1 Efficient Consumer Response

L'Efficient Consumer Response ou ECR est une initiative prise en 1993 par un certain nombre de grandes entreprises industrielles et commerciales travaillant ensemble. Son objectif est d'offrir une meilleure réactivité, et à un moindre coût, face aux demandes des clients. Pour cela, ses principes sont d'améliorer l'intégration des tâches au sein du processus logistique[1], en englobant l'ensemble des partenaires de l'entreprise, en évitant toute méthode qui ne serait profitable qu'à un des deux partenaires du couple (fournisseur, client) et dont le client final serait en fin de compte la victime. Sa traduction pratique est l'existence d'une association ECR[2], tant au niveau mondial, européen, que dans la plupart des pays d'Europe.

Le système modélise l'entreprise en terme de contraintes puis doit permettre de simuler l'impact d'un événement nouveau sur le reste de l'activité.

L'aide à la décision associée doit ainsi permettre en théorie :

– d'améliorer la réactivité de l'entreprise face à une demande client nouvelle ;
– de diminuer le stock moyen tout en minimisant les conséquences des ruptures ;

1. Supply Chain – cf. chapitre 10.4.
2. http://www.ecrnet.org/, http://www.ecr-academics.org/

– d'optimiser les expéditions (gestion des véhicules, des tournées, de leur remplissage) ;
– d'optimiser l'implantation des points de livraison et des stocks.

Les grands principes sont la dématérialisation de flux papiers et un flux marchandise sans rupture, des fournisseurs (chaîne de fabrication) jusqu'au point de vente.

12.7.2 Contenu de l'ECR

Trois axes sont traités en priorité pour satisfaire les objectifs de l'ECR :
– le « category management » ou gestion par catégorie de produits ;
– la reconstitution du consommé réel ;
– l'usage de certaines technologies.

■ Gestion par catégorie de produits

Les fournisseurs améliorent le service au client en :
– gérant le stockage de telle façon que le produit demandé soit au bon moment au bon endroit ;
– distinguant les articles nouveaux, les assortiments, les promotions et en leur affectant des modes de gestion distincts et appropriés.

■ Reconstitution du consommé réel (ou RCR)

Inséparable de l'appel par l'aval[1], les techniques en sont le partenariat avec les fournisseurs (un seul fournisseur par article approvisionné), la production synchrone ou le renouvellement de consommation, le cross-docking, les entrepôts automatisés.
C'est le point de vente qui doit fournir l'information primaire pour mener à bien la gestion de la chaîne logistique.

■ Technologies efficaces

L'usage d'un certain nombre de techniques nouvelles ou non est considéré comme indissociable du concept ECR :

1. Cf. chapitre 13 « Production par l'aval et kanban ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– l'EDI ;
– les virements bancaires automatisés ;
– le codage des articles et la gestion des bases de données articles et tiers ;
– l'usage de la méthode ABC [1] pour le calcul des coûts de revient.

L'application de ces technologies exige l'application de trois processus :
– la saisie de données issues des flux physiques et informationnels et leur traitement informatique ;
– le traitement logique de ces données, leur interprétation et leur restitution tant dans une présentation synthétique que dans une présentation analytique ;
– l'échange de données entre partenaires commerciaux.

Au sein de l'ECR, il est posé enfin que ces technologies sont utilisées dans un ensemble intégré et non individuellement et que l'usage de ces technologies est commun tout au long de la chaîne logistique à tous les partenaires de cette chaîne et non restreint à un ou plusieurs de ces partenaires.

1. Activity Based Costing – cf. chapitre 22 « Coût de revient ».

13 • PRODUCTION PAR L'AVAL ET KANBAN

13.1 Passage en flux tirés – Appel par l'aval[1]

13.1.1 Point d'entrée de la gestion par l'aval

Une fois mises en place les conditions de l'appel par l'aval (cf. chapitre 9), le passage en flux tirés suppose la définition des méthodes utilisées. Dans le cas idéal l'appel par l'aval est mis en place tout au long du processus de production. Mais ce cas doit être adapté aux rigidités de certains processus de production.

Deux cas se présentent alors.

13.1.2 Gestion par l'aval en fin de processus

Lorsque le cycle commercial est supérieur au cycle de production, déterminer les opérations qu'il est possible d'effectuer à l'intérieur du cycle de production. Cette zone 1 fonctionne en appel par l'aval (fig. 13.1). Les sous-ensembles semi-finis ou certains composants montés (dans la zone 1) sont stockés en amont de la zone 1, par un système à recomplètement. La fabrication de la zone 2, comme les approvisionnements de la zone 3 sont pilotés par un MRP[2] à base de prévisions de vente (puisque la commande à ce stade n'est pas connue).

1. Cf. *La production par les flux*, Hervé Grua, Jean-Michel Segonzac, Dunod, 2e édition, 2003.
2. Cf. chapitre 18 « Méthode MRP ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

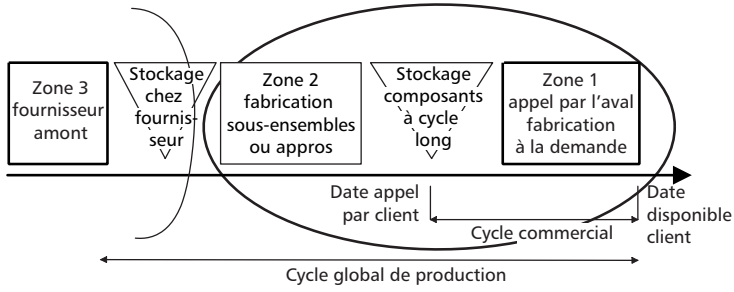


Figure 13.1 – Détermination du point d'appel par l'aval.

La philosophie d'amélioration continue du Juste-à-temps impose alors de chercher à remonter vers l'amont le point de départ de la zone 1.

13.1.3 Gestion par l'aval en début de processus

Le déclencheur n'est alors plus une commande client mais la date planifiée d'une opération prévue (fig. 13.2).

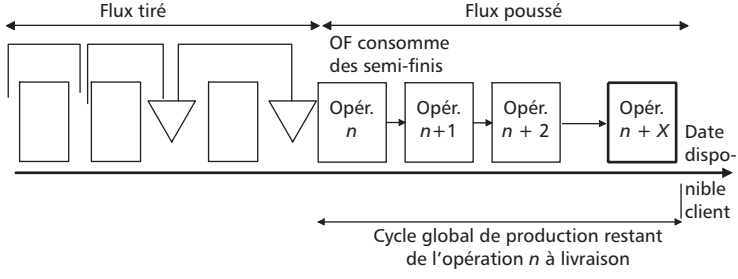


Figure 13.2 – Détermination du point d'appel par l'aval.

Ce cas est fréquent dans le cas de certaines technologies ou obligations légales (passage au service des Mines à date fixe par exemple). Au-delà

de la gestion d'atelier, il correspond à une définition des produits (semi-fini arrêté avant l'opération *n*) et des méthodes.

Selon ensuite les types de production et de technologie utilisées dans le processus, plusieurs méthodes pratiques de gestion d'atelier peuvent être utilisées :

– le renouvellement de consommation ou kanban. On recomplète en amont les consommations de l'aval ;
– la production synchrone ;
– la réquisition.

13.2 Renouvellement de consommation ou kanban

13.2.1 Le kanban, mesure de consommation

Le système kanban, s'il s'inscrit dans le système de production JAT, a une structure propre bien définie. Le kanban (mot japonais signifiant étiquette) est une fiche de papier, généralement insérée dans une enveloppe de matière plastique, qui se présente par exemple comme sur la figure 13.3.

Figure 13.3 – Exemple d'étiquette kanban.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

À chaque produit en fabrication est associé, de manière univoque, un kanban sur lequel se trouve notamment la référence du produit et la quantité contenue dans le conteneur.

Tout conteneur plein doit être accompagné d'un kanban.

Le fait qu'un kanban se trouve dissocié de son conteneur signifie que ce dernier a quitté l'usine ou l'atelier pour être livré à un client (client final ou atelier client intermédiaire).

L'autorisation de fabriquer est matérialisée par le kanban. Si le tableau du poste de travail ne contient plus de kanban, l'opérateur ne doit plus fabriquer pour cette référence.

13.2.2 Schéma de circulation mono-kanban

Le principe de circulation d'une étiquette est représenté sur la schéma de la figure 13.4 :

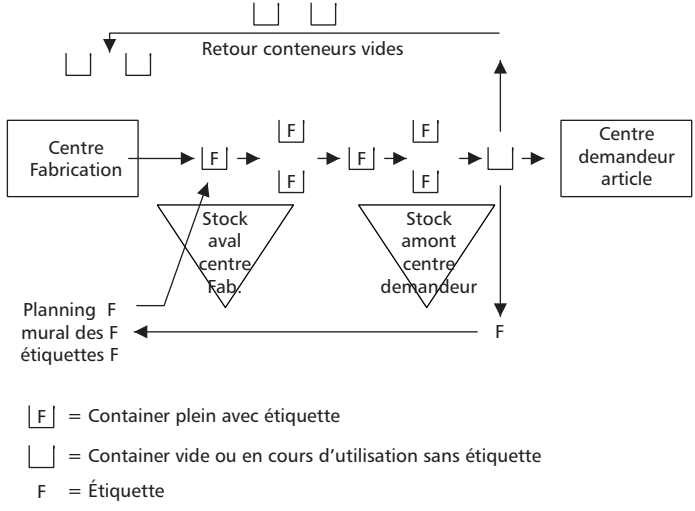


Figure 13.4 – Schéma de circulation mono-kanban.

L'atelier aval décroche le kanban de chaque bac qu'il entame, et les kanbans décrochés sont retournés à l'amont et déclenchent la fabrication.

Chaque poste amont alimente un seul poste aval. L'identité de l'article est spécifiée sur le kanban. Le kanban est alors un kanban spécifique (par opposition à générique – cf. ci-après).

13.2.3 Kanban de fabrication et kanban de transport

La cellule vient chercher la quantité désirée de l'objet dont elle a besoin. L'amont fabrique alors la quantité correspondant exactement à cette demande. Le transport des pièces d'une cellule à l'autre pose aussi un problème d'étiquettes, le plus souvent résolu par la variante du double kanban (fig. 13.5).

Le chaînage par double kanban est surtout intéressant dans les liaisons de type atelier 1-atelier 2. Ce type de bouclage permet en effet d'approvisionner la même pièce vers plusieurs lignes sans risque de perte de kanban, et sans avoir à individualiser chaque ligne de production sur le tableau du fournisseur de la pièce.

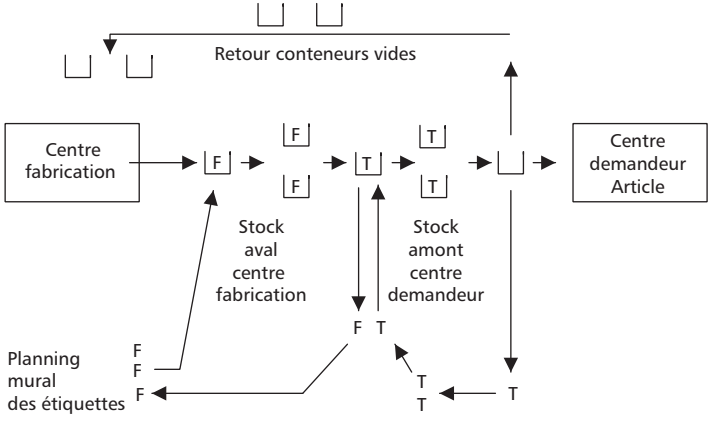


Figure 13.5 – Kanban de fabrication et kanban de transport.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les caractéristiques sont les suivantes :
– chaque référence provient exclusivement d'un seul poste amont;
– l'échange kanban-F (kanban de production)/kanban-T (kanban de transfert) se fait au moment du dépôt, par le manutentionnaire approvisionneur de l'aval.

Ce système permet un encombrement minimal en aval et une plus grande clarté des circuits de manutention quelle que soit la cadence de consommation de chaque aval par référence.

13.2.4 Kanban générique

La méthode de recomplètement kanban a concerné d'abord des lignes de production homogènes pour des articles définis (kanban spécifique – cf. plus haut).

La carte kanban peut aussi être définie par rapport au poste de travail et non par rapport à l'article. Dans ce cas le code article n'est pas marqué sur le kanban. Seuls sont indiqués le centre amont et le centre aval. Pour les distinguer, police de caractères et couleur pourront être différentes (fig. 13.6).

Dans le cas d'un poste de travail amont pouvant alimenter plusieurs postes aval selon les produits à fabriquer, les kanbans retournés par les centres aval donnent au centre amont l'autorisation de fabriquer. Celui-ci choisit alors dans la file d'attente des travaux ceux qui concernent en priorité le poste demandeur.

Exemple

Le kanban F2 concerne le poste 2, le kanban F3 le poste 3. L'opérateur au poste 1 fabrique les articles qui doivent ensuite aller vers le poste pour lequel il a des étiquettes kanban. Dans l'exemple, 10 kanbans (5 F2 et 5 F3) sont en circulation. Au choix suivant l'opérateur constate qu'il a 4 kanbans F2, donc que le centre 2 doit être approvisionné au plus vite. Il fabriquera des pièces destinées au centre 2 plutôt que des pièces destinées au centre 3 (cf. figure 13.6).

Cette technique est bien adaptée aux cas de pseudo-lignes, tant qu'un centre alimente au maximum cinq centres de travail aval différents. Elle complète la technique du critère d'ordonnancement[1].

1. Cf. chapitre 20 « Planning et charge – distribution du travail ».

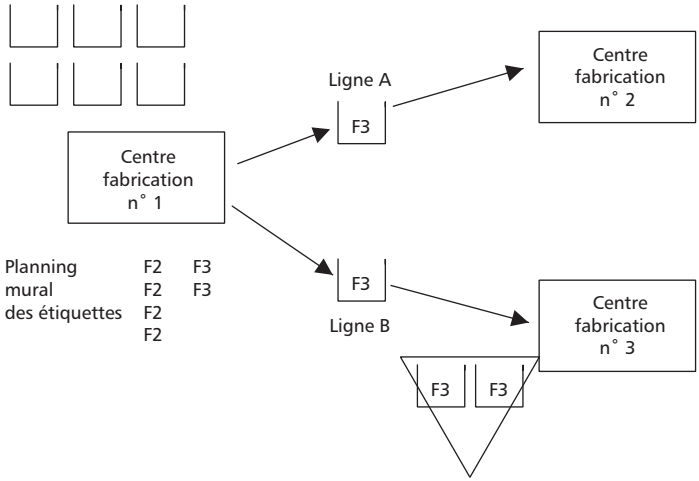


Figure 13.6 – Kanban générique et poste commun à deux lignes.

13.3 Paramètres du recomplètement

Sur le fond, la méthode de renouvellement du consommé réel[1] est une méthode classique de recomplètement d'un stock. Le principe consiste donc à lancer quand on arrive au stock mini au poste client (c'est-à-dire quand tous les kanbans sont revenus au poste amont), et à arrêter de fabriquer dès que l'on atteint un stock maxi (c'est-à-dire quand les kanbans sont dans les conteneurs).

13.3.1 Conteneur

Le conteneur est l'unité de transfert d'un poste de travail vers un autre. La quantité contenue dans le conteneur constitue un lot de transfert, le

1. Dans le groupe PSA, on parle de RECOR pour « recomplètement de consommation réelle ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

but (cf. ci-dessous 13.3.2) est alors de faire correspondre ce lot de transfert au lot de fabrication. La taille du conteneur sera adaptée à la taille et au nombre de pièces à transférer mais devra si possible être standardisée dans l'entreprise.

La capacité d'un conteneur est une donnée importante du dimensionnement de la boucle de recomplètement. On estime en effet que le nombre de kanbans doit être de l'ordre de 1/10 de la consommation journalière : il faut donc des conteneurs de taille relativement faible. Si la formule étudiée ci-après en 13.3.5 donne un nombre d'étiquettes trop bas, il faut revoir à la baisse la taille des conteneurs, afin de permettre une modification éventuelle du nombre de kanbans en circulation en fonction du niveau d'activité, donc des cadences.

13.3.2 Lot d'engagement (ou de lancement)

Le poste ayant été étudié dans le cadre de la méthode SMED, le temps de changement de série est minimum[1]. Mais il n'est pas souvent nul et il n'est pas raisonnable de changer trop souvent de type article. Le lot d'engagement correspond au nombre minimum de conteneurs de la référence que l'on doit atteindre avant de décider la mise en fabrication. La détermination du lot d'engagement se fait en comparant coût de lancement et coût de stockage[2].

En simplifiant, on peut admettre que le temps de réglage ne doit pas excéder 10 % du temps de fabrication du lot.

Dans le cas particulier de fabrication de faible série et faible valeur, on peut fixer de manière empirique le lot d'engagement au besoin mensuel ou hebdomadaire.

L'unité de commande doit correspondre à plusieurs conteneurs standards.

Le point de commande peut être matérialisé par le niveau vert du tableau des kanbans (quand celui-ci existe) ou par un kanban triangulaire inséré entre deux conteneurs.

1. Cf. chapitre 9 « Production en Juste-à-temps ».
2. Cf. chapitre 17 « Stocks et en-cours de production ».

Il peut aussi s'appliquer aux stocks de matières premières, avec un kanban par exemple bleu indiquant la nécessité de recommander, et un kanban rouge spécifiant un réapprovisionnement d'urgence. L'utilisation des kanbans visuels pour les approvisionnements gagne (sauf cas très particuliers) à être remplacée par un message (EDI ou fax ou e-mail) au fournisseur, car dans ce cas les approvisionnements sont assurés physiquement de la même manière mais de plus le système d'information est à jour, élément indispensable à une gestion intégrée.

13.3.3 Cycle de l'étiquette kanban

Le cycle de l'étiquette kanban est le temps nécessaire entre la consommation d'un conteneur et l'arrivée au poste de travail d'un nouveau conteneur.

Ce cycle de retour *Ct* comprend[1] :

– le temps de retour de l'étiquette kanban à l'atelier amont ;
– le temps de file d'attente devant le poste mesuré entre l'instant de création des conditions de possibilité de lancement au centre amont, et le moment où le poste devient disponible (il faut attendre la libération des machines, et peut-être même le passage d'autres fabrications prioritaires) ;
– le temps de préparation et réglage du poste ;
– le temps de transport du bac plein au poste aval ;
– le temps de fabrication pour un conteneur.

Si *Qc* est la quantité d'articles dans un conteneur, et *TU* le temps unitaire de fabrication :

$$Tf = TU \times Qc$$

On peut aussi faire le calcul avec une cadence (horaire *Ch*, quotidienne *Cq*, etc.) au lieu d'un temps unitaire.

$$Tf = (Qc \times 1 \text{ heure})/Ch$$

1. Il est calculé de la même manière que lors du calcul du temps de cycle d'une opération, avec en sus le temps de retour de l'étiquette – cf. chapitre 5 « Gammes de production », section 5.4 « Cycle opératoire et cycle de fabrication ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple

TU = 2 minutes, cadence *Ch* = 30 pièces/heure.
Si le conteneur contient 90 pièces :
Tfab = *Qc*/*Ch* = 90/60 = 3 heures.

13.3.4 Niveau d'alerte

Lorsque le dernier kanban est consommé, il est trop tard pour approvisionner le poste aval. Le cycle nécessaire à ce réapprovisionnement ayant été déterminé, on anticipe la consommation du poste aval en lançant la fabrication dès qu'un stock mini est atteint au poste aval.
Le nombre de contenants nécessaire est donc égal à :

Nb conteneurs = Cycle (étiquette)/ temps de fabrication 1 conteneur
= *Ct*/*Tfab*

Exemple (suite du précédent)

On suppose que *Ct* = 6 heures, alors le nombre de contenants pour le niveau d'alerte est égal à 6/3 = 2.

On peut l'exprimer d'une autre manière pour le même résultat par la formule suivante dite « formule Toyota ».

N_{alerte} = ((Besoin/période)/Capacité 1 conteneur) × Cycle conteneur.

Exemple (suite du précédent)

Besoin/jour = 300 pièces/jour, capacité = 90 pièces,
cadence = 30 pièces/heure.
Cycle = 6 heures soit 0,6 jour (= 6 × 30/300).
Alors N_{alerte} = (300/90) × 0,6 = 2.

Noter que les calculs sont effectués à cadence constante. Dès que la cadence est variable, les différents résultats doivent être ajustés.

13.3.5 Nombre de kanbans en circulation

Le nombre d'étiquettes en circulation dépend du temps de réaction c'est-à-dire du « cycle de l'étiquette kanban ».

Il correspond au nombre maximum de pièces en circulation, donc détermine le niveau d'en-cours maximum.

■ Principes

Il est au minimum égal à :

Nb kanbans = lot d'engagement + niveau d'alerte + perturbations dans la fabrication

Les perturbations proviennent à la fois :

- de la file d'attente avant lancement liée :
  - d'une part au fait que le poste amont ne démarre pas immédiatement la fabrication lorsqu'il reçoit un kanban (temps d'attente statistique devant poste) et
  - d'autre part du fait que le lot d'engagement peut être supérieur à une unité. Il s'agit du temps nécessaire pour que l'atelier amont dispose du nombre suffisant d'étiquettes pour pouvoir lancer cette référence (ceci suppose donc que l'aval continue à consommer et à renvoyer des étiquettes et que le lot d'engagement soit atteint) ;
- des aléas de consommation ou sécurité.

Celle-ci est calculée comme en gestion classique des stocks[1]. Cette sécurité est donc égale à deux fois[2] l'écart type de consommation σ, multiplié par la racine du cycle D entre deux réceptions successives (soit D = lot d'engagement/cadence de consommation).

$$S_{séc} = 2\sigma\sqrt{D}$$

■ Ajustements empiriques

Le nombre de kanbans ayant été déterminé ci-dessus, on met en place une boucle kanban en créant un stock de sécurité (non muni d'étiquettes) et on observe le comportement de la boucle. Si le stock de sécurité

1. Cf. chapitre 17 « Stocks et en-cours de production – stock de sécurité ».
2. Pour un taux de couverture à 97,5%, communément retenu.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

est utilisé, on ajoute des étiquettes kanban. S'il n'est jamais utilisé, on enlève des kanbans jusqu'à arriver à un point d'équilibre (fig. 13.7).

Le système kanban n'est efficace que si un souci constant d'amélioration anime les personnes qui le font vivre. Un système kanban qui n'évolue pas n'est pas viable : il faut sans cesse vérifier la non-perte des étiquettes, le bon fonctionnement des boucles...

Le kanban est un moyen simple de visualiser les flux et les problèmes que ceux-ci rencontrent au cours de leur transit dans l'atelier. Une fois installé, le kanban est donc une excellente méthode de progrès continu : on tentera sans cesse de retirer les kanbans, afin de faire évoluer le système selon le schéma suivant :

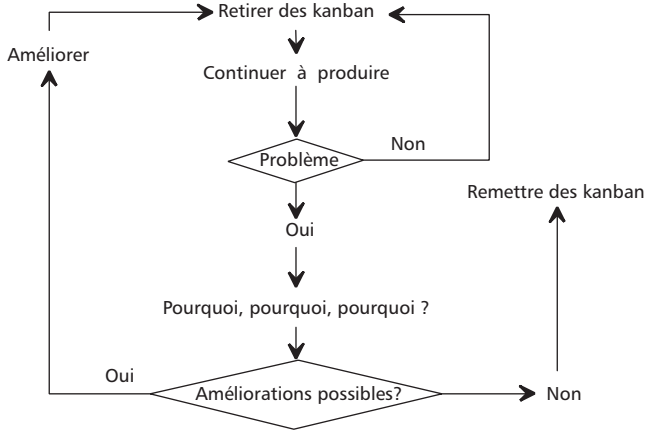


Figure 13.7 – Le système kanban comme facteur de progrès.

Le nombre de kanbans est un facteur d'améliorations : la réduction progressive du nombre d'étiquettes entraîne l'élimination des stocks, si bien que les stocks ne participent plus à l'absorption de l'irrégularité de la production ; cela permet de mettre en lumière les processus en défaut, et de déterminer les points à améliorer en priorité.

13.3.6 Organisation du poste de travail (fig. 13.8)

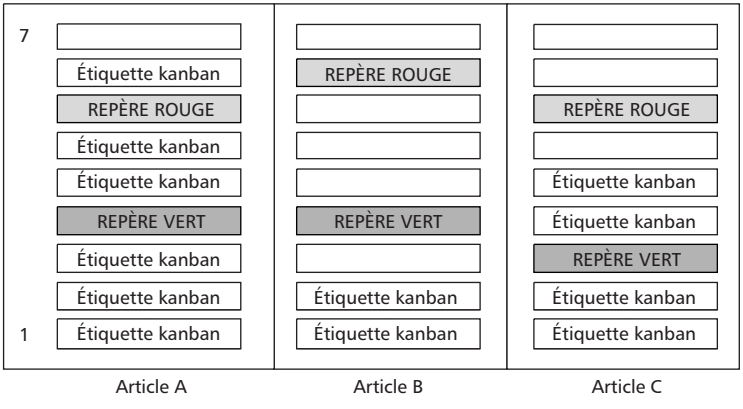


Figure 13.8 – Présentation d'un tableau kanban.

Exemple

Le tableau (fig. 13.8) correspond à des kanbans spécifiques (référence article précisée). L'opérateur doit fabriquer d'abord la pièce *A* (repère rouge dépassé), puis la pièce *C*. La pièce *B* ne doit pas être fabriquée (niveau des kanbans inférieur au lot d'engagement de trois conteneurs).

Dans le cas du kanban spécifique, la dimension du tableau limite le nombre d'articles fabriqués sur un poste à vingt ou trente références au grand maximum.

Le tableau de lancement de l'atelier amont présente pour chaque pièce fabriquée, en colonne, les étiquettes retournées de l'aval. Un tableau vide correspond à des conteneurs pleins, on ne doit alors pas fabriquer. Un tableau plein correspond à ces conteneurs vides, le poste aval risque un désamorçage.

Sur chaque colonne, on matérialise un niveau vert[1], correspondant soit au lot de lancement minimum ou lot d'engagement, soit au niveau à

1. On peut aussi définir trois niveaux, vert, orange, rouge par exemple.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

partir duquel on doit lancer une préparation (aller chercher un outil par exemple), et un niveau rouge, correspondant au niveau d'alerte, pour lequel il faut fournir en urgence. Le niveau rouge est déterminé à partir du nombre de conteneurs d'alerte. On peut aussi définir deux niveaux, un niveau orange correspondant au cycle pour un temps de retour normal et un niveau rouge correspondant à un temps de retour en urgence et à une fabrication en urgence.

Le tableau kanban a alors exactement le rôle du **critère d'ordonnancement** (voir 20.8.2).

13.3.7 Kanban sans étiquette

Dans un grand nombre de cas, le principe seul du kanban a été conservé, mais la modélisation de l'information se fait par d'autres moyens que les traditionnelles étiquettes.

L'indication de la consommation, ou de baisse de stock, peut être transmise de multiples façons.

■ Kanban stock visuel

Lorsqu'une seule référence passe sur la ligne d'usinage, la baisse du stock à vue relance la fabrication de la référence unique. Les contenants n'ont pas besoin d'étiquette. Ceci évite les manipulations d'étiquettes, et évite les risques de perte et d'erreurs :

– le chariot vide, destiné à recevoir un groupe d'articles, peut être utilisé même s'il faut gérer plusieurs références, celles-ci pouvant être indiquées par la couleur du contenant ;
– l'emplacement vide a un fonctionnement équivalent : des emplacements de couleur sont aménagés sur le sol pour indiquer la référence des pièces devant se trouver à cet endroit. Il a été utilisé surtout pour l'approvisionnement en matières premières (approche visuelle)[1].

Ces systèmes présentent l'avantage d'éviter les risques de perte d'étiquette, et sont plus faciles à comprendre pour les opérateurs. Cependant, ils ne proposent pas l'aspect synthétique que proposent les tableaux kanbans,

1. Voir remarque sur le lien flux physique-flux d'information en 13.3.3.

qui permettent de voir sur un seul panneau l'état de production de nombreuses références.

■ **Kanban informatisé**

Les conteneurs sont identifiés, le marquage est unique et n'est pas réutilisable : lors de la consommation d'un conteneur, l'étiquette, munie d'un code barre, est lue par lecteur optique, et l'information de consommation est rentrée dans le système de tenue des stocks. Cette consommation peut de plus lancer l'impression d'une étiquette, symbolisant un ordre de fabrication, ou d'un message EDI au poste amont ou chez le fournisseur.

13.4 Autres méthodes de production par l'aval

13.4.1 Production synchrone

Le principe consiste à synchroniser la production des différents semi-finis avant l'assemblage et le montage final. Cette méthode est surtout utilisée d'une part dans un contexte de chaîne de montage (industrie automobile), d'autre part dans un contexte de production unitaire (industrie de la défense, gestion par affaires).
Il s'agit ici de lier des OF père-fils et de calquer la fabrication des composants fils sur l'avancement de la fabrication du père.

Exemples

Lors de la fabrication de la maison, l'électricien est appelé dès que les portes, fenêtres et toits ont été posés mais pas avant.
Le passage d'une voiture à un certain point de la chaîne de montage déclenche chez le fabricant des sièges un lancement de recomplètement.

Le fournisseur n'a pas le droit de fabriquer tant qu'il n'a pas reçu d'instructions du client aval. La rapidité de transmission du signal d'appel est un point important pour l'efficacité du système.
La production synchrone fait appel aux notions de contremarque et d'engagement (une fabrication est faite pour un besoin identifié).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

13.4.2 Réquisition

Le principe de la réquisition consiste à :

1. donner au fournisseur des prévisions de consommation (long terme) ;
2. préciser les besoins fermes sur les semaines à venir (moyen terme, MRP)[1] ;
3. appeler les livraisons au quotidien en fonction des consommations réelles constatées pour la fabrication des articles (messages EDI DELJIT ou INVRPT pour les stocks en consignation).

Le stock nécessaire est soit en consignation chez le client, soit bloqué et affecté chez le fournisseur qui le finance.

La méthode de réquisition concerne les articles à cycle de fabrication ou d'approvisionnement long, ou de faible consommation qui ne relèvent pas des deux méthodes précédentes.

13.5 Implantation d'un système d'appel par l'aval

13.5.1 Méthodologie

La première recommandation lorsque l'on envisage d'implanter une boucle d'appel par l'aval est que celle-ci résulte d'une méthode globale, qui doit être appliquée dans l'ensemble de l'entreprise si l'on veut éviter que les problèmes, de stocks notamment, ne se décalent d'un centre de production à un autre.

Les étapes peuvent alors être les suivantes :

1. Réunion de quelques volontaires en un groupe d'étude

Pendant environ 4 à 6 mois : le groupe étudie l'amélioration de la chaîne de production et sa synchronisation et la réduction du stock par les boucles de recomplètement.

1. Cf. chapitre 18 « Méthode MRP ».

2. Décisions prises par la direction générale

En effet, la méthode d'appel par l'aval étant d'une extrême lourdeur à installer, et nécessitant des investissements importants, par l'information de tous les opérateurs notamment, il est indispensable que la direction se penche très sérieusement sur la philosophie de la méthode, qui est rarement bien comprise, quels que soient les niveaux hiérarchiques. Cette étape pourra donc durer 3 mois.

3. Choix d'un ou plusieurs ateliers pilotes

Les critères de ce choix peuvent être, entre autres, la cadence des produits ou la maîtrise de la fabrication dans sa globalité, et bien sûr, la présence des pré-requis (qualité, rapidité des changements d'outils...). Il faut ensuite analyser les données relatives à ce pilote (gammes...) et faire un effort sur l'information et la formation de l'ensemble du personnel du pilote (vidéos, questionnaires pédagogiques, simulations pourront animer les réunions régulières visant à démontrer les avantages d'un tel système).

4. Organisation des équipes de lancement

Analyse de la situation actuelle et de ses problèmes. Amélioration de ces points. Le temps nécessaire (quelques mois) est utilisé pour établir les procédures de fonctionnement, nommer des équipes dans chaque atelier pilote, élaborer un prototype de signal de recomplètement (étiquette kanban, ou autre), et la méthodologie associée (cf. plus haut).

5. Essais dans le pilote

Il est conseillé de commencer par les postes de montage, puis assurer un suivi particulièrement strict donc notamment :

– organiser de nombreuses réunions pour traiter un à un les problèmes rencontrés ;
– examiner particulièrement les cas de pertes de kanbans.

L'objectif ensuite est de régulièrement diminuer les stocks intermédiaires (donc le nombre de kanbans) et d'en tirer les conclusions qui s'imposent (quels sont les points de la ligne de production qui limitent le système ?). La diminution des stocks réalisée fera l'objet d'un bilan. Si celui-ci est positif, la direction pourra envisager le passage à l'étape suivante. Cette période peut durer environ 10 mois.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

6. Généralisation à l'ensemble de l'entreprise

Les résultats obtenus dans le pilote ont été probants. Dans ce cas, on généralisera rapidement le système. Dans l'autre cas, il faudra étudier le préjudice causé par l'introduction de l'appel par l'aval dans le pilote vis-à-vis de son environnement, et en particulier s'il y a report des stocks sur les autres unités de production.

13.5.2 Hypothèses et conditions d'implantation

On peut parler d'appel par l'aval pratiquement dans tous les cas de ventes régulières à un client.

À l'intérieur de l'atelier, l'implantation du kanban spécifique se justifie chaque fois que la demande sera exprimée en quantités journalières de production (cadences) plutôt qu'en quantité à livrer à telle ou telle date (notion d'OF). Le kanban générique peut être employé dans un cadre beaucoup plus large (cf. 13.2.4 ci-dessus).

La méthodologie pourra être employée chaque fois que les cadences de fabrication ne varient pas de plus de 10 ou 20 % par rapport à une valeur d'équilibre.

14 • SOUS-TRAITANCE INDUSTRIELLE

14.1 Définitions[1]

14.1.1 Sous-traitant et fournisseur

Une entreprise effectue vis-à-vis de son client une opération de sous-traitance industrielle lorsque :

– elle effectue la réalisation d'une opération de conception, d'élaboration, de fabrication, de mise en œuvre ou de maintenance d'un produit pour le compte du client, à l'intérieur d'un cycle de production déterminé ;

– elle est tenue de se conformer pour cette opération aux spécifications (techniques et/ou générales) définies avec et par le client.

Le client est dit donneur d'ordres. L'entreprise qui réalise l'opération est dite sous-traitant ou plus rarement preneur d'ordres.

Cette définition :

– exclut les produits dont la conception n'est pas liée à celle de l'article produit par le donneur d'ordres (donc en particulier tous les produits sur catalogue dont l'existence est préalable à celle du produit du client) ;

1. Pour plus de détails consulter la norme X50-300 sur la sous-traitance industrielle.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– ne définit pas la nature du contrat entre le donneur d'ordres et le sous-traitant ;
– inclut les prestations de service rattachables à une opération de production. Elles seront incluses dans les coûts directs liés au produit ;
– exclut les prestations de service effectuées pour les services généraux de l'entreprise donneur d'ordres (nettoyage des locaux, facilities management informatique, publicité institutionnelle), qui sont du domaine de la sous-traitance générale[1], ainsi que la fourniture de main-d'œuvre qui ne correspond pas à l'exécution d'une tâche précise (personnel intérimaire).

Si l'entreprise fournisseur prend la responsabilité technique de la conception d'un produit spécifique, elle n'agit plus dans le cadre de la sous-traitance industrielle, même si certaines contraintes ont été déterminées par le client.

14.1.2 Les différentes sous-traitances

■ Délégation de production

C'est la sous-traitance industrielle d'un ensemble complet. Le donneur d'ordres garde la responsabilité de la conception en amont et de la commercialisation en aval.

Exemple

Fonderie d'art, cadeaux publicitaires…

■ Sous-traitance de fonction

C'est une opération de sous-traitance portant sur la réalisation d'un sous-ensemble remplissant une fonction précise dans tout ou partie du produit.

Le terme « fonction » doit en général pouvoir être défini par un verbe ou une action suivi d'un complément d'objet et d'un qualificatif précisant la nature technique et l'importance relative.

1. Dont cet ouvrage n'a pas vocation à traiter.

Exemple

Câblage des commandes hydrauliques d'une machine spéciale.

Attention

Si le preneur d'ordres est responsable de la conception du sous-ensemble fonctionnel considéré il n'y a plus sous-traitance mais fourniture.

■ Sous-traitance de spécialité

On parle de sous-traitance de spécialité lorsque le donneur d'ordres fait appel à un sous-traitant qui dispose de compétences ou d'équipements dont elle ne dispose pas. Le sous-traitant est alors un spécialiste par rapport aux opérations qui lui sont confiées.

■ Sous-traitance de capacité

On parle de sous-traitance de capacité lorsque le donneur d'ordres est lui-même équipé pour effectuer les travaux qu'il confie au sous-traitant.

La sous-traitance de capacité est conjoncturelle lorsque le donneur d'ordres utilise les services du sous-traitant en raison d'une surcharge d'activité ou d'une baisse momentanée de sa capacité (panne…).

Elle est structurelle si l'entreprise est désireuse de conserver une partie de ses capacités de production de manière permanente et donne une partie de sa production à réaliser au sous-traitant.

■ Cas particulier : cotraitance

La cotraitance correspond à la participation de plusieurs entreprises dans un projet avec une égalité de responsabilités juridiques et financières. Les cotraitants peuvent être conjoints si chacun est responsable de la partie qu'il exécute, ou solidaires s'ils sont engagés chacun pour la totalité du contrat vis-à-vis du client final.

Dans les marchés publics, les cotraitants sont représentés par l'un d'eux en qualité de mandataire.

Dans les contrats privés, les cotraitants peuvent être représentés par un mandataire comme dans cas précédent, ou par un tiers assurant le rôle d'architecte industriel dans la réalisation du projet.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Cas particulier : travail à façon[1] ou façonnage

Le sous-traitant est un « façonnier » si :
– il reçoit du donneur d'ordres les composants sur lesquels il effectue la ou les opérations (ou au moins la plus grande proportion en terme de coûts) ;
– ces composants sont financés par le donneur d'ordres ;
– si les directives ou spécifications techniques sont assurées de façon partagée (si le donneur d'ordres définit seul les spécifications techniques, on entre dans le cadre général de la sous-traitance industrielle).

■ Cas particulier : le coassemblage

Il ne s'agit pas d'une sous-traitance industrielle.

Né récemment avec la multiplication des variantes dans certaines professions, il revient à déléguer au distributeur du produit la possibilité d'effectuer le stade final de la fabrication, afin de diminuer le nombre de produits codifiés, le produit résultant n'ayant d'existence que vis-à-vis de la commande du client.

Exemple : les grands distributeurs informatiques (Ingram Micro, Techdata…) commandent des produits non montés à Hewlett-Packard, et effectuent eux-mêmes l'assemblage d'un certain nombre de modèles qui leur ont été commandés par les clients. C'est une application de la production en appel par l'aval.

14.2 Envoi en sous-traitance et commandes fournisseurs

14.2.1 Chronologie

La gamme précise dans le cas d'une sous-traitance :
– la description de la prestation associée (en général sous forme d'un pseudo-article afin de passer et identifier une commande au sous-traitant) ;

1. Ou TAF (prononcer « taf »).

– le cycle de la sous-traitance prévue (en jours voire en heures) ;
– la quantité prévue.

Dans le cas d'une prestation susceptible de se répéter la chronologie est en général la suivante :
1. commande au fournisseur ;
2. envoi des « bruts » et/ou des composants au sous-traitants en une ou plusieurs fois ;
3. réception des pièces qui met à jour la commande et l'avancement de la fabrication.

Lorsqu'il s'agit de prestation à exécuter de manière unique : la chronologie peut alors devenir :
1. préparation de l'ordre de fabrication ;
2. envoi des « bruts » et/ou des composants accompagnés de la commande fournisseur, la commande est alors affectée à l'OF ;
3. réception des pièces et solde de la commande au fournisseur, mise à jour de l'avancement de la fabrication.

14.2.2 Cas d'envoi en sous-traitance

Il y a de manière simplifiée trois grandes familles de cas :

La sous-traitance globale

La gamme est formée d'une seule opération de sous-traitance. Les composants sont fournis (sinon il s'agirait d'une commande d'achat et non de sous-traitance – cf. définitions en 14.1).

La sous-traitance de début de processus ou d'assemblage

La matière première et les composants sont fournis au sous-traitant qui rend un produit très différent de celui qu'il a reçu.

Exemple

La fourniture d'un kit de montage au sous-traitant qui rend le produit monté.

L'envoi en sous-traitance doit alors effectuer la sortie de stock des composants utilisés, s'ils sont envoyés avec la pièce principale, la sortie à partir du dépôt du sous-traitant s'ils ont fait l'objet d'une mise en dépôt préalable.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La sous-traitance technologique de milieu de gamme

Physiquement le produit envoyé et le produit reçu se ressemblent. On doit se garder toutefois de les confondre. L'envoi en sous-traitance n'effectue aucun mouvement vis-à-vis du stock. Seul l'en-cours de fabrication sera affecté (augmenté) lors du retour des « bruts ».

Exemples

Traitement thermique, traitement de surface, stérilisation, ionisation, contrôle radiographique.

La réception de fin de sous-traitance ne s'effectue jamais sur l'article lui-même sauf si la sous-traitance est la dernière opération de la gamme.

Enfin, on se doit de distinguer les sous-traitances avec des fournisseurs prédéfinis (et unique par produit) pour lesquels l'envoi est très analogue au passage d'un poste à un autre, avec les sous-traitances pour lesquelles on doit choisir au coup par coup les fournisseurs (c'est le cas en particulier de nombre de sous-traitance de capacité). Le prix doit alors être réindiqué au niveau de l'OF pour les calculs de coûts, éventuellement le jalonnement modifié pour tenir compte du délai proposé par le fournisseur sous-traitant.

14.2.3 Planification des envois en sous-traitance

Il est intéressant que la méthode MRP au-delà des projets d'OF et d'OA détecte les prévisions d'envois en sous-traitance puis que le système de gestion permette ensuite l'envoi de l'information au sous-traitant. Ceci lui permet d'entrer dans son propre système de gestion des prévisions de charge.

14.2.4 Bon d'envoi en sous-traitance

Distinct de la commande, il doit préciser :

– les coordonnées du fournisseur ;
– la référence à l'OF et à la commande au fournisseur. En conséquence aucun prix ou référence contractuelle n'a besoin d'être marqué sur le bon d'envoi, ceux-ci se trouvant sur la commande ;
– la quantité envoyée et/ou fournie ;
– le délai prévu de retour ;

– éventuellement des spécifications techniques (mais il est préférable qu'elles soient simplement rappelées sur la commande) ;
– d'éventuelles références de transport.

14.3 Réception

14.3.1 Suivi administratif

La sous-traitance est plus complexe à suivre administrativement qu'une commande de fournitures. Celle-ci n'a que quatre états (commandée, reçue, facturée, pointée en comptabilité).
La commande de sous-traitance est caractérisée par les états suivants :
– commandée ;
– mise en dépôt préalable éventuelle de composants chez le sous-traitant ;
– fabrication lancée ;
– 1 à *n* envois en sous-traitance ;
– 1 à *x* (*x* pouvant être différent de *n*) réceptions mettant à jour la commande mais aussi les coûts relatifs à l'OF ;
– facturation ;
– pointage en comptabilité.

À un instant donné il est utile de pouvoir connaître :
– les envois qui auraient dû être retournés et ne l'ont pas été ;
– le montant des en-cours chez les différents sous-traitants ;
– éventuellement la charge en heures, kilogrammes, montant selon l'unité d'œuvre de la prestation effectuée confiée au sous-traitant ;
– d'éventuels stocks de composants mis en dépôt préalable chez le sous-traitant.

14.3.2 Traçabilité

Dans le cadre de la traçabilité amont[1], il importe de consigner dans le dossier de traçabilité de l'ordre de fabrication les envois et réceptions effectuées.

1. Cf. section 10.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Celles-ci peuvent dans certaines industries déterminer des sous-lots qui seront enregistrés au niveau de la réception par rapport à une identification des pièces ou des colis.

15 • POUR UNE BONNE UTILISATION DE L'ATELIER : MAINTENANCE ET ENVIRONNEMENT

15.1 Maintenance

La maintenance est la fonction qui doit permettre d'améliorer le taux de disponibilité des ressources de l'entreprise, de diminuer les gaspillages. Elle est définie comme « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

15.1.1 Types de maintenance

On distingue généralement les maintenances corrective (ou curative), préventive, et prédictive.

■ Corrective ou curative

La maintenance corrective est celle effectuée après l'apparition d'une défaillance ou panne[1]. On distingue alors la réparation ou remise en état du matériel à son niveau normal, du dépannage, opération provisoire permettant de continuer le travail.

1. En anglais « corrective maintenance » suppose une maintenance comprenant une amélioration par exemple de fiabilité ou de maintenabilité. Ce n'est pas un synonyme de la maintenance corrective en français.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On remarquera que le vocabulaire utilisé pour la fonction maintenance est un peu moins précis que celui utilisé en gestion de la qualité qui distinguait les actions curatives, correctives et préventives.

■ Préventive

La maintenance préventive correspond à des interventions effectuées dans le but de réduire la probabilité de défaillance. Elle peut être « systématique », si elle est effectuée selon un échéancier ou un nombre d'unités d'usages consommées, prédéterminé. Il peut s'agir d'observations d'organes, ou de périodes définies, ou d'un compteur du nombre d'utilisations de l'appareil étudié, et ce afin de diminuer au maximum la probabilité de défaillance ou de baisse de niveau de service rendu.

Exemple

Le ramonage annuel de cheminée exigé par les compagnies d'assurance.

Ce type de maintenance est coûteux dans la mesure où l'indicateur utilisé (la période ou le compteur de référence) est au minimum de l'intervalle de probabilité de la défaillance. Ceci a pour conséquence qu'on intervient sur l'élément maintenu plus souvent qu'il ne devrait être nécessaire.
La maintenance préventive devient « conditionnelle » si elle est subordonnée à l'apparition d'un type d'évènement prédéterminé (mesure, diagnostic).

Exemple

Le changement des plaquettes de freins sur une voiture dès l'apparition du voyant d'alerte d'usure.

L'apparition de ce symptôme est de type oui/non. Il apparaît ou pas. L'enregistrement des données effectuées à chaque observation va permettre de prédire la fréquence d'apparition du symptôme (cf. ci après).

■ Prédictive

La maintenance prédictive est une évolution de la maintenance préventive conditionnelle.

La connaissance de la fréquence d'apparition du symptôme permet de prévoir les conditions de son apparition donc de disposer des pièces nécessaires au moment le plus probable de son apparition mais seulement à ce moment.

Exemple

La mise en place d'une base de données avec les dates de changement des outillages et les cycles entre deux entretiens permet de prévoir et donc planifier les prochaines dates d'entretien de ces outillages et donc de programmer les arrêts machines correspondants.

15.1.2 Niveaux de maintenance

On classe de plus en général ces travaux en échelons ou niveaux de maintenance, correspondant à des degrés croissants de complexité.
La norme américaine MIL STD définit ainsi trois niveaux de maintenance :
– niveau utilisateur (ou organizational maintenance) ;
– niveau intermédiaire (ou intermediate maintenance) ;
– niveau supérieur (ou depot maintenance).

De même l'armée de l'air française définissait :
– Échelon 1 : Entretien et échange de gros sous-ensemble.
– Échelon 2 : Échange de pièces déficientes d'un sous-ensemble.
– Échelon 3 : Réparation au niveau des composants.
– Échelon 4 : Démontage complet et contrôle systématique.

La norme Afnor 60-015 de la même façon définit cinq niveaux de maintenance (ou NTI : niveaux techniques d'intervention) :
– niveau 1 : réglages simples sans démontage et au moyen de documentations fournies ;
– niveau 2 : dépannage par échange standard ;
– niveau 3 : diagnostic de pannes, réparation par échange de composants ;
– niveau 4 : maintenance corrective ou préventive effectuée dans les ateliers du fabricant ou de ses sous-traitants ;
– niveau 5 : réparation ou reconstruction confiée à un atelier spécialisé.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Chacun de ces niveaux ou échelons correspond à des ressources dans l'organisation en personnel, matériel de test et réparation, pièces de rechange, procédures.

15.1.3 Indicateurs (analyse FMDS – fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sûreté de fonctionnement)

■ Fiabilité

La fiabilité est la « probabilité qu'un bien accomplisse une fonction requise, dans des conditions données, pendant un temps donné »[1] sans défaillance.
La fiabilité s'exprime le plus souvent par l'indicateur MTBF (Mean Time Betweeen Failure = temps moyen de fonctionnement entre deux défaillances). Il s'obtient en divisant le temps total de fonctionnement de l'installation par le nombre d'arrêts causés par une panne dans la même période, et il correspond à l'espérance mathématique de la variable *P*, période d'apparition d'une panne. On définit le taux de défaillance λ comme l'inverse du MTBF :

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

Dans l'armée on utilise aussi le MTBCF (ou Mean Time Between Critical Failure) qui correspond aux pannes critiques, c'est-à-dire pour lequel l'organe considéré n'assure plus la fonction pour laquelle il a été créé.
Il est classique d'utiliser des « blocs diagramme de fiabilité » pour l'analyse des liaisons entre composants.
L'usage des procédures de maintenance préventive entraîne généralement une augmentation du MTBF.

■ Maintenabilité

La maintenabilité est, « dans des conditions données d'utilisation, l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des moyens et des procédures prescrits ».[2]

1. Définition Afnor.
2. Définition Afnor X60-010.

L'état dans lequel le bien désigné accomplit la fonction requise doit ainsi avoir été défini à la fois en termes de performances et de seuil de tolérance.

La maintenabilité se mesure alors par la probabilité de remise en service d'un moyen arrêté dans un temps donné.

Soit T le temps de réparation. Alors :

$$M(t) = prob(T < t)$$

L'indicateur usuel est alors le MTTR = Mean Time To Repair ou moyenne des temps techniques de réparation. C'est la durée moyenne d'arrêt de l'équipement pour panne, que le service de maintenance vise à diminuer :

$$MTTR = \frac{\text{Durée totale des réparations de la période}}{\text{Nombre de pannes}}$$

Le taux de réparation μ est alors l'inverse du taux de maintenabilité MTTR :

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

■ Disponibilité

C'est « l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité, et de l'organisation de maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées »[1].

En conséquence, la disponibilité dépend :

– du nombre de pannes (fiabilité) ;

– du temps de réparation (maintenabilité) ;

– des procédures définies (organisation de la maintenance) ;

– de la qualité des moyens mis en œuvre (logistique) ;

1. Définition Afnor.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On définit la disponibilité intrinsèque (ou Availability) par :

$$\text{Disponibilité } A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

et la disponibilité opérationnelle par :

$$\text{Disponibilité } A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + PM + ALDT}$$

avec

PM = temps de maintenance préventive (preventive maintenance) ;

ALDT = temps de maintenance administrative et logistique (ou *Administrative Logistics Delay Time*).

■ Sûreté de fonctionnement (SDF)

La sûreté de fonctionnement est une synthèse des indicateurs de fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité et de sécurité. La sûreté de fonctionnement est une notion générale sans caractère quantitatif. Elle découle de l'analyse des risques et de leur criticité (AMDEC) telle qu'elle est étudiée en section 7.3.

15.2 Méthodes de maintenance

15.2.1 Méthode RCM (Reliabilility Centered Maintenance)

L'objectif de la méthode est la définition dans l'entreprise d'un plan de maintenance, établi conjointement par les opérateurs de production et les techniciens de maintenance.

Étape 1 : Recueil des données : sûreté de fonctionnement par ressource.

Étape 2 : Classer les équipements par priorité de maintenance décroissante.

Étape 3 : Réalisation d'AMDEC[1] pour les articles sensibles.

Étape 4 : Classement des équipements par criticité décroissante.

1. Cf. chapitre 7.

Étape 5 : Définition du plan de maintenance préventive.
Étape 6 : Contrôle et retour à l'étape 3.

15.2.2 Total Productive Maintenance (TPM)[1]

La TPM ou Total Productive Maintenance est née avec le Juste-à-temps[2]. On a vu que le JAT supposait une production toujours égale à la demande client, et que si la demande baissait, la production devait s'interrompre si nécessaire. De plus, la fluidité et la réactivité de la production supposaient « Zéro panne ».

Ces deux principes ont donc pour corollaire que les temps non occupés à la production effective seront affectés à l'amélioration de la fiabilité de l'atelier donc à une **maintenance productive** (**TPM** ou Total Productive Maintenance).

Celle-ci réfute la séparation entre les équipes d'entretien et les opérateurs des machines en insistant sur la responsabilité des hommes dans l'apparition des pannes machines. Celles-ci n'apparaissent pas de façon « magique ». Les hommes créent les pannes en négligeant l'entretien de leur outil de travail. On parle alors de **détérioration entretenue**.

Le TPM demande en face d'un défaut l'analyse sur le terrain en commençant par la méthode des « pourquoi ? pourquoi ? pourquoi ?... » introduite par Ohno chez Toyota.

Le TPM peut alors être synthétisée par quatre étapes (selon la description faite par Sei-Ichi Nakajima) :

0. ou État initial : les entretiens et modes opératoires sont négligés ⇒ la distribution des probabilités de panne dans le temps est très étalée autour de la moyenne. Une remise en état complète est nécessaire pour restaurer les conditions initiales d'utilisation de la machine.
1. Lutte contre la « détérioration entretenue », respect des modes opératoires de la machine. La maintenance devient préventive et non plus uniquement corrective. Ces programmes d'entretien préventif permettent d'avoir une probabilité beaucoup plus faible de panne de la machine avant l'intervention des équipes de maintenance.

1. Seiichi Nakagima, *La maintenance productive totale (TPM). Mise en œuvre,* Afnor, 1989.
2. École « Toyota ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

2. Formation des opérateurs au diagnostic des risques de panne et à une meilleure utilisation de la machine. Ceux-ci sont habilités désormais à arrêter la production et appeler les équipes de maintenance (dispositifs « andon »). On met en place des « poka-yoke » et on modifie la machine pour la rendre plus fiable. Cette phase permet d'allonger les cycles de maintenance préventive.
3. Cette étape correspond à une maintenance « conditionnée ». Les entretiens sont déclenchés par le service entretien non plus sur le seul critère du cycle (maintenance préventive → le déclencheur est le temps écoulé depuis la dernière opération) mais sur signal d'analyseurs plus sophistiqués. Le cycle de fonctionnement sans panne ni intervention, donc sans arrêt de production, doit s'en trouver encore allongé.

On passe ainsi à une maintenance préventive puis prédictive.

Exemple

MM. Tanada et Suzue de la Japan Management Association citent ainsi le cas d'une usine dans laquelle, après vérification des 36 000 écrous, 32 % d'entre eux ont dû être resserrés. Le taux d'utilisation des postes de travail s'est alors accru de 9 %.

15.3 Environnement

15.3.1 Propreté et déchets, élimination des déchets[1]

■ Principes

L'évolution des mentalités, l'importance dans les entreprises des déchets industriels ont incité le législateur à introduire une réglementation sur l'élimination des déchets.

On distingue les déchets industriels banals (ou DIB), les déchets industriels spéciaux (ou DIS) et les règlements liés au transport.

1. http://www.ccip.fr/bourse-des-dechets/index.html.

La loi[1] concerne l'élimination de tous les types de déchets et l'ensemble des activités qui s'y rapportent (collecte, transport, stockage, tri, traitement,...).

Les principes en sont les suivants :

1. réduire à la source la production de déchets en intervenant sur la fabrication, sur la distribution et sur les modes de consommation ;
2. limiter ou traiter la fraction polluante ou le caractère dangereux des déchets avant leur stockage définitif ; organiser le transport des déchets en le limitant en distance et en volume (principe de proximité) ;
3. valoriser les déchets par réemploi, réutilisation, recyclage, ou toute autre action visant à obtenir, à partir de ces déchets, des matières premières secondaires ou de l'énergie ;
4. limiter l'enfouissement aux seuls « déchets de déchets » (notion de déchets ultimes), sans autre fin possible, à compter du 1er juillet 2002 ;
5. assurer la transparence de l'ensemble de la filière d'élimination des déchets.

Les producteurs ou détenteurs de déchets ont donc une obligation d'élimination et doivent pouvoir justifier de la destination finale donnée aux déchets. Il leur est interdit d'abandonner des déchets, de les brûler (si l'entreprise ne possède pas d'autorisation au titre des installations classées pour ce faire), d'effectuer certains mélanges (le producteur de déchets se doit de séparer les huiles usagées, les PCB, et les déchets d'emballages industriels et commerciaux d'avec les autres catégories de déchets), d'effectuer des rejets non conformes dans le réseau d'assainissement collectif ; enfin d'enfouir des déchets bruts (à partir du 1er juillet 2002).

La loi[2] réglemente les activités susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement… Selon le degré de gravité de l'impact sur l'environnement résultant de ces activités, les installations classées seront soumises à autorisation ou déclaration. Ces activités sont définies dans la Nomenclature des installations classées.

1. Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 modifiée par la loi n° 92-646 du 12 juillet 1992.
2. N° 76-663 du 19 juillet 1976 modifiée.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Une taxe est perçue sur le stockage des déchets. Elle est intégrée au dispositif de la taxe générale sur les activités polluantes[1].

■ Déchets industriels banals (DIB)

Il s'agit des déchets ménagers et assimilés et concernent peu les industries. Pour les déchets ménagers et assimilés (et donc les DIB), le taux de la taxe était en 1999 de 9,15 euros / tonne. Cette taxe est acquittée par les exploitants des installations de stockage de déchets ménagers et assimilés. Le taux est doublé pour le stockage des résidus provenant des usines d'incinération de déchets ménagers et assimilés (Résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères – Refiom).

■ Déchets industriels spéciaux

Les déchets industriels spéciaux posent des problèmes spécifiques à la fois sur les plans technique, juridique et financier. Le principe retenu pour leur élimination est celui du pollueur payeur. La loi sur les déchets favorise les technologies propres et la valorisation (c'est-à-dire la récupération des matériaux) ; les déchets doivent être ensuite traités afin que seuls les déchets ultimes soient stockés. Le producteur ou le détenteur des déchets en est responsable. Il y a de plus obligation de reprise à la charge du producteur, notamment en cas de refus par l'éliminateur, ou d'élimination incorrecte.

La notion de « déchet ultime » a été introduite en 1992 : celui-ci ne peut plus, dans les conditions techniques et économiques du moment, faire l'objet d'un traitement visant à en retirer une part valorisable ou à en réduire encore le caractère polluant ou dangereux. À partir du 1er juillet 2002 seuls les déchets ultimes pourront encore être mis en décharge.

Les déchets stockables sont répartis en deux catégories, A et B. Ils doivent être stabilisés.

Les déchets de la catégorie A concernent les cendres, les poussières issues de la métallurgie, les résidus d'épuration des fumées d'incinération de déchets, sels métalliques...

1. TGAP, décret n° 99-508 du 17 juin 1999.

Les déchets de la catégorie B concernent par exemple les boues d'épuration d'effluents industriels, les résidus de peintures, les sables de fonderie, les mâchefers, les résidus d'amiante,...

Un déchet est considéré comme stabilisé lorsque l'on a réduit sa perméabilité à l'eau et sa fraction lixiviable[1] et lorsque l'on a amélioré sa tenue mécanique de façon à ce qu'elle satisfasse aux critères d'acceptation des déchets stabilisés[2].

Pour le traitement de certaines catégories de déchets, des agréments préfectoraux sont prévus dans la loi. C'est le cas pour la collecte et le traitement des huiles usagées, pour le traitement des déchets contenant des PCB et PCT (PolyChloroBiphényles et PolyChloroTerphényles ou pyralènes), ainsi que pour les emballages usagés non ménagers.

Pour les déchets industriels spéciaux, le taux de la taxe sur l'élimination est révisable tous les ans par l'état. Elle est acquittée par les exploitants des centres de stockage de classe 1 et par les installations d'élimination par incinération, co-incinération, traitement physico-chimique ou biologique. Le tonnage pris en compte pour le calcul de la taxe est, pour toutes les installations de traitement des déchets industriels spéciaux, le tonnage de déchets réceptionné, déduction faite du tonnage de matière valorisée. Le montant de la taxe est répercuté dans le prix fixé par l'exploitant.

Le taux de la taxe double par rapport au taux de base lorsque les déchets industriels spéciaux vont directement au centre de stockage sans traitement préalable, par contre ceux-ci ne sont pas taxés lorsqu'ils sont valorisés comme matière.

La mise en activité d'une installation de stockage des déchets (installation classée) est subordonnée à la constitution de garanties financières (caution bancaire intégrée lors de la mise en service ou lors du changement d'exploitant).

1. La lixiviation est l'opération consistant à faire passer lentement un solvant à travers une couche d'un produit en poudre, pour en extraire un ou plusieurs constituants solubles (parfums et alcaloïdes, ou or et cuivre dans des minerais). Source : *Petit Larousse,* édition 2000.
2. Selon l'article 122 de l'annexe I de l'arrêté ministériel du 18 décembre 1992.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les activités soumises à cette réglementation sont définies par une nomenclature des installations classées, mise à jour périodiquement. Les substances sont classées par nature de risque (toxicité, inflammabilité, comburation,...) et par branches d'activités (agricoles, agroalimentaires, industries mécaniques et métallurgiques, élimination des déchets,...).

Les établissements dont l'impact sur l'environnement est réduit, sont soumises seulement à une déclaration préalable. Par contre, les établissements ou installations qui génèrent des nuisances ou présentent des risques importants pour l'environnement sont soumis à autorisation et ne peuvent fonctionner sans une autorisation préfectorale d'exploitation.

Lors de la cessation d'activité, l'exploitant est tenu de remettre son site en état.

L'industriel doit :

– identifier et caractériser chaque déchet de façon spécifique, notamment en fonction des filières d'élimination possibles;
– éviter de mélanger les déchets industriels banals et les déchets industriels spéciaux (si la production de DIS est supérieure à 0,1 tonne par mois, ou si le chargement excède 0,1 tonne);
– choisir pour les faire traiter et/ou éliminer une installation appropriée et autorisée à les recevoir au titre des « Installations Classées »;
– bien veiller au choix collecteur/transporteur; la réglementation du transport des matières dangereuses nécessite une déclaration en préfecture et impose à certains déchets spéciaux des règles d'étiquetage et des moyens de transport adaptés aux risques;
– lors de son expédition, veiller à la remise au collecteur/transporteur du « Bordereau de suivi »;
– pour les producteurs concernés, veiller à tenir correctement le registre des déchets spéciaux et à faire à la DRIRE ou au STIIC une déclaration (lorsque les quantités générées l'imposent).

■ Transport des déchets

Depuis le 1er janvier 1999, le producteur/détenteur de déchets, responsable de leur élimination doit donc s'assurer que ses prestataires de services sont en conformité avec ces dispositions légales.

L'activité de transport par route (collecte, chargement, déplacement et déchargement) doit faire l'objet d'une déclaration auprès de la prefecture du département du siège social de l'entreprise pour des quantités supérieures à 0,1 tonne par chargement de déchets dangereux, à 0,5 tonne par chargement des déchets autres que dangereux.
Ce dossier de déclaration oblige le déclarant à ne transporter des déchets que vers des installations de traitement conformes à la loi, procéder à la reprise et à l'élimination des déchets transportés par ses soins s'il était amené à les abandonner dans un lieu non conforme à la réglementation relative au traitement des déchets, et à informer sans délai le préfet de département, en cas d'accident ou de déversement accidentel de déchets.

15.3.2 Norme ISO 14000[1]

La famille de normes ISO 14000, est consacrée à l'environnement. Elle est définie par le comité technique ISO/TC 207. Les deux premières normes, ISO 14004 et ISO 14001, publiées respectivement en septembre et en octobre 1996, portent sur les systèmes de management environnemental (SME[2]). Un système de management environnemental fondé sur les normes ISO 14000 est un outil de gestion qui permet à une organisation de maîtriser l'impact de ses activités, produits ou services sur l'environnement en ayant fixé au préalable des objectifs et des cibles en matière d'environnement.
Les normes ne fixent aucun niveau de performance environnemental, elles doivent permettre de définir une approche stratégique globale des politiques, plans et actions de l'organisation en matière d'environnement.
Les nomes ISO 14010 et 14011 permettent de définir les lignes directrices d'un audit environnemental (14010 = lignes directrices, 14011= procédures d'audit).
Il ne s'agit plus alors de respecter seulement les contraintes légales mais d'avoir une attitude « proactive » et d'espérer un retour sur investissement dans le domaine de l'environnement, en particulier dans les domaines suivants :

1. http://www.iso14000.com/.
2. Environmental Management System (EMS).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– réduction du coût élimination des déchets;
– économie d'énergie et de matières premières;
– coûts de distribution diminués;
– image de la société améliorée auprès des clients et des autorités;
– cadre général et global d'amélioration continue pour la gestion de l'environnement.

C

Combien ?

16 • PLAN INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

16.1 Horizon de planification

La planification à long terme est la première étape de la démarche de planification et ordonnancement (fig. 16.1).

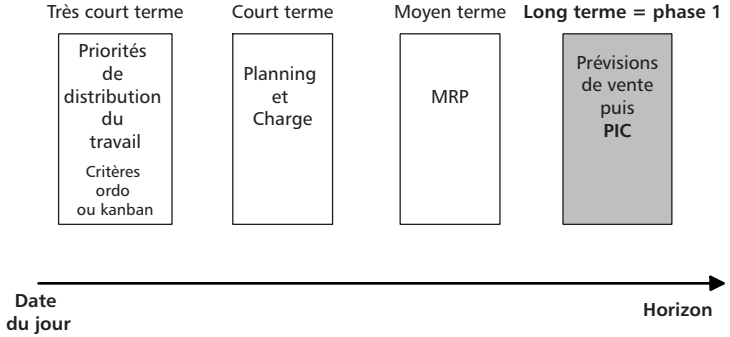


Figure 16.1 – Place du plan industriel et commercial dans le processus de planification-ordonnancement.

Elle concerne l'année ou les années à venir suivant les types de production (1 an dans l'Industrie de la mode, 10 ans dans l'Aéronautique) et est fortement liée à la gestion budgétaire. Le laps de temps sur lequel elle s'applique s'appelle l'horizon de planification.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

L'horizon de prévision est établi sur une durée supérieure de plusieurs mois au précédent afin de permettre le glissement dans le temps des résultats de la planification.

En deçà d'une certaine limite (l'horizon gelé), les méthodes de la planification à long terme ne sont plus applicables et sont remplacées par celle de l'ordonnancement à moyen terme. L'horizon gelé correspond à la période sur laquelle la demande est bien maîtrisée, et sur laquelle un changement sur les paramètres de planification devient difficile (fig. 16.2).

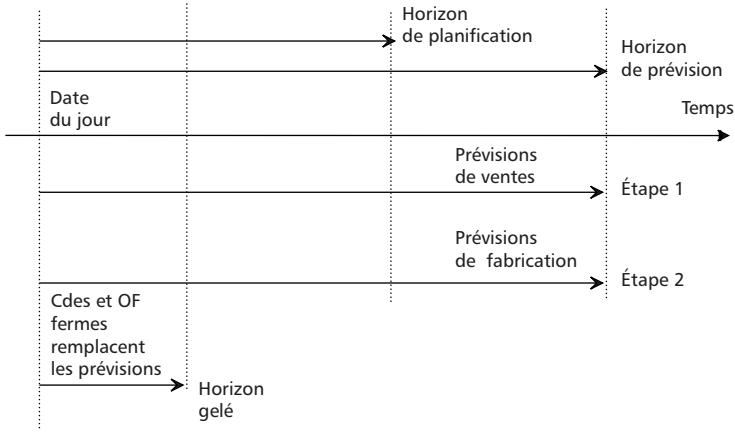


Figure 16.2 – Horizons et planification à long terme.

16.2 Prévisions de vente, extrapolation et évaluation

16.2.1 Définition et rôle des prévisions de vente

La détermination de la demande est un paramètre essentiel de la gestion de l'entreprise. Sa traduction technique s'exprime par les prévisions de vente, entrées du système de planification à long terme.

Pour chaque période considérée (en général le mois, voire le trimestre, si on établit des prévisions à plus d'un an), on établit le volume des ventes prévisionnelles d'un article ou ensembles d'articles.
L'unité utilisée est le plus souvent l'unité de vente ou l'unité de tarification.
On peut noter aussi que très souvent les prévisions sont préparées par des personnes différentes d'une part, à des niveaux d'agrégation différents d'autre part. Ainsi, si dans l'entreprise les prévisions de vente sont établies par marché, les prévisions utilisées dans le plan directeur seront la somme des prévisions de chacun des marchés.
Les prévisions seront éventuellement établies en valeur (c'est-à-dire à partir de notion de chiffre d'affaires et non de quantité) mais dans tous les cas on se ramènera dans les calculs d'établissement du plan directeur à des prévisions en quantité (en divisant par un prix moyen de vente le plus souvent).
L'objet sur lequel se construisent les prévisions de vente doit former un ensemble de données suffisamment simple pour être validé par les différents intervenants des services commerciaux et marketing. Elles seront donc établies en général sur des familles de produits (avec un maximum de 10 à 20). Il peut être intéressant d'établir de plus pour chaque famille un pourcentage des ventes (en quantités de chaque article par rapport aux ventes de la famille).
Dans les entreprises s'adressant directement au consommateur final (par opposition au marché « business to business »), il est fréquent d'utiliser une méthode d'intégration des prévisions de vente par niveau (fig. 16.3). On peut citer à ce propos le schéma de T.L. Newberry et Carl D. Bahme[1].

Exemple

Une société produit des vêtements. Le code article sera le plus souvent le couple (modèle, taille) ou le triplet (modèle, tissu, taille). Le pourcentage des ventes de chaque tissu dans les ventes du modèle est établi dans un premier temps (méthode d'évaluation – cf. infra). Le pourcentage des ventes de chaque taille dans un modèle donné est établi à partir de l'expérience et des statistiques du passé (extrapolation – cf. infra).

1. Cf. T.L. Newberry et Carl D. Bhame, How management should use and interact with sales forecasts, *Inventories and Production Magazine*, juillet-août 1981.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

À partir de là, l'établissement des prévisions de vente sur le modèle établit de fait automatiquement (via le calcul) des prévisions de vente au niveau de chaque article.

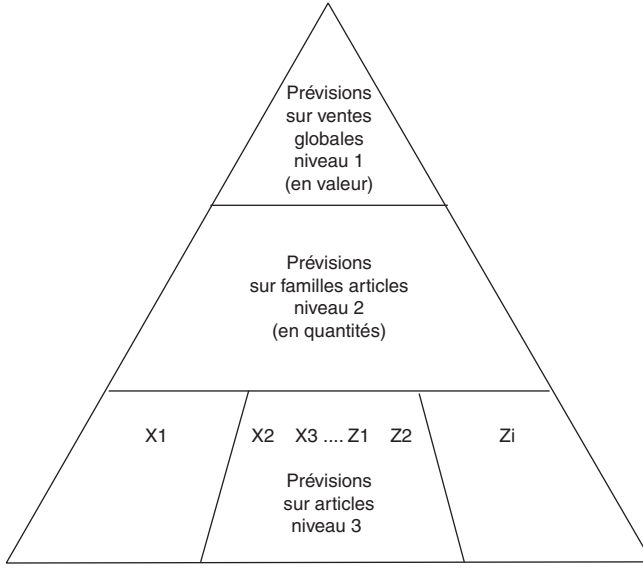


Figure 16.3 – Niveaux des prévisions de vente.

16.2.2 Extrapolation

L'extrapolation consiste à exploiter les renseignements passés, c'est-à-dire de manière générale :

– recueillir des données sur le passé (notion d'historique), donc exploiter des statistiques chronologiques (établies sur différentes périodes ou intervalles de temps) ;

– imaginer que la tendance (le « trend ») représentée par ces données dans le passé va se reproduire dans l'avenir. Pour cela on pondère ces don-

nées (« lissage » de l'historique) en tenant compte de leur âge (plus la donnée est âgée et moins elle a de poids) et leur état (exceptionnel ou non, élimination des anomalies).

Différentes méthodes d'extrapolation sont décrites dans le paragraphe suivant. Les Américains distinguent les prévisions par extrapolation (« forecasting ») dont les sources sont d'origine objective, des évaluations qui sont des « prévisions subjectives » (« predictions »).

Les séries de données utilisées peuvent correspondre à des statistiques internes à l'entreprise (statistiques de vente par client ou par type de produit par exemple), ou externes (exemple : statistiques de progression du marché des téléphones mobiles dans ces dernières années, courbes démographiques, etc.).

La période d'agrégation des données (semaine, mois, trimestre, année) varie selon l'horizon et le métier de l'entreprise.

Il est parfois nécessaire de modifier les données brutes ainsi collectées lorsqu'elles sont affectées d'un événement non reproductible dans le futur.

Exemple

L'effet du championnat du monde de football en France en 1998 sur la vente de téléviseurs est difficile à reproduire tous les ans, mais cet effet a, d'après les chiffres connus en 2000, dopé les flux de touristes en France aussi en 1999.

La donnée objective est donc parfois trompeuse ou incomplète.

16.2.3 Évaluation

L'évaluation part non du passé, mais de renseignements sur l'avenir. Elle utilise les renseignements acquis sur les tendances futures par les services commerciaux et marketing.

Ainsi par exemple, on demandera à chacun des représentants des secteurs de vente, les volumes qu'ils estiment pouvoir vendre dans la ou les périodes considérées pour chaque produit ou famille de produits définie pour la planification long terme.

Dans la mesure où les données résultantes sont fortement liées à la personnalité de celui qui les a recueillies, on bâtira toujours trois modèles :

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– le premier dit pessimiste (A) ;
– le deuxième dit optimiste (B) ;
– le troisième dit réaliste, donnant la valeur la plus probable (C).

En effet, il a été montré qu'il existe une corrélation entre ces trois données, d'où la possibilité d'obtenir la moyenne statistique M et l'écart type S.
On a alors :

$$S = \frac{B - A}{6}$$

car dans une loi normale, la probabilité de se trouver en dehors d'un intervalle de trois écarts type de part et d'autre de la moyenne n'est que de 0,0026.
Dans ce type de distribution, la moyenne statistique M se trouve au tiers de l'intervalle séparant le mode C (ou valeur la plus probable) de la médiane $(A + B)/2$.
On a alors :

$$M = C + \frac{(A + B)/2 - C}{3}$$

c'est-à-dire :

$$M = \frac{4C + A + B}{6}$$

Ceci étant, le danger de cette méthode réside dans la mauvaise évaluation des trois valeurs de départ. On peut donner comme guide les instructions suivantes :
– la prévision pessimiste sera la reconduction des ventes passées en supposant que les nouveaux contacts pris n'aboutissent pas ;
– la prévision optimiste au contraire supposera que tous les contacts pris aboutissent ;
– la prévision raisonnable (évaluation la plus probable ou mode) analysera les contacts pris et considérera l'un après l'autre ceux qui ont de bonnes chances de déboucher favorablement. On constate qu'ainsi

calculée, cette dernière a peu de chance de se trouver confondue avec la médiane des deux précédentes.

16.2.4 Principes généraux de validation des prévisions

Le modèle de prévision une fois établi est mis à l'épreuve des faits. Pour chaque prévision faite, on compare ensuite avec la réalité constatée, et on introduit l'écart comme facteur de correction de la prévision suivante (fig. 16.4).

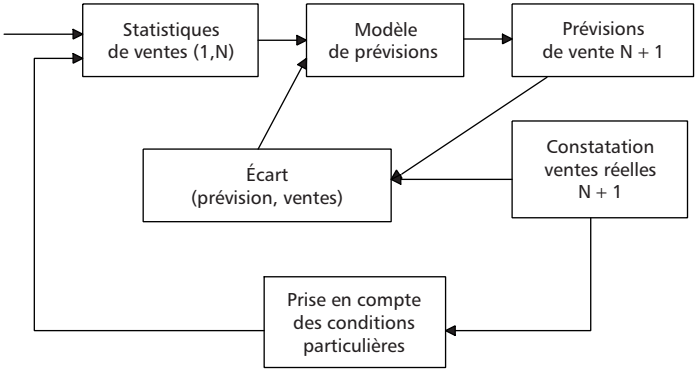


Figure 16.4 – Schéma d'utilisation d'un modèle de prévision de ventes.

16.3 Modèles de prévision par extrapolation, tendance et saisonnalité

L'objectif est de montrer dans ce chapitre comment on peut de manière pratique à l'échelle de l'entreprise élaborer un modèle de prévision utilisable dans la suite. C'est pourquoi on n'entrera pas dans le détail des méthodes mathématiques utilisées[1].

1. Qui est décrit par exemple aux pages 130 à 210 de l'ouvrage de Michel Crolais, *Gestion intégrée de la production et ordonnancement*, Dunod, 1968.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Dans une série chronologique, le principe est de décomposer le nuage de points obtenu en plusieurs éléments :
– la tendance ou trend (premier ordre) ;
– la saisonnalité (deuxième ordre) ;
– les aléas (troisième ordre) autour du point ainsi calculé.

De manière générale, afin de répondre aux nécessités de fiabilité de l'information obtenue, il a été imaginé plusieurs modes de calcul.
– additif ou multiplicatif ;
– modèles avec ou sans tendance ;
– modèles avec ou sans saisonnalité.

16.3.1 Tendance

Dans l'exemple ci-dessus, on voit que les ventes du produit *A* décroissent en moyenne d'une période sur l'autre, celles du produit *B* semblent toujours en moyenne assez stables et celles du produit *C* augmentent d'une période sur l'autre.

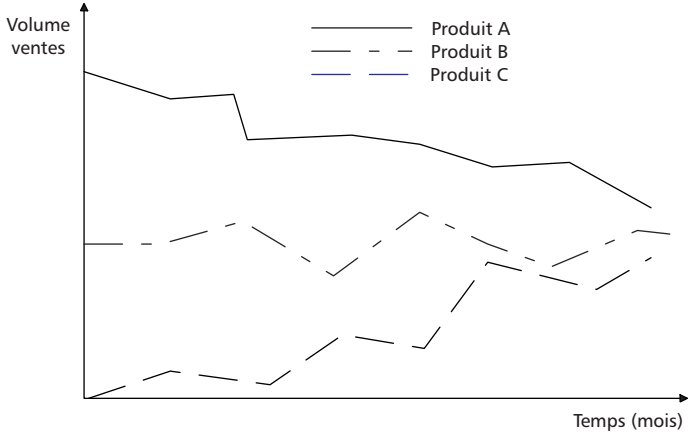


Figure 16.5 – Ventes et tendance (trend).

La tendance est en général définie par une droite, passant par un point b d'abscisse et d'ordonnées connus, et une pente a positive, nulle, ou négative (fig. 16.5).
La demande D en première approximation (phénomène de premier ordre) peut alors s'exprimer par :

$$D = b + (a \times M)$$

De manière générale, pour calculer les paramètres de la droite de tendance, d'équation $y = a\,x + b$, on utilise la méthode des moindres carrés. Cette méthode vise à minimiser les écarts entre les données et les points correspondants de la droite de même abscisse.
On ne démontrera pas ici le calcul des coefficients a et b[1]. Il donne comme résultat :

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \text{ et } b = \frac{\sum y - a\sum x}{n}$$

avec n le nombre de points pris en compte, x l'abscisse de chaque point, y l'ordonnée de chaque point.
En toute logique la droite de tendance doit être recalculée à chaque période nouvelle. En pratique, on ne refera le calcul que si la « moyenne de tendance » constatée et celle prévue divergent sensiblement.
On recalculera toujours la droite de tendance sur un cycle complet (en général l'année).
Au démarrage d'un tel calcul, on ne possède pas de données sur une année complète. Il sera alors impossible de se fier aux résultats pendant cette période de démarrage.

16.3.2 Saisonnalité (fig. 16.6)

■ Définition

70 à 80 % des entreprises livrent leurs clients de manière irrégulière en fonction de certaines périodes de l'année. Ce phénomène est appelé sai-

1. Qui se retrouve dans tous les ouvrages sur les séries chronologiques.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

sonnalité. Pour prévoir les sorties sur une période particulière de l'année, on séparera les ventes principales, c'est-à-dire celles qui suivent la tendance (le trend) des ventes particulières liées à la période ou ventes saisonnières. Les ventes principales sont donc des ventes « désaisonnalisées ».

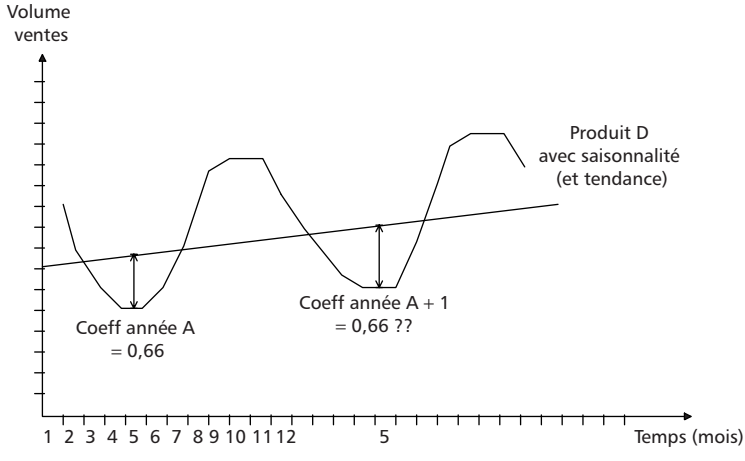


Figure 16.6 – Saisonnalité.

On en déduira alors des coefficients saisonniers. La prévision (cf. ci-dessus) est ainsi décomposée en une droite (le « trend ») et des fluctuations autour de cette droite.

On définit d'abord le nombre de moyennes conservées pour déterminer le « trend », car cette droite est fonction du nombre de périodes prises en compte. Le calcul doit être fait sur les périodes pendant lesquelles l'information est considérée comme valable (notion de période d'amortissement).

■ Calcul des coefficients saisonniers

Ils sont égaux au rapport entre la moyenne brute et la moyenne de tendance pour chacune des périodes (en général le mois) considérées.

Dans l'exemple ci-dessus pour la période 5, le coefficient est égal à 0,66 sur l'année. L'hypothèse prise est que ce coefficient se répétera sur l'année $A + 1$.

16.3.3 Illustration 1 : méthode de la moyenne mobile

Cette méthode consiste à faire la moyenne arithmétique d'un nombre de périodes donné et à chaque changement de période, à supprimer la plus ancienne période et à la remplacer par la nouvelle période connue.

Ainsi supposons que nous nous trouvons au mois n et que notre objectif soit de déterminer les ventes d'un article *PF* pour le mois $n + 1$.

On recueille alors le volume des ventes mois par mois sur les n derniers mois et on fait alors l'hypothèse que les ventes du mois $n + 1$ seront égales à la moyenne des ventes passées sur les n derniers mois c'est-à-dire à la valeur M_1 avec :

$$M_1 = \frac{a_1 + a_2 + \ldots + a_n}{n}$$

On constate ensuite que les ventes de l'article *PF* sur le mois $n + 1$ sont de a_{n+1} et on fait alors une prévision M_2 pour le mois $n + 2$:

$$M_2 = \frac{a_2 + a_3 + \ldots + a_{n+1}}{n}$$

puis une prévision M_3 pour le mois $n + 3$:

$$M_3 = \frac{a_3 + a_4 + \ldots + a_{n+2}}{n}$$

On peut constater que le « poids » de l'information sur le mois $n - 12$ est alors identique à celui du mois $n - 1$.

De la même manière, on peut constater que l'écart entre la prévision faite M_1 et le résultat constaté a_{n+1} qui est une information importante concernant la validité du modèle utilisé, n'est pas repris dans le calcul qui suit sur le mois $n + 2$.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Cette méthode présente donc deux défauts :
– elle ne pondère pas les informations en tenant compte de leur ancienneté ;
– elle ne fait pas intervenir à chaque nouveau calcul les résultats du calcul précédent.

Elle ne sera applicable telle quelle que dans certains cas particuliers, mais la logique de calcul employée sera identique dans son principe pour tous les modèles de prévisions à base d'extrapolation.

16.3.4 Illustration 2 : méthode exponentielle normale (MEN)

Elle cherche à se délivrer des inconvénients ci-dessus énoncés.

Dans un lissage exponentiel, on établit la prévision du mois suivant en corrigeant la dernière prévision par une partie de l'écart entre celle-ci et la réalisation.

La formule générale de ce type de moyenne mobile est alors :

$$M_n = (AC_{n-1} + BM_{n-1})\frac{1}{A+B}$$

dans laquelle :

M_n est la valeur de la prévision sur la période n

M_{n-1} est la valeur de la prévision sur la période $n-1$

C_{n-1} est la valeur de la consommation sur la période $n-1$

A et B sont des coefficients dits « de lissage » destinés à donner des poids différents aux informations selon leur âge.

Si on impose (par exemple) $A = B = 1$, alors :

$$M_n = (C_{n-1} + M_{n-1})\frac{1}{2}$$

ce qui signifie que la prévision sur le mois n est la demi-somme entre la réalisation du mois $n-1$ et la prévision du mois $n-1$ (on reporte la prévision en diminuant de la moitié de l'écart avec la réalisation).

Mais on avait aussi au mois précédent :

$$M_{n-1} = (C_{n-2} + M_{n-2})\frac{1}{2}$$

d'où :

$$M_n = \frac{C_{n-1}}{2} + \frac{C_{n-2} + M_{n-2}}{4}$$

ce qui donne en continuant la récurrence :

$$M_n = \frac{C_{n-1}}{2} + \frac{C_{n-2}}{4} + \frac{C_{n-3}}{8} + \frac{C_{n-4}}{16} + ... + \frac{C_1}{2^n}$$

On arrive donc à une formule exponentielle.

Ce type de prévision ne nécessite pas un historique aussi complexe que dans le cas précédent.

L'idée essentielle de la méthode exponentielle normale repose sur la nécessité d'obtenir un lissage homogène et régulier des informations. Pour cela :

– chacune des informations a au sein de l'historique un poids comparable à celui des informations qui la précèdent ou la suivent immédiatement;
– lorsqu'on passe d'une période à l'autre, le poids d'une période donnée doit devenir identique à celui qu'avait la période immédiatement antérieure dans la moyenne précédente.

Donc si l'information C_{n-2} avait un poids p dans la moyenne M_{n-1}, l'information C_{n-1} devra avoir un même poids p dans la nouvelle moyenne M_n.

En étendant ce principe à la totalité de l'historique, et en admettant d'obtenir la moyenne nouvelle par une formule de récurrence simple du type suivant :

$$M_n = (\alpha C_{n-1} + \beta M_{n-1})$$

On peut alors démontrer[1] que les poids successifs des informations devront être en progression géométrique.

On détermine ensuite la période d'amortissement, c'est-à-dire la période pendant laquelle on prend en compte les informations dans la formule de calcul de prévisions. On utilisera, par exemple, 12 mois ou 24 mois.

1. Ce qui n'est pas l'objet de cet ouvrage.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Sur 12 mois, le poids du 12e mois précédent de l'historique sera alors égal à 1/11 du poids du mois actuel.

On obtient alors des coefficients α et β d'une série appelée communément série « Renard » ou progression normale, qui dépendent de cette durée d'amortissement.

Sur une durée d'amortissement de 12 mois on aura alors par exemple :

$$M_n = (0{,}174 \times C_{n-1}) + (0{,}826 \times M_{n-1})$$

À titre de contrôle de la validité du modèle, on analysera chaque mois la variation du signe de l'écart entre prévu et réalisé. Si la somme algébrique des écarts croît chaque mois, le modèle est inadapté à la réalité. (Il s'agit par exemple d'un modèle à tendance alors qu'on a utilisé un modèle constant, c'est-à-dire sans tendance – cf. infra.)

Les quelques exemples décrits ci-dessus n'ont pas vocation à servir de base aux prévisions effectuées dans un cas particulier d'entreprise.

Cependant, il est important de bien comprendre la logique sous-jacente appliquée dans tous ces modèles dans la réalité. Cette logique procède toujours des principes exposés succinctement ici.

Enfin les prévisions de vente ne s'exercent que sur les produits vendus, c'est-à-dire sur les produits finis d'une part, sur les pièces détachées éventuellement vendues d'autre part.

16.4 Plan directeur ou plan industriel et commercial

16.4.1 Définitions

On appelle « Plan directeur de production » (en anglais « Production plan ») ou depuis quelques années « Plan industriel et commercial » (en abrégé PIC), le programme prévisionnel à long terme (à un horizon le plus souvent compris entre 12 et 18 mois), qui compte tenu des stocks et des en-cours servira à déterminer pour chaque famille de produits les quan-

tités à produire et les dates de fin de production. Il est basé sur des prévisions de demande.

Le plan directeur est alors le résultat d'une négociation entre les différents responsables de l'entreprise. Il doit permettre de mettre en accord les objectifs commerciaux et les moyens tant techniques que financiers de l'entreprise. Il en résulte des décisions d'investissements dans tous les domaines.

En tant que tel, le plan industriel et commercial n'est pas une prévision. Il est le résultat d'un certain nombre d'arbitrages et de calculs pour lesquels les prévisions de vente sont des données d'entrée des calculs.

Une fois les prévisions de vente établies, le gestionnaire définit sur l'horizon de planification les prévisions de capacité et puis celles de fabrications, en utilisant des macro-gammes.

16.4.2 Prévisions de fabrications

Les prévisions de fabrication affinées via des macro-gammes permettent d'exprimer en unités d'œuvre de capacité les besoins issus des prévisions de vente.

Les propositions de prévisions de fabrication seront alors calculées :

– soit à capacité de production constante (c'est-à-dire somme des ventes de l'année / nb de périodes utiles) ;
– soit à niveau de stock de produits finis maximal, la capacité devenant alors une variable à ajuster en fonction des besoins ainsi déterminés.

En d'autres termes il s'agit de lisser mois par mois et de manière macroscopique, la charge de production sur l'année.

Le principe est alors de définir un tableau du type suivant :

Tableau 16.1

	Stock début mois *M*	**Ventes *M***	**Prévisions fab *M***	**Stock fin mois *M***
Famille d'articles XX		Entrée du calcul	Sortie du calcul	

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple

Prévisions de fabrication à capacité constante ou régulation par les stocks.

Tableau 16.2

	Stock Début	Ventes M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}
Famille d'articles XX	100	100	100	100	100	50	50	80	20	100	120	80	50

Et stock mini = 40 en fin d'année.
La quantité à fabriquer sur l'année est alors de :
(100 + 100 + 100 + 100 + 50 + 50 + 80 + 20 + 100 + 120 + 80 + 50) – (100 – 40) = 890
Si on raisonne à capacité constante, le plus simple est de déterminer la capacité de chaque période en pourcentage de la capacité totale.
Soit par exemple (le mois d'août étant à 30 % d'un mois normal, le mois de mai à 75 % de capacité et celui de décembre à 70 % de capacité, etc.) le profil suivant.

Tableau 16.3

	Stock Début	Ventes M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}	Total
Ventes	100	100	100	100	100	50	50	80	20	100	120	80	50	950
Capacité mensuelle (%)		9,3	9,1	9,4	9,3	7*	9,3	9,3	2,8	9,3	9,4	9,3	6,5	100 %
Prévis fabrication		82**	81	84	83	62	83	83	24	83	84	83	58	890
Stock fin mois		82	63	47	30	42	75	78	82	65	29	32	40	

* En mai est réalisée 75 % de la production d'un mois normal. La capacité sera de l'ordre de $9{,}3 \times 0{,}75 \approx 7$ %.
** Au cours du 1er mois est réalisée 9,3 % de la production annuelle s'élevant à 890 articles, soit 82 articles.

Une décision est à prendre dans le cadre des arrondis nécessaires à l'obtention du total.

Dans ce schéma, on voit que l'on « surstocke » des produits en attente de les livrer (42 unités à fin janvier, etc.). Le coût de stockage qui en résulte est à comparer au coût d'une autre règle de calcul (cf. ci-dessous en 16.4.5).

Il importe toutefois de vérifier dans ce type de calcul que l'on ne passe jamais en dessous du stock mini (et encore moins en négatif) sinon la méthode n'est pas applicable en l'état.

Dans l'exemple ci-dessus, fin avril le stock descend à 30, puis fin octobre à 29 unités. Le plan ainsi calculé n'est pas valide. Le gestionnaire doit changer les règles de calcul ou plus souvent décider une ou des mesures d'exception (changement de capacité sur les mois de début, sur stockage…).

16.4.3 Prévisions de capacités

Les capacités prévisionnelles sont saisies soit au niveau usine, soit au niveau atelier, soit enfin au niveau section, et période par période (mois ou trimestre). Celles-ci sont saisies à la fois pour les machines et la main-d'œuvre. Elles permettent de décider de nouveaux investissements matériels très en amont des fabrications effectives et ainsi d'adapter le plan commercial et le plan industriel.

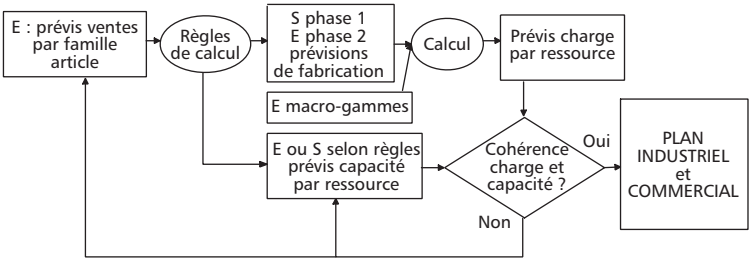


Figure 16.7 – Élaboration du plan industriel et commercial (*E* = Entrée du calcul, *S* = sortie du calcul). Les prévisions de vente sont ici présentées comme une entrée du calcul. Elles sont une sortie du calcul des prévisions effectué dans les paragraphes précédents.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La capacité sera définie le plus souvent en nombre d'unités d'œuvre par période.
Le calcul à partir des prévisions de fabrication permet alors de détecter des inadéquations entre la charge prévisionnelle et la capacité (surcharges ou « sous-charges ») et de décider des investissements en machines ou des changements d'horaires de travail (heures supplémentaires, utilisation d'intérimaires ou plans de licenciement…) (fig. 16.7).

16.4.4 Établissement du PDP ou PIC sur l'ensemble des articles

Lorsque les produits sont simples (un niveau de nomenclature et un process de production avec une ou deux technologies utilisées), l'élaboration du PIC décrite ci-dessus est suffisante. Elle peut alors être établie via un tableur la macro-gamme étant simplement un nombre d'unités d'œuvre consommée de chaque technologie.

Exemple

x kilogrammes de matière en fonderie, *x* heures en injection plastique ou montage par unité produite.

Toutefois, à l'inverse si les produits sont constitués via une nomenclature à plusieurs niveaux, ou avec des gammes utilisant de multiples technologies, il convient de continuer le processus évoqué ci-dessus en utilisant une méthode de calcul par niveau très analogue à la méthode MRP.
Les prévisions de fabrication sont éclatées sur les semi-finis de niveau 1, de niveau 2, jusqu'au plus bas niveau. La charge qui en résulte est comparée avec les capacités disponibles lorsque le calcul est terminé sur l'ensemble des articles à fabriquer et les décisions d'ajustement doivent alors être prises.

16.4.5 Exemple de règle de calcul : régulation par la capacité

Dans la régulation par les stocks, on anticipe la production chaque fois que le coût de stockage qui en résulte est inférieur au coût marginal de la production pour la date de livraison.

Le principe de régulation par la capacité consiste à adapter le plus finement possible la fabrication aux ventes escomptées ou aux commandes prises. Dans l'exemple du 16.4.2 on aurait alors :

Tableau 16.4

	Stock Début	Ventes M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}	Total
Ventes	100	100	100	100	100	50	50	80	20	100	120	80	50	950
Prévision fabrication		40	100	100	100	50	50	80	20	100	120	80	50	890
Stock fin mois		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	

Mais il est difficile de s'adapter aussi justement car la capacité est dans la plupart des cas une variable non linéaire (passage de 1×8 en 2×8 par exemple mais pas de 8 heures à 9 ou 9,5 heures par jour). Le coût de changement de capacité dépend complètement des entreprises et des conventions collectives établies[1] mais il est calculable et donc il doit être possible de le comparer avec d'autres règles de calcul.

16.4.6 Évolution du plan industriel et commercial dans le temps

Au fur et à mesure que les mois passent les valeurs prévisionnelles sont remplacées par les valeurs réelles constatées et les valeurs prévisionnelles ultérieures sont actualisées.

1. D'où l'enjeu de la flexibilité dans le cadre de la loi sur les 35 heures dans les entreprises de main-d'œuvre.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple : réactualisation en fin $M + 3$

Tableau 16.5

	Stock début	Ventes M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}	Total
Pourcentage capacité		9,3	9,1	9,4	9,3	7	9,3	9,3	2,8	9,3	9,4	9,3	6,5	100 %
Ventes prévisionnelles	100	100	100	100	100	50	50	80	20	100	120	80	50	950
Ventes réelles	98	107	89	112										
Prévision fabrication $M + 3$		82	81	84	*90*	*59*	83	83	24	83	84	83	58	890
Fabrications réelles		82	87	84										
Stock prévisionnel fin mois		82	63	47	30	42	75	78	82	65	29	32	40	
Stock réel fin mois		73	71	43	33	42	75	78	82	65	29	32	40	
Avance ou retard		– 9	+ 8	– 4										

17 • STOCKS ET EN-COURS DE PRODUCTION

17.1 Mouvements prévisionnels et profil de stock

Au-delà des mouvements physiques de stocks, la gestion prévisionnelle du stock suppose d'enregistrer les mouvements prévisionnels de sortie et d'entrée.

17.1.1 Réservation et disponible – notion de besoin

Un besoin est l'expression d'une quantité à sortir du stock à une date future connue ou non.

Lorsque sur un article est exprimé un besoin ferme pour une quantité et un délai donné, on peut tenir compte dans le calcul du stock de cette quantité en diminution du stock physique.

On parlera alors de quantité réservée ou de stock réservé et la différence entre le stock physique et le stock réservé sera le stock disponible. Le stock disponible peut être connu tous délais confondus ou alors en prenant en compte les besoins à chaque délai. On parle alors souvent dans les usines de stock « à date ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple

Soit un stock de 100 unités, un besoin de 25 unités pour la semaine + 4.
Le stock physique est de 100, le stock disponible tous délais confondus de 75, le stock disponible de s à s + 3 de 100, le stock disponible à partir de s + 4 de 75.

Contrairement au stock physique, le stock disponible peut parfaitement être négatif.

17.1.2 En-commande et stock virtuel – notion de ressource

Une ressource est l'expression d'une quantité prévisionnelle à entrer en stock à une date future connue ou non.
Lorsque cette ressource est issue d'une fabrication ou d'une commande fournisseur on parle d'en-cours de fabrication ou d'en-commande.
Le stock potentiel ou virtuel est constitué par l'addition du stock disponible et des quantités en-cours de fabrication ou de commande.
Il sera échéancé ou non dans les mêmes conditions que le stock disponible.

17.1.3 Profil de stock

Le profil de stock est l'illustration de la prise en compte des besoins (ou quantités réservées) et des ressources (ou quantités en commande ou en-cours) sur un schéma dans lequel pour une période donnée T:

$$\text{Stock}\ (T+1) = \text{Stock}\ (T) + \text{Ressource}\ (T) - \text{Besoins}\ (T)$$

Chaque événement, besoin ou ressource, se produisant dans la période considérée est affecté à cette période. La période considérée étant l'élément de discrétisation n'a pas de sous-ensemble. En conséquence, on ne distingue pas une fabrication en début ou en fin de période par exemple (tableau 17.1).

Exemple

Stock au 11.02	200 unités
Commande client au 11.02 pour le 16.02	160 (réservé)
Commande client du 12.02 pour le 13.02	120
OF de 500 lancé le 14.02, disponible le 15.02	500

Le 12.02, le stock disponible est de 200 – 160 = 40.
Si on ne connaît pas le disponible échéancé, on ne peut donc accepter la commande de 120. Dans le cas contraire, on sait que le stock virtuel au 13.02 est de 200, et de 200 – 120 + 500 – 160 soit 420 au 15.02.

Tableau 17.1 – Profil de stock.

	Stock début	Besoin (–) (réservé)	Ressource (+) (en commande)	Stock fin (=)
Date ***d***	200			200
d + ***x***	200	120		080
d + ***y***	080		500	580
d + ***z***	580	160		420
etc.				

17.1.4 Affectation

Le stock affecté est un sous-ensemble du stock réservé. Il constitue un moyen plus « ferme » de réservation avec identification du client pour lequel on réserve. Il est souvent lié à une préparation des expéditions.
On aura par exemple :
– stock physique : 100;
– stock réservé : 400 (à des délais divers), dont stock affecté : 100.

On peut alors étiqueter les lots en stock pour les quantités à expédier pour des commandes identifiées.
On peut affecter des besoins (commandes client…) à du stock physique (à la date du jour) ou à du stock virtuel (sur un OF planifié).
Les stocks affectés sont bien connus dans les entreprises dont la logistique est évoluée (« picking »), ainsi que dans les entreprises qui travaillent « à la contremarque » (par exemple les concessionnaires).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

17.2 Coûts liés aux stocks

Le coût complet d'approvisionnement d'un article (C_c) sera égal à :

C_c = Coût de première acquisition
+ Coût de passation commande (ou lancement)
+ Coût d'achat
+ Coût de possession (magasinage + financier)

17.2.1 Coût de première acquisition

Après la décision de première acquisition, le gestionnaire doit alors :
– codifier l'article ;
– définir la première commande ;
– consulter plusieurs fournisseurs ;
– s'il s'agit d'un article fabriqué, les bureaux d'étude ou des méthodes doivent établir le dossier de fabrication.

Les commandes ou fabrications successives seront ensuite moins coûteuses.

17.2.2 Coût de passation commande (ou de lancement ou d'acquisition)

Il comprend l'ensemble :
– des coûts salariaux des agents d'approvisionnement, de ceux des services comptables chargés des achats ;
– les coûts de réception et de contrôle des articles ;
– les coûts d'imprimerie (bon de commande…).

Ces coûts représentent le plus souvent 1 à 2 % du montant total des commandes passées.

17.2.3 Coût d'achat

Il est fixe pour le gestionnaire de stock, tandis qu'il est du rôle du responsable des achats de le faire diminuer.

17.2.4 Coût de possession

Ce coût recouvre en fait trois réalités distinctes.

■ Coût de magasinage

Il comprend l'ensemble des coûts de fonctionnement des magasins, salaires, loyer et chauffage au prorata de la surface, entretien des locaux, engins de manutention, informatique, assurances, pertes ou vols…

Ces différents coûts atteignent suivant les entreprises, 5 à 15-20 % de la valeur du stock.

■ Coût de rémunération des capitaux investis

Ces capitaux, investis dans le stock, produiraient des intérêts s'ils étaient investis sur le marché financier. On tiendra donc compte de ce manque à gagner (5 à *x* % selon l'inflation courante et les taux d'intérêt).

■ Coût d'obsolescence

Il est lié au vieillissement de certains articles qu'on ne peut plus vendre. Il est calculé article par article et est couramment de l'ordre de quelques pour-cent (d'autant plus élevé que le cycle de vie est court).

Le total des coûts liés au stock peut donc atteindre 12-15 à 30 % ou plus de la valeur du stock moyen.

17.2.5 Coût de rupture

Ce coût est lié non à la présence mais à l'absence de stock. Lorsqu'il est calculable ou estimable, on peut alors comparer le coût de rupture au coût de stockage des articles ainsi stockés.

Pour éviter les ruptures préjudiciables, soit à la vente, soit à l'atelier, on institue pour chaque article un stock de sécurité. Ce stock n'est pas actif. Il doit être reconstitué dès qu'il est entamé. Il est lié aux aléas de la demande et au cycle de réapprovisionnement. Il peut se calculer en pourcentage du stock moyen de chaque article.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le coût de rupture lié est lui très dépendant de la nature des articles. Il peut correspondre dans le cas le plus favorable à un transfert de marge du jour sur la nouvelle date de disponibilité, dans le cas le plus défavorable à la disparition de l'entreprise.

Exemples

– Rupture de stock d'un titre donné dans une librairie. Si le client passe commande, le coût de rupture est pratiquement nul.
– Rupture de stock chez un répartiteur dans la pharmacie. Les répartiteurs, pharmaciens grossistes approvisionnés par les fabricants ont l'obligation de livrer tout médicament à une officine en moins de 24 heures. Outre le risque de ne pas voir renouvelée leur habilitation, les conséquences sur la vie des patients peuvent être dramatiques.
– Rupture d'outillage consommable sur une chaîne de fabrication. Le coût de rupture, immense, est sans commune mesure avec le prix de la pièce manquante.

Les techniques utilisées pour réduire la probabilité de rupture sont traitées plus loin au 17.6.

17.3 Stock de sécurité et seuil de réapprovisionnement

Pour gérer le stock, on fixera deux objectifs pour chaque article :
– la détermination d'un taux de service pour les utilisateurs ou les clients ;
– le niveau de coût global à la fois de maintien en stock et de passation des commandes.

Malheureusement ces deux objectifs sont contradictoires. En effet si l'on se contente d'un objectif de taux de service sans se soucier du niveau de stock, on peut, certes, réaliser cet objectif en augmentant le stock, mais on risque de mettre en difficulté les finances de l'entreprise, si cette augmentation s'avère trop importante. À l'inverse, fixer un niveau de stock trop bas peut conduire à un taux de service dégradé, difficile à améliorer dans ces conditions.

17.3.1 Mesure du taux de service

Le taux de service correspond à la mesure de la disponibilité des articles demandés par les utilisateurs, qu'il s'agisse de clients extérieurs, d'ateliers ou de dépôts régionaux…

La mesure du taux de service s'effectue de diverses manières qui peuvent être regroupées en deux catégories :

■ **Mesure du taux de service en valeur absolue**

On choisit une ou plusieurs données représentatives, telles que :

– le temps perdu par suite de ruptures des stocks matières ou des stocks composants ;
– le nombre de jours pendant lesquels des commandes n'ont pu être servies ;
– la valeur des commandes multipliée par le nombre de jours où elles n'ont pu être servies ;
– le nombre d'articles en rupture ;
– le total des jours d'articles en rupture.

■ **Mesure du taux de service en valeur relative**

On calcule un ou plusieurs pourcentages par rapport à une donnée de référence.

On peut noter enfin que le taux de service peut aussi, lorsque la consommation est régulière, être calculé à partir du coût de rupture.

17.3.2 Définition stock de sécurité ou stock mini

Le stock de protection ou de sécurité correspond à la quantité destinée à pallier les aléas enregistrés sur la loi de consommation tels que :

– augmentations imprévues des sorties ;
– retards des entrées.

Son volume est fonction de l'importance des fluctuations des ventes et de la production.

Il peut aussi concerner les articles d'utilisation exceptionnelle ou aléatoire qu'il faut toutefois détenir :

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

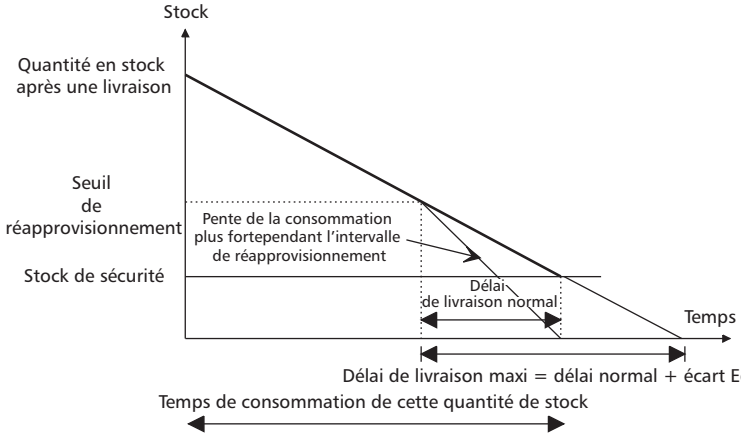


Figure 17.1 – Aléas de consommation ou d'approvisionnement et stock de sécurité.

– soit que leur absence puisse entraîner un arrêt d'activité (exemple : organe fondamental d'une machine), un dommage grave (exemple : extincteur d'incendie) ;
– soit que leur obtention sur le marché soit exceptionnellement longue ou difficile.

Le stock de sécurité est un stock « dormant », par opposition au stock « actif ».

17.3.3 Calcul du stock de sécurité

On peut calculer le stock de sécurité à partir des statistiques de l'historique des consommations.

Soit C_j la consommation prévue par jour et D le cycle de réapprovisionnement en jours.

La consommation pendant la durée du réapprovisionnement est alors :

$$Q_c = C_j \times D$$

Si les prévisions de consommation ou de délai d'approvisionnement ne sont pas respectées, on constate :
– un écart E_c (moyen par jour) sur la consommation prévue C_j. La consommation est alors : $C_j + E_c$;
– un écart E_d (en jours) sur le cycle D.

Le stock de sécurité $S_{séc}$ permet (cf. figure 17.1) de ne pas être en rupture de stock malgré ces écarts.
Soit Q_r la quantité consommée réelle.
Le stock de sécurité permet de combler la différence entre la quantité consommée réelle et la quantité consommée prévue de la période. On aura donc :

$$S_{séc} = Q_r - Q_c$$

La quantité consommée réelle Q_r est alors égale à :

$$Q_r = (C_j + E_c) \times (D + E_d) = (C_j \times D) + (C_j \times E_d) + (D \times E_c) + (E_c \times E_d)$$

soit :

$$Q_r = Q_c + (C_j \times E_d) + (D \times E_c) + (E_c \times E_d)$$

Si l'on néglige le facteur du second ordre, le stock de sécurité s'exprime par :

$$S_{séc} = (C_j \times E_d) + (D \times E_c)$$

Le stock de sécurité est donc fonction des deux écarts E_c et E_d. Mais ces deux écarts sont très difficiles à mesurer. La première mesure consiste à réduire l'écart de délai sur lequel on peut intervenir. La valeur de l'écart résiduel sera ensuite définie en fonction du risque que l'on accepte de prendre, c'est-à-dire par une démarche probabiliste.
Or les manuels de calculs de probabilités nous apprennent que :
– la probabilité de dispersion de la consommation pendant D mois (ou semaines, ou jours) est égale à la somme des probabilités de dispersion des D mois (ou semaines ou jours) ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– la variance de la distribution somme est la somme des variances des distributions composantes.

On peut alors mesurer la variance et l'écart type de la distribution de consommation pendant chaque période.

Soient :

D = cycle d'approvisionnement,

M = moyenne arithmétique des valeurs de la demande pendant ce cycle,

σ = écart type de consommation mensuelle,

K = coefficient indiquant le nombre d'écarts types de consommation contre lesquels on veut se prémunir. Ce nombre d'écarts types correspond à un taux de couverture, donc à un niveau de risque.

On a alors :

$$S_{séc} = K\sigma\sqrt{D}$$

Dans une distribution normale, 95 % des valeurs de la demande dans la période seront comprises entre : $M - 2$ (et $M + 2\sigma$) et ceci correspond à un taux de couverture de 97,5 %.

En effet les 2,5 % de probabilités de consommation inférieure à $M - 2$ (ne constituent pas un risque de rupture de stock). Seuls nous intéressent les 2,5 % de probabilités de consommation supérieure à $M + 2\sigma$.

Si on désire un taux de couverture du risque à 97,5 %, on aura : $K = 2$.

(et de la même manière $K = 3$ pour un taux de couverture à 99 %).

Exemple

Supposons une consommation moyenne de 100 par semaine, un délai de réapprovisionnement de 4 semaines, et un écart type de 15, et un taux de couverture à 97,5 %.

On aura alors un stock de sécurité égal à :

$$2 \times 15 \times \sqrt{4} = 60 \text{ unités.}$$

Si de plus il peut exister une variation dans le cycle de réapprovisionnement et que celui-ci peut enregistrer un retard R, la formule pratique du stock de sécurité devient :

$$S_{séc} = K\sigma\sqrt{D + R}$$

avec R = retard de livraison maximum constatable.

Pour mesurer la variance puis l'écart type de la demande, on disposera d'une série de valeurs de consommation pendant le cycle de réapprovisionnement.

Cette technique impose donc de disposer de statistiques de consommation avant de pouvoir gérer un stock, donc d'effectuer au préalable la tenue de ce stock pendant un certain temps.

17.3.4 Seuil de réapprovisionnement

Appelé encore seuil ou point de commande, il permet de répondre à la question « quand commander ? ». De ce fait, il sert de pilier à la méthode de réapprovisionnement sur point de commande (ou méthode Q – cf. ci-après 17.4) dont le principe consiste à lancer la commande lorsque le disponible décroissant tombe précisément au niveau du seuil de commande.

Soit P le point de commande, on a :

$$P = S_{séc} + Q_c$$

17.4 Calcul de quantité économique : la formule de Wilson

Le principe général des méthodes classiques de gestion des stocks consiste en l'équilibrage des coûts qui évoluent en sens contraire, c'est-à-dire principalement le coût de lancement et le coût de possession du stock. Ces méthodes portent le nom générique de méthode de « recomplètement » puisqu'elles visent à reconstituer le stock quand celui-ci atteint une valeur minimale admissible.

Dans un premier temps, essayons de simplifier le problème au maximum. On supposera :

– que la consommation est régulière (en d'autres termes que la loi de la demande est stationnaire) ;
– que la quantité de réapprovisionnement est fixe ;
– qu'on néglige le coût de première acquisition ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– que le coût de lancement est fixe ;
– que le prix unitaire ne dépend pas de la quantité commandée.

17.4.1 Formule de Wilson

Pour une consommation annuelle connue, il s'agit d'équilibrer le coût de lancement ramené à la pièce et le coût de stockage moyen (fig. 17.2).

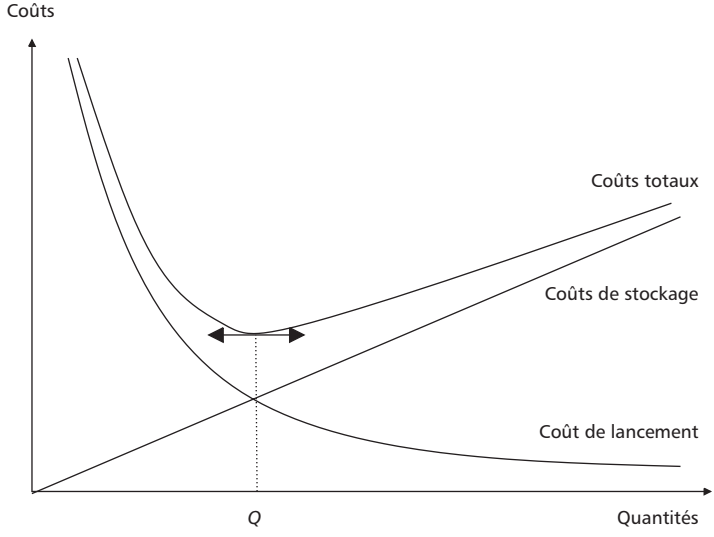


Figure 17.2 – Équilibrage entre coûts de lancements et coût de stockage – formule de Wilson.

Cette quantité vise à minimiser la part variable du coût global de la gestion des stocks, c'est-à-dire le coût de maintien en stock et le coût de réapprovisionnement.
Sur 1 an, on peut exprimer le coût global de la façon suivante :

$$C_{total} = C_{ach} + C_{lanc} + C_{poss}$$

Déterminons chacun des coûts :

$$C_{ach} = \text{Consommation annuelle} \times \text{Prix d'une unité}$$

$$C_{ach} = C_a \times U$$

$$C_{\text{lanc}} = \text{Coût d'un lancement} \times \text{Nombre de lancements}$$

$$C_{\text{lanc}} = \text{Coût d'un lancement} \times \frac{\text{Consommation annuelle}}{\text{Qté } Q}$$

$$C_{lanc} = \frac{C_1 \times C_a}{Q}$$

$$C_{poss} = (\text{Stock moyen} \times \text{Prix unitaire}) \times \text{Taux de possession}$$

$$C_{poss} = \frac{(\text{Stock maxi} + \text{Stock mini})}{2} \times U \times \text{Taux } i$$

$$C_{poss} = \frac{(Q+0) \times U \times i}{2} = \frac{Q \times U \times i}{2} \text{ (on suppose Stock mini} = 0)$$

soit :

$$C_{total} = C_a \times U + \frac{C_1 \times C_a}{Q} + \frac{Q \times U \times i}{2}$$

Le minimum est obtenu en dérivant cette fonction par rapport à la quantité Q, c'est-à-dire :

$$0 = 0 - \frac{C_1 \times C_a}{Q^2} + \frac{U \times i}{2}$$

donc :

$$Q^2 = \frac{2 \times C_1 \times C_a}{U \times i}$$

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

d'où :

$$Q = \sqrt{\frac{2\,C_1\,C_a}{U\,i}}$$

17.4.2 Remarques diverses

Cette formule se retrouve dans tous les ouvrages consacrés à la gestion des stocks.

On constate que la quantité économique est proportionnelle à la racine carrée de la consommation.

Ceci a des conséquences détestables pour la rentabilité des PMI. Un article vendu 100 fois plus par une société plus importante ne nécessitera qu'un stock moyen 10 fois supérieur.

Dans la plupart des cas, ce minimum n'est pas très pointu. On pourra donc arrondir cette quantité économique.

C'est la méthode la plus facile à mettre en œuvre. Il est facile de connaître la situation de chaque article (listes dites « de rupture »).

Si la loi de consommation varie, personne ne s'aperçoit de la situation d'où un risque de rupture de stock. Pour remédier à cet inconvénient possible, on doit augmenter le stock de sécurité, d'où un gonflement du stock moyen, donc une influence négative sur l'exploitation et la trésorerie.

Cependant, cette méthode impose un contrôle permanent du niveau de stock. Cela conduit à des commandes dispersées dans le temps, alors qu'un service Achats souhaite regrouper le plus possible les commandes à un même fournisseur.

De plus, cette méthode ne peut s'appliquer dans tous les cas. Les hypothèses prises au début de ce paragraphe imposent :

– une régularité de la consommation ;
– un prix unitaire identique quelle que soit la quantité lancée ou approvisionnée ;
– un cycle (durée) de fabrication qui doit être faible devant le temps de consommation de la quantité économique.

La théorie du calcul de la quantité optimale d'approvisionnement omet de tenir compte de certaines fluctuations aléatoires qui caractérisent les phénomènes réels. En effet, dans ces formules, la consommation est supposée constante et linéaire, et la production est assimilée elle-même à un processus linéaire constant, ce qui ne correspond pas à la pratique.

Pour être exacte, cette théorie devrait tenir compte de la distribution aléatoire tant de production que de consommation, et de ses caractéristiques : moyenne et écart type. Mais il ne faut pas perdre de vue que ce calcul ne peut en aucun cas être parfaitement rigoureux.

Cela n'est peut-être pas nécessaire d'ailleurs : les incertitudes sont telles sur certains phénomènes qu'un supplément de précision apporté par un surcroît de complexité dans les calculs n'apporterait peut-être pas un supplément d'information utile à la gestion de l'entreprise.

17.4.3 Variantes de la formule de Wilson

■ Méthode IBM

La méthode IBM est une méthode dérivée de la méthode de Wilson. On a vu que la quantité économique de réapprovisionnement minimise la somme du coût de possession et du coût de lancement. Considérons un article dont on a prévu les sorties mensuelles (par exemple) qui peuvent d'ailleurs être différentes; on connaît le coût de lancement C_l, valeur fixe pour une commande.

Testant ce que serait le coût de possession de la quantité de réapprovisionnement :

– si on ne commande que pour 1 mois,

– si on commande pour 2 mois, 3 mois, etc.

Lorsque le coût de possession croissant avec ces hypothèses successives rattrape le coût de lancement fixe, on atteint le niveau de la quantité économique de commande puisqu'au-delà, le coût de possession deviendrait supérieur au coût de lancement. On ne pénalise pas d'un coût de possession le mois correspondant à celui de la consommation.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Cette méthode est utilisée en particulier dans la phase de planification à long terme pour déterminer les prévisions de fabrication[1].

■ **Méthode Minimax**

À périodicités fixes, on dégage le stock disponible et, selon des niveaux définis de ce stock, on commande soit zéro, soit la quantité économique, soit un multiple de cette quantité.

17.5 Réapprovisionnement par période économique ou cycle de réapprovisionnement (méthode *P*)

17.5.1 Principe

On examine la situation du stock de chaque article selon une périodicité fixe, afin de reconstituer le stock à un niveau suffisant pour la période à venir.

La méthode de réapprovisionnement cyclique (dite aussi méthode *P*) définit ainsi pour chaque article une périodicité de réapprovisionnement (appelée aussi période économique de réapprovisionnement ou intervalle de commande), c'est-à-dire le laps de temps séparant deux commandes successives et, par là même, fixe les dates de passation des commandes.

Cette méthode s'avère bien adaptée aux articles à durée de vie limitée (alimentation, pharmacie…) ainsi qu'au négoce et à la distribution.

17.5.2 Mise en œuvre

À l'inverse de la méthode *Q*, on répond tout d'abord à la question « quand faut-il commander », puis à la question « quelle quantité faut-il commander ».

On définit dans l'ordre :

– la période de réapprovisionnement (*P*) ;

1. Cf. chapitre 16.4.2 « Régulation par les stocks ».

– la demande prévisionnelle pendant le délai d'obtention D ;
– la demande prévisionnelle pendant la période P ;
– le stock de sécurité.

Cette méthode correspond à des commandes passées à intervalles réguliers, correspondant aux souhaits des approvisionnements de regrouper le plus possible les commandes à un même fournisseur.

17.5.3 Calcul de la périodicité (ou fréquence de lancement)

Reprenons le calcul pour déterminer la période économique de commande.

$$C_{ach} = C_a \times U$$

$$C_{lanc} = C_1 \times \text{Nombre de lancements}$$

$$C_{poss} = \text{Stock moyen} \times U \times i$$

$$C_{poss} = \frac{1}{2} \times \frac{C_a}{\text{Nombre de lancements}} \times U \times i$$

D'où :

$$C_{total} = C_a \times U + C_1 \times N + \frac{1}{2} \times \frac{C_a}{N} \times U \times i$$

D'où :

$$N = \frac{1}{2} \times \frac{C_a \times U \times i}{C_1} \text{ (en années)}$$

Ce qui donne une période P telle que :

$$\boxed{P = \frac{1}{N} \times \sqrt{\frac{2\,C_1}{C_a\,U\,i}}}$$

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

17.6 Gestion des stocks à coût de rupture élevé

17.6.1 Produits vendus

Il s'agit d'un cas classique de la distribution.
On distingue la vente perdue, la vente reportée jusqu'au retour de l'article en rayon, et la vente substituée (par un article comparable d'une autre marque)[1].

Exemple

Avec un taux de service à 97,5 % le coût de rupture C_{rupt} sera au maximum (à condition que la rupture soit exceptionnelle et n'engendre pas de changement de comportement chez le consommateur) de :

$$C_{rupt} = 0{,}025 \times U \times C_a$$

avec C_a = Consommation annuelle en nombre d'unités, U = prix d'une unité.

La probabilité de rupture est d'autant plus importante que le nombre de réapprovisionnements est important. En effet, le risque de rupture est essentiellement présent pendant la période de réapprovisionnement et augmente jusqu'à la réception des produits.
Un article approvisionné une fois par mois présente 12 risques de ruptures, un article approvisionné tous les jours plus de 300 risques par an. Mais si la loi de consommation n'est pas une loi normale ou si la consommation présente une saisonnalité, il est très difficile de déterminer ce taux de service par le calcul. Il sera alors prédéterminé à partir d'un coût de rupture « acceptable ».

17.6.2 Pièces de rechange

Le problème des pièces de maintenance consiste en la détermination du nombre d'exemplaires de chaque pièce à garder en stock.

1. Attention : on se gardera de confondre ce cas avec la pénurie organisée destinée à créer un manque chez le client et classique dans la stratégie des leaders de la distribution (« Jusqu'à quelle heure y en aura-t-il ? »).

Le coût de rupture est assez facile à estimer ou calculer, puisque la perte de production peut facilement être estimée. Cette estimation est suffisante pour déterminer si on doit stocker zéro, une, deux ou trois exemplaires de la pièce concernée.
La comparaison pour une machine doit se faire entre le coût de rupture et le coût de stockage de l'ensemble des pièces concernées.
Le coût de rupture dépend :
– de la durée de la rupture ;
– du nombre de ruptures ;
– de la production perdue ;
– éventuellement des coûts de lancement (réglages…) supplémentaires des postes de travail concernés, générées par les ruptures.

À ce stade le stock de sécurité ne peut plus être calculé de la manière classique puisque les consommations ne peuvent pas être considérées comme régulières et l'assimilation des sorties à un phénomène continu n'est plus admissible.
Le principe est alors de calculer le rapport

$$A = \frac{\text{Coût de possession (1 unité)}}{\text{Coût d'une rupture}}$$

Soient :
P_0 la probabilité d'observer 0 demande pendant le réapprovisionnement ;
P_1 la probabilité d'observer 1 demande pendant le réapprovisionnement ;
P_2 la probabilité d'observer 2 demandes pendant le réapprovisionnement, etc.

On forme :

$$B_0 = \frac{P_0}{P_0} = 1 \text{ puis } B_1 = \frac{P_1}{P_1 + P_0}, \ldots B_n = \frac{P_n}{P_n + \ldots + P_1 + P_0}$$

et on s'arrête pour la valeur n telle que $B_n < A$.
Le résultat dépend alors de la loi de la consommation des articles. Les formules donnant n ont été mises en abaque et permettent donc de faire

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

le calcul à l'envers. Dans le cas le plus classique (loi poissonnienne et durée de vie régie par une loi gamma), les tableaux sont alors les suivants[1] :

■ Consommables ou pièces d'usure (tableau 17.2)

Tableau 17.2 – Approvisionnement pièce par pièce.

Consommation prévue	Délai de réapprovisionnement Probabilité rupture < 5 %			Délai de réapprovisionnement Probabilité rupture < 1 %		
	3 mois	6 mois	12 mois	3 mois	6 mois	12 mois
1 tous les 4 ans	0	1	1	1	1	2
1 tous les 3 ans	1	1	1	1	2	2
1 tous les 2 ans	1	1	2	1	2	3
1 par an	1	2	3	2	3	4
2 par an	2	3	5	3	4	6
3 par an	2	4	6	3	5	8
4 par an	3	5	8	4	6	9
5 par an	3	5	9	4	7	11
6 par an	4	6	10	5	8	12

1. Repris de « La gestion informatisée des stocks », Jean Benassy, Afnor, 1983.

■ Pièces à approvisionnement unique (tableau 17.3)

Tableau 17.3 – Approvisionnement une fois pour toutes.

Consommation totale prévue	Stock à constituer Probabilité rupture < 5 %	Stock à constituer Probabilité rupture < 1%
1	3	4
2	5	6
3	6	8
4	8	9
5	10	11
6	10	12
7	12	14
8	13	15
9	14	17
10	16	18
11	17	19
12	18	21
13	19	22
14	21	23
15	22	25
16	23	26
17	24	27

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

17.6.3 En-cours de sécurité (en production par l'aval)

■ **Méthode du double bac**

En production par l'aval, un certain nombre de conteneurs est installé de façon structurelle dans les aires de stockage entre deux postes de travail. En particulier, toutes les pièces qui arrivent directement sur un poste en milieu de ligne à partir d'un magasin n'ont aucune raison de contenir dans le conteneur un nombre de pièces identique à celui du lot de transfert du flux principal. Comme le délai de réapprovisionnement du poste de travail est court (sans être nul) le plus simple est souvent d'établir devant le poste deux bacs de pièces. Chaque fois que le bac 1 est consommé, il est envoyé au magasin central pour être recomplété. On suppose évidemment dans le raisonnement qui précède que la consommation d'un bac a un cycle très supérieur au cycle de remplissage du bac vide à compléter (fig. 17.3).

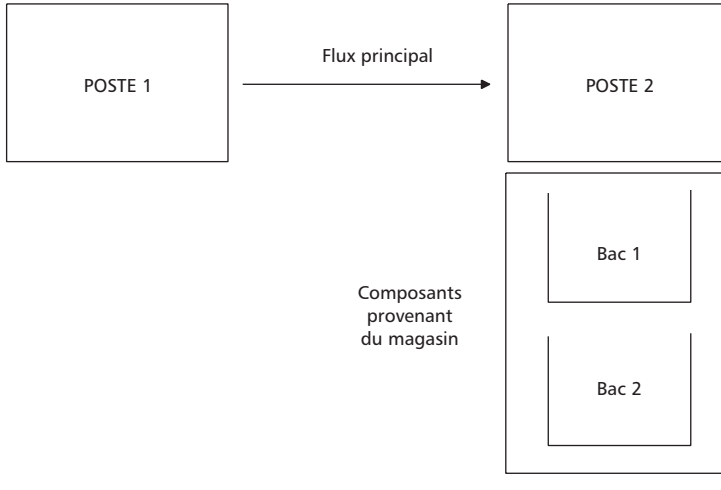


Figure 17.3 – Double bac et production en flux tiré.

■ Stock géré par le fournisseur

Lorsque les composants consommés pour l'opération sont des fournitures livrées par un fournisseur, l'usage est de considérer qu'un stock n'est nécessaire que parce que le fournisseur n'est pas capable d'être assez réactif pour fournir sur réquisition du poste de travail. Celui-ci alors est responsable de l'approvisionnement en pièces, la demande de reconstitution du consommé réel[1] intervenant le plus souvent par EDI. Il s'agit d'une variante de la méthode du double bac.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

1. Cf. sections 13.2 et 13.3 « Renouvellement de consommation » et 13.4 « Production synchrone ».

18 • MRP, MRP II ET DRP

18.1 Principes et théorème d'Orlicky

18.1.1 Positionnement

La méthode MRP (pour Material Requirement Planning à l'origine et Method Resources Planning aujourd'hui) ou en français calcul des besoins est la deuxième étape de la démarche de planification et ordonnancement.

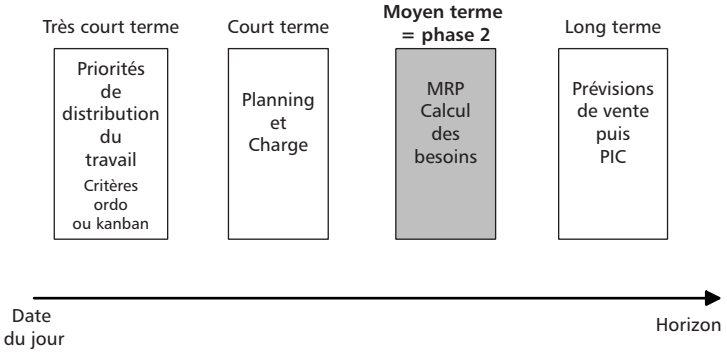


Figure 18.1 – Place du MRP dans le processus de planification ordonnancement.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

18.1.2 Théorème d'Orlicky[1]

On définit :
– les besoins indépendants appelés également besoins aléatoires ou externes, issus de l'extérieur de l'entreprise (commandes clients, prévisions de vente) ;
– les besoins dépendants, appelés également besoins induits, ou internes, comme les besoins issus des besoins indépendants via un lien de composition (nomenclature).

Avant l'apparition de cette méthode, les stocks étaient seulement gérés par les méthodes classiques de recomplètement. Celles-ci procèdent d'une approche probabiliste. On essaie, grâce aux stocks critiques, stocks de sécurité, lois de consommation, de couvrir le besoin avec une probabilité de couverture de 95 à 100 %. Mais une probabilité de disponibilité de 95 % sur un article est une probabilité de 85,7 % sur un produit composé de trois articles ($0{,}95^3 = 0{,}857$) et diminue d'autant plus que le produit est complexe (par exemple $0{,}95^{10} = 0{,}598$, etc.).
De plus, cette approche probabiliste de la gestion de stocks suppose que les demandes sur chacun des produits sont indépendantes. Or ce postulat est manifestement faux dès que l'entreprise ne vend que des produits finis complexes, dont les composants alimentent la demande de ces produits complexes.
D'où le principe d'Orlicky :
– **les besoins indépendants ne peuvent être qu'estimés ;**
– **les besoins dépendants peuvent et doivent être calculés.**

18.2 Besoin brut et besoin net – projets

18.2.1 Besoin brut

La notion de besoin est précisée au chapitre 17.
Le besoin brut sur un produit vendu est la somme des besoins externes sur ce produit.

1. Joseph Orlicky, 1965.

Le besoin brut sur un article composant est la quantité nécessaire pour le montage des produits composés utilisant ce composant. Elle correspond donc au besoin sur le produit composé transformé par le ou les coefficients du lien de nomenclature (fig. 18.2).

Exemple

Reprenons l'exemple 2 du chapitre 2 (face avant de micro-ordinateur).

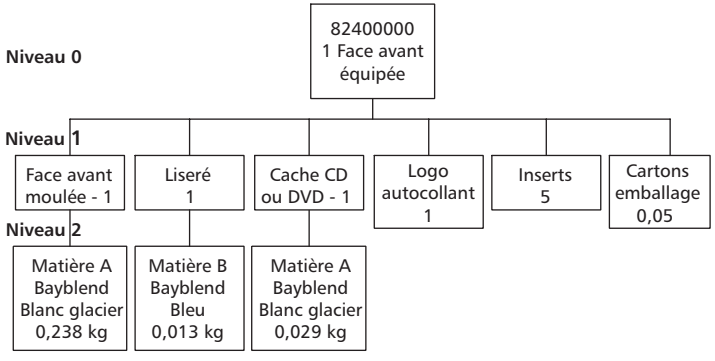


Figure 18.2 – Exemple de nomenclature.

Les logos autocollants, les inserts (qui servent à visser la face avant sur le boîtier) et les cartons d'emballage sont achetés. Il faut un carton d'emballage pour emballer 20 faces avant (coefficient = 0,05).

La face avant, le cache CD ou DVD et le liseré sont fabriqués par injection.

Les besoins sur le cache CD seront calculés en fonction des projets et des ressources sur le composé (voir ci-après).

Dans l'exemple ci-dessus, supposons une production de 6 000 faces avant équipées.

Le besoin sur les faces avant moulées et sur les caches CD ou DVD est donc de :

$$6\,000 \times \text{coefficient} = 6\,000 \times 1 = 6\,000$$

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Mais le besoin sur les cartons d'emballage sera de :

$$6\,000 \times \text{coefficient} = 6\,000 \times 0{,}05 = 300$$

Le besoin de 300 cartons est un besoin induit par la fabrication de 6 000 faces avant.

Supposons de plus qu'un client commande pour la même semaine 100 cartons vides. Le besoin en cartons sera alors de :

$$300 + 100 = 400 \text{ cartons}$$

De manière générale, le besoin brut sera donc la somme des besoins induits (par les besoins des produits dont cet article est composant) et des besoins dits externes.

Besoin brut = Somme des besoins induits
et des besoins externes sur un article

18.2.2 Besoin net

Le besoin net est calculé à partir des besoins bruts en prenant en compte les stocks et en-cours de fabrication (ou en commande à fournisseur), échéancés sur les semaines à venir.

Le besoin net existe si à la date *T*, on a :

$$\text{Stock}\,(T) < 0$$

Exemple : besoin sur les cartons

Considérons les cartons d'emballage à une date donnée *T*.

Supposons :

– qu'on ait des commandes client (note 1) pour 100 unités en période *T*;

– des besoins induits par des fabrications de faces avant équipées pour 300 unités (note 2), dans la même période *T*;

– des besoins induits par une deuxième fabrication qui génère un besoin en cartons de 250 (note 2) en période *T*;

– qu'on ait déjà passé une commande fournisseur pour ces cartons pour une quantité de 1 000 (note 3), au délai $T + 1$;

– que le stock avant la période T est de 500.

On peut alors dresser le tableau 18.1, qui correspond au « profil de stock ».

Le besoin net en semaine T est alors de 150.

Tableau 18.1 – Notion de besoin net.

	Stock en début de période	Besoins externes	Besoins induits	Ressources fermes	Stock en fin de période	Besoin net
Période *T*	500	100[1]	550[2]	0	– 150	150
Période *T* + 1	– 150		0	1 000[3]	850	

On dit de la même manière qu'il existe un « **MANQUANT** » de 150 en fin de période T.

Ceci peut signifier par exemple qu'on livrera 150 unités en période $T + 1$ au lieu de la période T, mais n'est pas satisfaisant en terme d'organisation.

Soit T la période ouverte, au jour du calcul. Soit X le nombre de périodes qui séparent T de la date de livraison prévue.

On appelle « MANQUANT » la quantité de produit qu'il est impossible de couvrir par le stock physique à la période *T* ou par le stock prévisionnel à la période *T* + *X*.

■ Besoin net et stock de sécurité[1]

La définition du besoin net a été faite en comparant le disponible au stock nul. En fait, à cause des aléas de consommation ou de réapprovisionnement on définit souvent un stock de sécurité, et dans ce cadre, le disponible net ne doit pas être comparé à zéro, mais au stock mini.

1. Cf. section 17.3.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On génère donc un projet chaque fois que le disponible tombe en dessous du stock mini (ou de sécurité).

18.2.3 Projets

Chaque fois qu'il existe un besoin net (ou « manquant »), le principe de la méthode MRP est de supposer que ce besoin net est couvert par une ressource complémentaire aux ressources existantes.
Cette ressource complémentaire est un « **PROJET** ». Ce projet est un projet d'ordre de fabrication ou projet d'OF si l'article est fabriqué, un projet d'ordre d'achat ou projet d'OA si l'article est approvisionné.

18.2.4 Quantité du projet

■ Quantité économique et Projet

Dans les exemples précédents, on a, à chaque fois qu'un besoin net existait, défini un projet de quantité égale à celle du besoin net. On a vu dans le chapitre consacré à la gestion des stocks[1] l'existence de quantités économiques de réapprovisionnement. Le raisonnement sans être identique pour les articles gérés sur besoin, est analogue. On définit une quantité économique qui minimise les coûts de lancement par rapport au flux consommé.
Si l'article est géré sur quantité économique, lors de chaque projet on doit proposer une quantité au moins égale à la quantité économique. (Attention, pour la fonction coût = *f* (quantité), un multiple de la quantité économique n'est pas une quantité économique.)

Exemple : liseré

Tableau 18.2

	Stock en début de période	Besoins	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période *T* + *X*	400	6 150		0	5 750	0

1. Cf. chapitre 17.

Supposons que la quantité économique sur les liserés est de 8 000. La quantité du projet sera alors de 8 000. Si la quantité économique est de 4 000, alors la quantité du projet restera de 5 750 (tableau 18.2).

■ Période économique et projet

Supposons maintenant que l'article est géré sur période économique.

Alors si un projet est proposé (ce qui signifie qu'un besoin net existe), il ne doit pas y avoir d'autre projet proposé dans l'intervalle entre la période T et la période $T + P$, où P est la période économique de l'article.

Les besoins de cette période doivent alors être pris en compte dans le projet d'OF ou d'OA.

Exemple : liseré

Période économique = 2 périodes.

Dans l'exemple ci-dessus, le projet est de 8 700, afin de couvrir les besoins entre T et $T + 2$. Il existe en $T + 3$ qui couvre les besoins (non affichés de $T + 4$ et $T + 5$) (tableau 18.3).

Tableau 18.3

	Stock en début de période	Besoins	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période *T*	400	100 + 5 000		– 4 700	8 700	4 000
Période *T* + 1	4 000	2 000		0	0	2 000
Période *T* + 2	2 000	2 000		0	0	0
Période *T* + 3	0000	100 + 3 000		– 3 100	7 000	0

On constate bien qu'on n'a ainsi pas plus d'un projet par période économique.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

18.3 Besoin net et projet – transformation projet en ordre ferme

18.3.1 Projets et transformation des projets

Tout traitement MRP est suivi d'une phase de transformation des Projets en ressources fermes.

18.3.2 Transformation projet d'OA en commande fournisseur

On simule donc une ressource, et cette simulation permet de livrer (toujours en simulation) les clients à la date voulue. En l'occurrence dans l'exemple choisi, le carton d'emballage est un article acheté. La simulation faite ci-dessus en 18.3.1 va donner lieu à une commande supplémentaire au fournisseur de 150 cartons pour la période *T*.

Exemple

Sur le cas précédent, le tableau 18.1 devient alors :

Tableau 18.4 – Notion de projet de ressource.

Cartons d'emballage

	Stock en début de période	Besoins externes	Besoins induits	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période *T*	500	100	550	0	– 150	150	0
Période *T* + 1	0		0	1 000			1 000

Dans un deuxième temps (après l'application du MRP), on va transformer le projet de 150 en une commande fournisseur, donc en une ressource ferme, et le tableau va devenir (tableau 18.5) :

Tableau 18.5 – Transformation de projet en ressource ferme.

Cartons d'emballage

	Stock en début de période	Besoins externes	Besoins induits	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période *T*	500	100	550	150	0	0	0
Période *T* + 1	0		0	1 000			1 000

18.3.3 Transformation projet d'OF en Ordre de fabrication

La transformation d'un projet d'OF en OF transforme le projet en ressource ferme sur le composé. L'OF ainsi créé génère des besoins sur ses composants.

Supposons un projet sur un article. Il va induire (besoin induit) des besoins sur les composants de cet article.

Un projet d'OF est une ressource pour le composé et crée un besoin pour les composants.

Exemple : VERSION 1

Tableaux 18.6

Liseré

	Stock en début de période	Besoins externes	Besoins induits	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période *T* + *X*	400	150	6 000	0	– 5 750	5 750	0

Bayblend bleu

	Stock en début de période	Besoins externes	Besoins induits	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période *T* + *X* – 2			74,750*	0			0

*(en kilogrammes)

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple : VERSION 2

Après transformation du projet en Ordre de fabrication, il devient :

Tableaux 18.7

Liseré

	Stock en début de période	Besoins externes	Besoins induits	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T+X$	400	150	6 000	5 750	0	0	0

Bayblend bleu

	Stock en début de période	Besoins externes	Besoins induits	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T+X-2$			74,750*	0			0

*(en kilogrammes)

Les 74,75 kg de matières sont toujours induits par le liseré, mais on est alors incapable de distinguer entre le besoin induit par un projet et le besoin induit par un OF ferme.

Une fois transformé en ordre ferme, il devient impossible au niveau des composants de distinguer les besoins induits par l'OF de ceux qui seraient induits par un projet.

18.3.4 Besoin externes/induits – versus fermes/générés

Pour éviter le problème ci-dessus, on substitue à la distinction de Joseph Orlicky entre besoins externes et besoins induits les notions de besoins fermes et de besoins générés.

Un besoin externe est toujours un besoin ferme.

Un besoin généré par un ordre de fabrication (ressource ferme) est un besoin induit mais un besoin ferme.

Un besoin généré par un projet est un besoin induit qui peut être remis en cause facilement. On l'appellera besoin généré par opposition au besoin ferme.

D'où la définition suivante :

Besoin ferme = Besoins externes + Besoins induits par ressources fermes

Besoins générés = Besoins induits par Projets de fabrication

Exemple : Version 3

Tableau 18.8

Liseré

	Stock en début de période	Besoins fermes	Besoins générés	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T + X$	400	6 150		5 750	0	0	0

Bayblend bleu

	Stock en début de période	Besoins fermes	Besoins générés	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T + X - 2$		74,750*		0			0

*(en kilogrammes)

À ce stade, on peut noter qu'un produit fini, qui n'est pas composant d'une autre nomenclature, ne comprendra que des besoins fermes.

18.4 Explosion de nomenclature

18.4.1 Génération de besoin sur les composants du projet d'OF

Un projet d'achat est transformé en une ressource ferme par une transformation en commande fournisseur.

Un projet de fabrication, qui est une ressource pour le composé, induit de plus un besoin sur les composants de ce composé.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Mais pour que le composé soit disponible à la date *T*, il faut que le composant soit disponible au moment nécessaire pour la gamme de ce composé (le plus souvent au début de la fabrication). En conséquence :

1. Un projet à la période *T* induit un besoin sur les composants à :

$$T - (\text{cycle de fabrication du composé})$$

2. Le besoin induit sur un composant est généré par une ressource et non par un besoin.

Ce dernier point est fondamental. Il illustre la différence qu'il y a entre la méthode MRP et des méthodes plus anciennes (communément appelées « Explosion de besoins bruts »). Dans l'explosion de besoin brut, le besoin sur un composant est généré directement par le besoin sur un composé. Il y a alors linéarité entre le besoin sur le composé et celui sur les composants. On imagine facilement que les algorithmes utilisés informatiquement sont alors plus simples.

18.4.2 Délai et cycle de fabrication

Si un besoin net existe à la période $T+X$, on génère un projet qui couvre ce besoin net dans la période $T+X$. Pour les articles fabriqués, ce projet sur le composé génère sur les composants directs un besoin à la période $T+X$ – cycle de fabrication composé.

Pour les articles achetés, ce projet suppose la passation d'une commande fournisseur à :

$$T+X - \text{cycle d'approvisionnement}$$

En conséquence, si le cycle de fabrication est supérieur à *X*, il s'avère impossible d'exécuter le projet prévu. Attention, ceci a des conséquences importantes sur les nomenclatures multi-niveaux.

Le MRP exécute donc en partant de la date d'exigibilité du besoin, un pseudo-jalonnement[1] régressif, c'est-à-dire en déduit les dates d'exigibilité des composants primaires (s'ils ne sont pas disponibles).

1. Cf. chapitre 19.

Exemple : faces avant

Dans l'exemple de la nomenclature étudiée dans ce chapitre, supposons un projet de 6 000 faces avant équipées. Le besoin sur les liserés est donc de : 6 000 × coefficient = 6 000 × 1 = 6 000. Le besoin net permet de calculer le projet. Celui-ci génère à son tour un besoin sur la matière première bayblend bleu, mais 5 semaines avant la fin de fabrication des faces avant (tableau 18.9).

Tableau 18.9

Face avant équipée (cycle de fabrication : 3 périodes)

	Stock en début de période	Besoins fermes	Besoins générés	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T + X$	500	6 500		0	– 6 000	6 000	0

Liseré (cycle de fabrication : 2 périodes)

	Stock en début de période	Besoins fermes	Besoins générés	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T + X - 3$	400	150	6 000	0	– 5 750	5 750	0

Bayblend bleu (cycle d'approvisionnement : 5 semaines)

	Stock en début de période	Besoins fermes	Besoins générés	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T + X - 5$			74,750*	0			0

*(en kilogrammes)

Pour pouvoir répondre positivement au client, il faut donc que le délai client soit supérieur d'au moins 5 + 4 périodes si la matière première (Bayblend Bleu) n'est pas en stock ou de 5 périodes si la matière première est en stock.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On définit donc dans le tableau relatif aux besoins et aux ressources de chaque article, une période « RETARD », antérieure à la période ouverte *T*, qui va permettre de répertorier tous les articles qui vont poser problème. En effet, pour ces articles, le traitement (l'algorithme) va demander de fabriquer antérieurement à la date du jour ce qui est par nature impossible. Il existe donc pour chaque triplet (article, quantité demandée, délai demandé) :
– une notion de quantité disponible au délai demandé ;
– une notion de délai possible si un problème existe.

18.5 Entrées du MRP

18.5.1 Programme de production

On appelle « **programme de production** » (en anglais « Master Production Schedule Plan ») le programme prévisionnel à moyen terme permettant de déterminer pour chaque code article les quantités à produire. Il est un sous-produit du plan industriel et commercial. Le programme de production concerne seulement la fonction production. Alors que le plan directeur ou plan industriel et commercial a le plus souvent été établi pour certaines familles d'articles au niveau macroscopique, le programme de production est lui établi par article.
Il permet de comparer sur une période donnée les ventes fermes (commandes client) et les prévisions de vente. Ces prévisions de vente ne s'exercent que sur les produits vendus, c'est-à-dire sur les produits finis d'une part, sur les pièces détachées éventuellement vendues d'autre part. Il constitue une entrée dans la phase suivante de l'ordonnancement et suppose donc une précision plus importante dans plusieurs domaines. Dans tous les cas, soit manuellement, soit au moyen d'algorithmes d'éclatement par code, on introduit en entrée les prévisions de ventes validées par article et par mois.

■ Commandes fermes

Les premières entrées du programme de productions sont les commandes fermes ou les lignes de commandes prévisionnelles des commandes marché (plus fermes déjà que des prévisions).

■ Prise en compte des prévisions de vente

Le mode d'éclatement permet de passer des prévisions de vente au programme de production. L'horizon est plus court. En conséquence, la maille de temps utilisée pour le calcul sera plus fine. On va en général passer du mois à la semaine. On injectera donc en entrée du système les prévisions de vente, qu'on comparera aux commandes fermes du paragraphe précédent. Il importe alors de décider, et ce en fonction de chaque article si les livraisons :

– sont linéaires sur le mois (on éclate alors les prévisions par semaine, au prorata du nombre de semaines 4 ou 5, que comporte le mois de production);
– s'effectuent en priorité à la fin ou au début de chaque mois;
– s'effectuent plus massivement au début de chaque quinzaine…

On connaît donc sur chaque produit vendu une certaine proportion des commandes clients et on est amené à raccorder les prévisions issues de la phase précédente avec la réalité connue au moment de l'établissement du programme.

Ce deuxième point amène à dresser pour chaque produit vendu le tableau 18.10 :

Tableau 18.10 – Prise en compte des prévisions de sortie validées dans le programme de production.

Code article	Prévisions de vente acceptées	Commandes fermes	Cumul des prévisions	Cumul des commandes	Quantité prise en compte pour le MRP	Commandes exceptionnelles
Semaine S	P_0	C_0			sup (P_0, C_0)	
Semaine $S+1$	P_1	C_1	$P_0 + P_1 = TP_1$	$C_0 + C_1 = C_1$	Sup (P_1, C_1) plafonné à TP_1	
Semaine $S+2$	P_2	C_2	TP_2	TC_2		

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le calcul repose alors sur les principes suivants :

– on ignore les prévisions des semaines passées mais on prend en compte d'éventuelles commandes non encore livrées et en retard ;
– pour chaque période future, si la quantité ferme en commande (ou quantité commandée) dépasse celle en prévision, on prendra en compte la quantité commandée (on ne refuse pas de livrer un client !) ;
– chaque fois que les commandes sont supérieures en quantité aux prévisions, il se pose le problème de savoir si la différence provient d'une augmentation des ventes, qui ne remet donc pas en cause les prévisions futures ou d'un décalage des ventes, et dans ce dernier cas il convient de diminuer d'autant les prévisions des périodes ultérieures.

Pour cela, sur un horizon donné (correspondant par exemple au cycle commercial) si les quantités en commande sont supérieures aux prévisions sur les périodes les plus proches, on mémorise la quantité d'écart.

Lorsque la quantité en commande est inférieure aux prévisions, on prend en compte au lieu de la prévision, une valeur telle que la (somme des quantités prise en compte) reste au plus égale à la (somme des prévisions), les sommes s'effectuant jusqu'à la période prise en compte (tableau 18.11).

Tableau 18.11 – Exemple prise en compte des prévisions de sortie validées dans le programme de production.

Code article	Prévisions de vente acceptées	Commandes fermes	Cumul des prévisions	Cumul des commandes	Quantité prise en compte pour le MRP	Cumul des qtés prises en compte	Commandes exceptionnelles
Semaine *S*	2 100	2 367	2 100	2 367	sup (P_0, C_0) = 2 367	2 367	
Semaine *S* + 1	2 000	2 034	4 100	4 401	2 034	4 401	
Semaine *S* + 2	1 500	980	5 600	5 381	1 199	5 600	

En résumé :
– chaque fois que les commandes dépassent les prévisions elles sont prioritaires;
– chaque fois que les commandes sont inférieures aux prévisions, les prévisions sont prioritaires mais la somme des quantités prise en compte ne dépasse pas la somme des prévisions.

À cette quantité prise en compte en comparant les commandes fermes et les prévisions de sortie usine, s'ajoutent des commandes exceptionnelles, non concevables au moment de l'élaboration des prévisions de vente et donc non prises en compte à ce moment du calcul.

18.5.2 Commandes fournisseurs

Les commandes fournisseurs représentent une ressource dans les entrées du calcul de besoins.

18.5.3 Ordres de fabrication

Les ordres de fabrication constituent une ressource pour le composé et un besoin pour les composants. Ils sont positionnés dans le calcul de besoins en fonction du jalon calculé lors du remplissage du planning pour ce qui concerne les ordres fermes ou lancés.
Les composants d'un OF sont des besoins fermes.

18.6 Algorithme générique de MRP

18.6.1 Principes généraux

Le calcul des besoins se fait en deux étapes.

■ Phase 1

Toute entrée dans le système (commande ferme ou prévisionnelle, prévision vente, composant d'OF, commande fournisseur, OF) crée un écart de besoin ou ressource dans une table de travail. Au début du calcul, tous ces nouveaux besoins sont regroupés par article.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ **Phase 2**

Ensuite, pour chaque article :

– calcul du besoin net par article, génération de projet sur les couples (article, période) ;

– explosion de nomenclature : génération d'un nouveau besoin sur les composants directs de cet article, à la période calculée (cf. calcul du cycle).

Passage à l'article suivant.

■ **Conséquence**

On conçoit donc facilement la conséquence suivante :

POUR POUVOIR CALCULER LE BESOIN NET PAR ARTICLE (ÉTAPE 2), IL FAUT QUE LES BESOINS INDUITS PAR DES ENSEMBLES DE NIVEAU SUPÉRIEUR SOIENT DÉJÀ PRIS EN COMPTE.

Pour cela, on effectue le calcul sur un article composant une fois que tous ses composés ont été calculés. Il suffit pour cela de commencer le calcul par les composés de plus haut niveau. Afin de résoudre le problème posé par la présence à des niveaux différents du même composant dans plusieurs nomenclatures, on introduit la notion de plus bas niveau. Celui-ci est paradoxalement le niveau de plus haut numéro qu'un composant peut atteindre dans une nomenclature.

Le traitement se fait alors « par niveau » c'est-à-dire en traitant dans l'ordre :

– tous les articles de niveau 0 ;

– tous les articles de niveau 1 ;

– tous les articles de niveau 2 ;

– etc. jusqu'au plus bas niveau maximum utilisé dans l'entreprise.

18.6.2 Calcul du besoin net par article

Pour chaque article, avant le début du calcul, on possède par semaine et sur tout l'horizon de planification, les ressources et les besoins fermes, ainsi que les propositions d'OF ou d'OA non transformées et les besoins générés issus du dernier calcul.

On commence par remettre à zéro sur l'article tous les projets issus du calcul précédent sur chacune des semaines puis on calcule en semaine ouverte le stock disponible. Il s'agit du stock physique diminué éventuellement du stock affecté (stock physique donc définitivement affecté à des commandes à livrer en général à très court terme) et du stock de sécurité, s'il existe.

Pour chaque semaine T :

$$\text{Disponible}(T) = \text{Disponible}(T-1) + \text{Ressource certaine}(T) - \text{Besoin brut}(T)$$

Si Disponible (T) > stock mini :

$$\text{Besoin net}(T) = 0 \text{ et Projet de ressource}(T) = 0$$

puis on passe à la semaine T suivante (c'est-à-dire $T = T + 1$).
Si Disponible (T) < stock mini :

$$\text{Besoin net}(T) = -\text{Disponible}(T) + \text{stock mini}$$

Éventuellement, le Besoin net (T) peut être corrigé pour tenir compte de la quantité économique ou de la période économique.
Si Q est la quantité économique :

$$\text{Projet de ressource}(T) = \sup(\text{Besoin net}(T), \text{quantité économique } Q)$$

ou si P est la période économique :

$$\text{Projet de ressource}(T) = \sum_{i=T}^{i=T+P} \text{besoin net}(i)$$

et donc :

$$\text{Disponible}(T) = \text{Disponible}(T) + \text{Projet}(T)$$

Par construction, Disponible (T) est alors supérieur ou égal au stock de sécurité de l'article et on passe de même à la semaine T suivante.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

18.6.3 Explosion de la nomenclature et décalage du cycle

Cette phase consiste à mettre à jour les besoins des composants immédiats de l'article dans la table de travail « Écart de besoins ». Ceci ne doit se faire que s'il existe une modification de besoin sur une période au moins. On doit le faire immédiatement après le calcul du besoin net sur chaque couple article-période et avant de passer à l'article suivant. On traite chacun des composants directs (donc de niveau immédiatement supérieur dans la nomenclature, ceci quel que soit leur plus bas niveau).
On peut éliminer les composants qu'on a décidés de gérer sur mini et non sur besoin, donc par les méthodes de recomplètement *Q* ou *P*.
Pour chaque composant, on doit calculer le besoin en tenant compte du cycle de fabrication du composé.
Pour cela, si *C* est le cycle du composé :
– on reporte les besoins des *C* semaines à partir de la semaine ouverte sur la semaine 0 ;
– on reporte les besoins des semaines suivantes avec un décalage de *C*, sur les besoins du composant ;
– on passe ensuite au composant suivant.

18.6.4 Propositions d'avance et recul des OF – notion de souplesse

Dans le cas où un besoin est couvert par une ressource ferme soit trop tard, soit trop tôt, le calcul des besoins peut proposer au gestionnaire soit une modification de la date de disponibilité de la ressource plutôt que la génération d'un nouveau projet (en cas de retard) ou le report de la ressource pour diminuer le stock (en cas d'avance).

Exemple : liseré (tableau 18.12)

Tableau 18.12

	Stock en début de période	Besoins fermes	Besoins générés	Ressources fermes	Disponible avant projet	Projet	Stock en fin de période
Période $T+X$	400	6 150			0		– 5 750
Période $T+X+1$	– 5 750			8 000	0		2 250

Dans cet exemple, le disponible tombe en dessous de zéro, mais en période $T+X+1$ une ressource ferme ramène le disponible net à une valeur normale. Plutôt que de générer un projet en semaine $T+X$, il est préférable, quand cela est possible, de décaler la ressource de $(T+X+1)$ à $(T+X)$.

Il importe alors que pour chaque article, l'algorithme puisse :
– soit proposer un nouveau projet ;
– soit proposer de modifier la date d'exigibilité ou la quantité de la ressource ferme déjà planifiée (retard) ;
– soit proposer de décaler l'OF ou l'OA déjà planifié (avance).

On appelle communément « SOUPLESSE » (mais ce n'est pas un terme encore normalisé), l'intervalle en nombre de périodes qui sert de critère au programme pour choisir l'une ou l'autre des solutions. Ainsi, si le disponible net est négatif à la date de besoin mais positif à l'intérieur de la date de (besoin + souplesse), le programme proposera le report plutôt qu'un nouveau projet.

18.6.5 Informations issues d'un calcul de besoins

À la fin du calcul, le Gestionnaire dispose des informations suivantes.
– les propositions d'ordres de fabrication destinées à couvrir un besoin net, puis les dates de lancement suggérées par ces OF ;
– la liste de OF et OA à replanifier (cf. notion de souplesse) ;
– les articles impossibles à traiter (cycle nécessaire supérieur au cycle disponible) ;
– les anomalies du système administratif (par exemple stock physique négatif, article inexistant, unités de mesure incohérentes…) c'est-à-dire en pratique anomalies dans la base des données informatiques ;
– les compléments MRP 2 et DRP étudiés plus loin (18.8 et 18.9).

18.6.6 Traçabilité des besoins

Tout projet ou besoin généré sera expliqué par ses origines, c'est-à-dire par la remontée dans l'origine des besoins. Cette technique est appelée la « **TRAÇABILITÉ DES BESOINS** »[1].

1. En anglais « pegging ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Elle permet pour chaque « case » du tableau de profil de stock tel que vu plus haut, d'afficher le détail des besoins fermes (1) ou générés (2), des ressources fermes (3), c'est-à-dire respectivement :

– des commandes clients ou composants d'OF fermes ;
– des projets issus de niveaux supérieurs ;
– des OF ou des commandes fournisseurs ;
– l'explication de la quantité prise en compte dans le cas de comparaison entre prévisions de vente et commandes fermes.

18.7 Conditions d'implantation de la méthode MRP

Pour qu'un MRP 1 soit efficace, il faut que :

1. les articles soient tenus en stock correctement (on part du stock à ce jour pour en déduire le stock prévisionnel). Comme le calcul des besoins se fait à partir du stock disponible de chaque article, la tenue des stocks et en-cours est en effet un préalable indispensable à l'application de la méthode MRP. Toute imprécision sur les données de départ peut impliquer des erreurs importantes. Une précision à 95 % est dans ce domaine nécessaire. Plus généralement, la mise en place sera précédée de celle d'une tenue des stocks fiable, avec contrôle lors de chaque inventaire de la concordance entre stock comptable issu de l'ordinateur et stock constaté. La procédure d'ajustement du stock d'après l'inventaire renseignera alors sur le degré de fiabilité des stocks et le degré de confiance qu'il est possible d'accorder aux éléments issus du MRP. À cet effet, les concepteurs de la méthode conseillent l'utilisation d'un magasin à accès fermé et l'usage d'inventaires tournants ;
2. les nomenclatures existent et soient fiables (phase d'explosion du besoin) et pour la phase MRP 2 que les gammes existent et soient fiables de même. On considère généralement comme préalable que les nomenclatures sont précises à au moins 98 % et les gammes à 95 % ;
3. les commandes clients, les commandes fournisseurs soient connues par le système, les ordres de fabrication soient créés.

L'analyse des entrées du MRP montre qu'il n'est pas possible de faire fonctionner ce système sans liaison avec la gestion commerciale. Ceci oriente fortement les solutions informatiques vers des systèmes intégrant Gestion commerciale et Gestion de production.

La synthèse opérée ces dernières années permet d'apporter les conclusions suivantes à propos de la méthode MRP.

1. En tant qu'outil d'ordonnancement à moyen, voire à moyen et long terme, elle est incontournable et irremplaçable.
2. Elle s'insère dans une organisation qui nécessite au préalable un niveau minimum d'organisation, et en particulier une bonne maîtrise des fonctions administratives.
3. En remplaçant une approche probabiliste par un calcul, elle donne une plus grande réactivité dans la gestion de l'entreprise au moment des changements de tendance.
4. Elle s'insère parfaitement dans des solutions d'intégration globale, et ce pour presque tous les types de fabrication. Elle contribue ainsi largement au processus d'amélioration de l'organisation générale.

18.8 MRP 2 (Manufacturing Ressources Planning)

La méthode MRP 2 ou Management Resources Planning, est une extension du MRP 1 (fig. 18.3).

Le calcul décrit plus haut est complété par un bilan des charges (à capacité infinie)[1] sur les projets d'OF.

À ce stade, on connaît par période :

– les Ordres d'achat, c'est-à-dire par date de livraison une prévision des réceptions fournisseurs. En tarifant ces ordres, et en prenant en compte les délais de règlement, on peut donc connaître par période les engagements d'achat;

1. Cf. chapitre 20.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– les Projets d'Ordres de fabrication. En les préparant comme des ordres de fabrication fermes[1], à l'aide de leur nomenclature et de leur gamme, on en déduit par section d'atelier la charge prévisionnelle. En valorisant cette charge au taux de section, on en déduit par période les engagements de prestations (frais de personnel, amortissements machines, sous-traitances, etc.).

La somme des deux correspond donc à un tableau récapitulatif par période des charges directes de l'entreprise.

La partie « Produits » de l'entreprise étant connue à partir du programme de production (comparatif prévisions de vente et commandes fermes), permet de consolider une synthèse globale en valeur au niveau de l'entreprise.

On peut ensuite réinsérer (système de contrôle) ce tableau en entrée pour corriger éventuellement le plan industriel et commercial.

On est alors dans ce qu'on appelle parfois un système à boucles fermées.

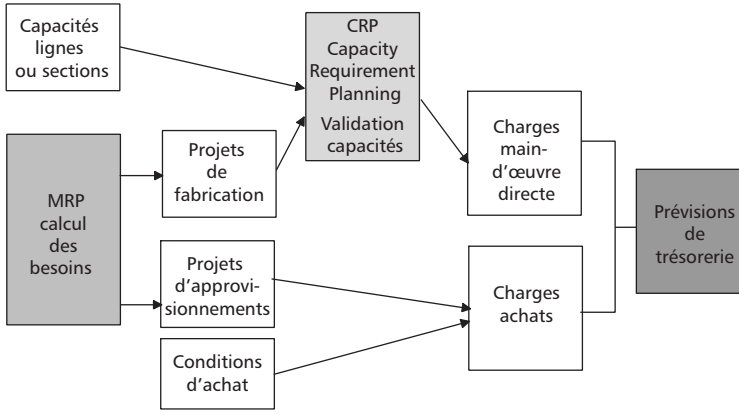


Figure 18.3 – Système MRP 2.

1. Cf. chapitre 19.

Celui-ci dispose alors de trois boucles :
– une boucle de validation des délais ;
– une boucle de validation des charges par rapport aux capacités des postes de travail (ce module, utilisé à capacité infinie, permet de décider des modifications de capacités. Il est complété par les calculs de charges et de plannings étudiés au chapitre 20) ;
– une boucle de contrôle des engagements de charges, au sens comptable, c'est-à-dire des dépenses.

La méthode MRP 2 (Management des ressources de production) s'étend ainsi jusqu'à la planification financière et comptable. La partie de calcul des charges est souvent appelée dans la littérature d'origine américaine le CRP ou Capacity Requirement Planning. La partie comparaison charges et capacités est facilement utilisable dans les entreprises et à ce jour très utilisée.

Par contre, l'expérience montre qu'à ce jour la partie financière du MRP 2 a été assez peu employée par les contrôleurs de gestion. Les raisons en sont multiples :
– fiabilité insuffisante des données d'entrée. Les responsables de production ne se rendent pas compte de l'usage qui peut en être fait et les contrôleurs n'ont aucune prise sur la méthodologie utilisée ;
– mauvaise connaissance des mécanismes de GPAO dans les services financiers.

Les cultures différentes, le degré d'intégration des logiciels dans les entreprises, les défauts dans l'application au quotidien en sont plus responsables et ce de façon conjoncturelle et la conception de la méthodologie n'est pas en cause.

18.9 Gestion multi-entrepôts et DRP (Distribution Resources Planning)

18.9.1 Planification des ressources de distribution

Cette méthode est une extension du MRP dans le domaine de la distribution. Elle est utilisée en particulier dans toutes les sociétés d'implanta-

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

tion nationale qui gèrent de multiples références à partir d'entrepôts régionaux (SAV, produits grand public…). L'objectif est de livrer le client dans le délai demandé au moindre coût.

Les méthodes décrites ci-avant supposent l'usage de stocks de sécurité et de quantités de réapprovisionnement ou de périodes de couverture. Le principe consiste alors à essayer d'optimiser la réponse à une demande indépendante. La méthode DRP est une solution dans le cas d'une extension à une gestion multi-entrepôts, donc avec de multiples stocks de sécurité et quantités de réapprovisionnements ou périodes de couverture dépendant de la demande indépendante de la zone de chalandise attachée à chacun des entrepôts. On définit de plus pour chaque article et magasin les autres paramètres de gestion (taille du lot de transfert, cycle de transfert à partir du magasin central).

Les usines n'ont en pratique aucun moyen de connaître la demande totale de tous les entrepôts : le DRP permet d'identifier les manquants mais aussi les stocks excédentaires au niveau de chaque entrepôt (figure 18.4).

Le principe consiste à hiérarchiser les magasins de stockage. Pour chacun on indique si la ressource provient en priorité de la production, d'un magasin central ou d'un autre magasin.

Ensuite chaque besoin (commande client, prévision de vente…) est exprimé par magasin.

Lors du traitement des besoins, la réservation s'effectue par magasin.

Lorsqu'un besoin net apparaît sur un magasin secondaire, le programme génère un projet de transfert de ressources (pour le lot de transfert) depuis le magasin principal vers le magasin secondaire. Dès que le disponible net est inférieur au stock de sécurité sur un magasin principal est généré, un projet de fabrication est proposé.

Exemple

Dans l'exemple ci-dessus si un besoin existe pour le client final, le programme commence par réserver sur le magasin 1, puis propose un projet de transfert de l'entrepôt central vers l'entrepôt régional 1.

En conséquence, la demande au niveau de chaque magasin régional est indépendante et régulière, celle au niveau du magasin central est dépendante et irrégulière, en fonction des transferts générés.

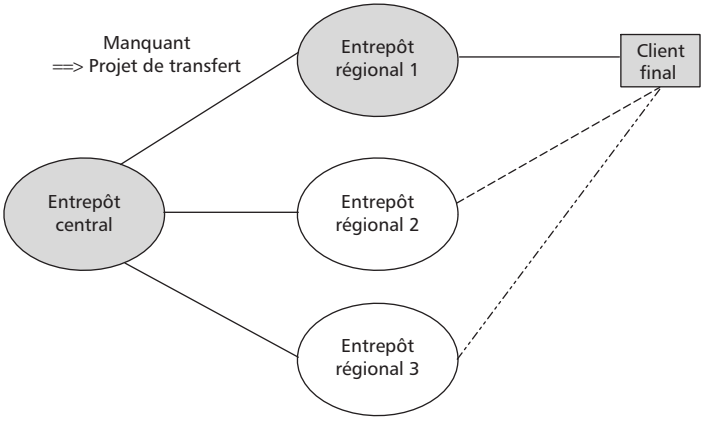


Figure 18.4 – Distribution Ressources Planning.

18.9.2 Analyse PVR (*Purchase Versus Redistribution)*

Cette méthode est une extension du DRP. On calcule et enregistre alors le coût de transfert et le délai d'un magasin régional vers un autre (dans l'exemple ci-dessus par exemple de 3 vers le client final ou vers le magasin 1). Le traitement doit alors proposer selon les niveaux de stocks et les coûts calculés (pour l'exemple ci-dessus) :

– un transfert de l'entrepôt central vers le magasin 1 (solution simple) ;
– une fabrication, une entrée sur le magasin central, un transfert vers le magasin 1 (solution logique en cas de stock magasin 1 insuffisant) ;
– un transfert du magasin 2 ou 3 vers le magasin 1 (solution alternative) avec la date d'expédition du magasin *x* et celle de disponibilité dans le magasin 1.

La proposition faite dépend de la comparaison entre le coût de transfert, et le coût de possession du stock dans le magasin de départ (en surstock), voire le coût de lancement de la série complémentaire nécessaire (en fabrication).

Le succès de l'application de cette technique réside essentiellement dans la fiabilité des cycles de transfert inter-magasins.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

19 • DU BESOIN CLIENT AU LOT DE FABRICATION – OF ET CADENCES

19.1 Ordres de fabrication

19.1.1 Liens commande client-fabrication

■ Ordre de fabrication

D'un point de vue formel, un ordre de fabrication est un triplet (article, quantité, délai).

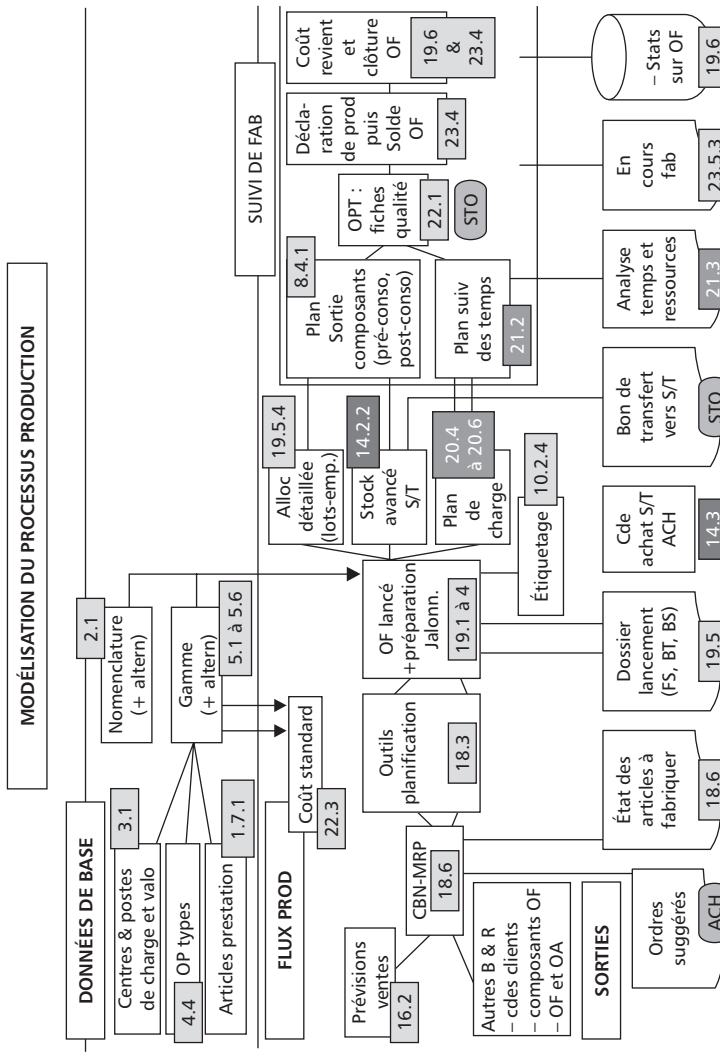
On utilise souvent indifféremment les termes ordre de fabrication, OF, ordre de lancement, série, commande interne, même si le terme ordre de fabrication est le terme retenu par la normalisation en-cours. Cet ordre de fabrication peut, ou non, être issu du calcul de besoins (figure 19.1).

En cas de fabrication purement à la commande, le lien est total (bijectif ou biunivoque pour les mathématiciens) entre la ligne de commande client et le numéro d'OF.

N° de commande client → N° d'OF

Dans le cas contraire, plusieurs commandes client peuvent correspondre à un même OF (cas en particulier des fabrications sur catalogue ou fabrication sur stock, et des OF issus du MRP).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.


MODÉLISATION DU PROCESSUS PRODUCTION
DONNÉES DE BASE
2.1
Nomenclature (+ altern)
Gamme (+ altern)
5.1 à 5.6
Centres & postes de charge et valo
3.1
OP types
4.4
Articles prestation
1.7.1
FLUX PROD
Coût standard
22.3
Prévisions ventes
16.2
CBN-MRP
18.6
Outils planification
18.3
OF lancé +préparation Jalonn.
19.1 à 4
Autres B & R
– cdes clients
– composants OF
– OF et OA
SORTIES
Ordres suggérés
ACH
SUIVI DE FAB
Alloc détaillée (lots-emp.)
19.5.4
Stock avancé S/T
14.2.2
Plan de charge
20.4 à 20.6
Étiquetage
10.2.4
Plan Sortie composants (pré-conso, post-conso)
8.4.1
Plan suiv des temps
21.2
OPT : fiches qualité
22.1
STO
Déclaration de prod puis Solde OF
23.4
Coût revient et clôture OF
19.6 & 23.4
Dossier lancement (FS, BT, BS)
19.5
Cde achat S/T ACH
14.3
Bon de transfert vers S/T
STO
État des articles à fabriquer
18.6
Analyse temps et ressources
21.3
En cours fab
23.5.3
– Stats sur OF
19.6

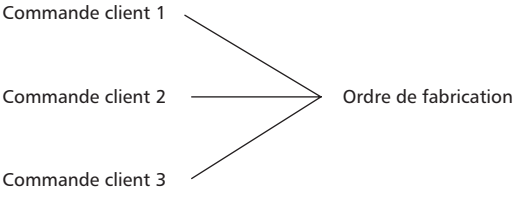


Figure 19.1

On peut enfin définir plusieurs OF pour une seule commande (cas des chantiers par exemple, suivi d'affaires…). Souvent un OF est également rattaché à un code client donné (celui-ci pouvant être l'atelier). Les OF peuvent alors être juxtaposés ou hiérarchisés (figure 19.2).

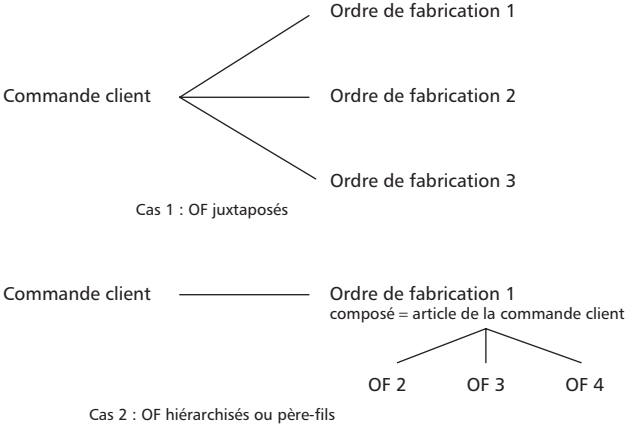


Figure 19.2 – Commandes et OF.

La quantité lancée sera la quantité commandée ou la quantité nécessaire issue du calcul de besoins corrigée du calcul de rebuts.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le délai est à ce stade un délai « souhaité ». En effet, il est soit issu de la commande client (donc souhaité par le client) soit issu du calcul de besoins sans prise en compte des contraintes d'atelier.

19.1.2 Cas particuliers

■ OF multi-niveaux

Dans le cas des OF hiérarchisés il importe de garder un lien entre l'OF père et chacun des OF fils. En effet, en cas de planification (cf. jalonnement ci-après) des OF pères, on reportera la date de besoin comme date de fin sur les OF fils. À l'inverse, un retard sur un des OF fils générera un message d'alerte pour la replanification éventuelle de l'OF père.

■ OF à plusieurs produits

Dans certains cas, on groupera sous un seul numéro d'OF plusieurs produits. Ceci est le cas par exemple pour simplifier l'administration de production dans le cas de certains OF juxtaposés pour une commande client (cf. ci-dessus).
Mais cela peut aussi être le cas à cause du processus de fabrication.

Exemple

Injection d'une fourchette et d'une cuillère dans un seul moule.

On parle alors de coproduit. Il n'y a qu'une gamme de fabrication pour les deux composés à fabriquer.

■ OF et lot imposé ou lot choisi

Lorsque l'article produit est défini à lot, alors l'OF doit préciser le ou les numéros de lots produits.
Le lot ou les lots peuvent être choisis en fin de fabrication lors de l'entrée en stock (par exemple numéro de série ou de marquage lié à la fin du processus), ou bien déterminés dès la création de l'OF. C'est le cas par exemple des articles à variantes dont les variantes constituent des lots pour ce qui est du stock. La variante déterminée lors de la création, induit le choix de certains composants dans la nomenclature. Le lot est alors imposé dès le début de la fabrication.

19.2 Phases de la vie d'un OF

19.2.1 De la création au lancement : la préparation

On distingue l'OF avant lancement de l'OF lancé. L'ordonnancement correspond à la préparation de l'OF (des OF) puis à leur introduction dans un planning global[1], le lancement à la réalisation de la fabrication en atelier.

La préparation des ordres de fabrication concerne donc l'ordonnancement à moyen terme.

Préparer un OF consiste d'abord à substituer au triplet initial (code article, quantité nécessaire, délai souhaité) un quadruplet (code article, quantité lancée, délai proposé, date de début de fabrication) prenant en compte les contraintes de fabrication dans l'étape suivante de l'ordonnancement.

Cette préparation consiste alors à :

1. choisir une nomenclature (variante et options) et une gamme de fabrication;
2. calculer les quantités en composants et de produit fini à lancer en fonction de cette nomenclature et de cette gamme particulière. Un calcul approximatif a déjà été fait lors du calcul des besoins, mais ce calcul était relatif à la nomenclature et la gamme standards et non aux éléments particuliers choisis pour cet OF;
3. calculer les temps de fabrication et les temps de transit inter opérations;
4. transformer les temps de fabrication en cycles de fabrication;
5. positionner les cycles par rapport à des dates, c'est-à-dire définir les dates de début de fabrication et de fin de fabrication optimales.

Les étapes 4 et 5, qui consistent à jalonner l'OF sont traitées ci-après.

Comme on l'a vu précédemment, l'OF peut être mono-niveau (donc mono-gamme), en particulier lorsqu'il est issu du MRP, ou multi-niveaux

1. Cf. chapitre 20 ci-après.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

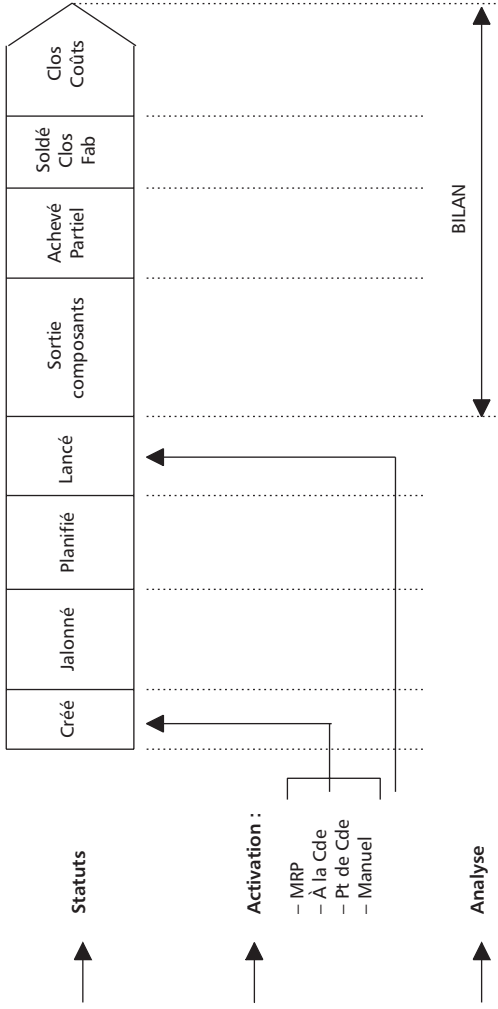


Figure 19.3 – Cycle d'un OF.

(multi-gammes). Dans ce dernier cas, le jalonnement traitera de surcroît les liens (contraintes de succession) entre gammes d'un même OF.
Un OF est destructible tant qu'il n'est pas lancé en fabrication.

19.2.2 Du lancement à la clôture

Lorsqu'un OF est commencé, des coûts lui sont affectés. Il n'est donc normalement plus destructible.

Les étapes administratives sont alors :

1. la sortie des composants du stock. Cette sortie dé-réserve le besoin du composant. Elle peut s'effectuer manuellement ou plus ou moins automatiquement (pré-consommation, post consommation, etc.)[1] ;
2. la saisie des états d'avancement et temps passés[2] ;
3. la saisie des coûts divers affectés à l'OF dans l'optique de la méthode ABC. Cette affectation de coût peut être automatique lorsque les inducteurs de coûts sont connus (par exemple coût fixe de lancement) ou manuelle (coûts de transport…) ;
4. la déclaration de production constate l'achèvement de la fabrication et effectue une mise en stock et une dé-réservation de la ressource associée dans le profil de stock ;
5. lorsque la fabrication est terminée et que tous les événements relatifs à l'OF ont été saisis, celui-ci peut être clos. Plus aucun mouvement ne lui est alors affecté (figure 19.3).

Dans le système d'information, les OF sont alors caractérisés par un état d'avancement.

19.2.3 Les différents délais d'un OF

Au fur et à mesure de sa vie un OF peut connaître différents délais. Le délai souhaité est le délai initial résultant du besoin du client. Il s'agit donc d'un délai agissant comme une entrée (input) du système. Le délai proposé est l'engagement contractuel de l'entreprise vis-à-vis du client.

1. Cf. section 8.4.3.
2. Cf. chapitre 21 « Suivi production ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

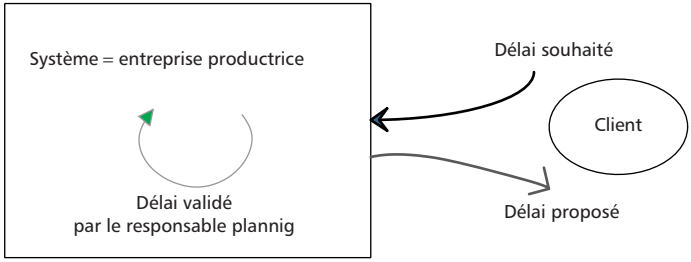


Figure 19.4 – Délais d'un OF.

C'est donc une sortie (output) du système. Le responsable du planning va changer en fonction des priorités en essayant d'optimiser la charge de l'atelier et le respect des délais[1]. Il simulera puis validera différents délais internes au système de production (figure 19.4).

19.3 Jalonnement d'un OF

19.3.1 Jalons d'un OF

On appellera « jalons » les dates prévues soit pour le début soit pour la fin de la fabrication d'une opération. **Le jalonnement est l'opération qui consiste à affecter une date à chaque opération de l'ordre de Fabrication par rapport à la date de livraison et souvent sans tenir compte de l'état de l'atelier.**

Pour les opérations de l'OF, on appelle le plus souvent « jalon » (au singulier) la date de début d'une opération, celle-ci étant une variable plus importante que la date de fin dans les différents traitements.

Pour les composants, le jalon est lié au début de l'opération auquel le composant est lié. Il correspond pour ce qui est du profil de stock à une date de besoin.

1. Cf. chapitre 20.

19.3.2 Modes de jalonnement

■ Jalonnement au plus tard

Ce jalonnement est également appelé, sans prédominance aucune des trois termes :
– au plus tard ;
– régressif ;
– amont.

Cette méthode consiste à calculer les jalons à partir du délai et de la dernière opération de la gamme, et d'en déduire la date de début de fabrication (figure 19.5).

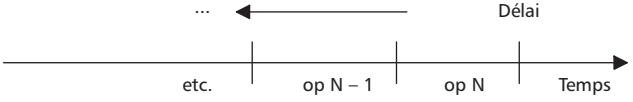


Figure 19.5 – Jalonnement au plus tard.

Dans la mesure où les temps et les cycles sont conformes à la réalité, cette méthode assure en théorie le respect du délai demandé
D'un point de vue financier, cette méthode optimise la gestion de la trésorerie, puisqu'elle minimise les en-cours.

■ Jalonnement au plus tôt

Ce jalonnement est également appelé, sans prédominance aucune des trois termes :
– au plus tôt ;
– progressif ;
– aval.

Le principe consiste à partir d'une date donnée (le plus souvent la date du jour) et de calculer à partir de là la date de fin de fabrication donc le délai de livraison possible (figure 19.6).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

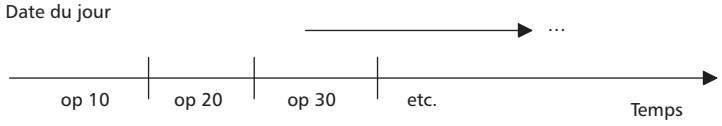


Figure 19.6 – Jalonnement au plus tôt.

19.3.3 Transformation d'un temps opératoire en durée de jalonnement

La définition du temps opératoire a été vue au chapitre 4. Le poste de charge attaché à l'opération est lié à un calendrier interne.
La durée calendaire de l'opération dépend donc à la fois du temps opératoire et de la date de début ou de fin prévue. La deuxième date est déduite à partir de la première.

Exemple

TU = 1 minute

Lot = 2 pièces (moule à deux empreintes par exemple).
Cadence = 60 pièces/heure soit 30 lots/heure (cas d'un OF prédéfini) ou : 300 pièces par jour (méthode d'appel par l'aval)[1]

$$T_{opér} = PM + (nb\ lots \times 1\ \text{heure})/\text{cadence}$$

Soit pour 1 500 pièces, donc 750 lots, et $PM = 1$ heure,
Donc :

$$T_{opér} = 1 + (750 \times 1)/30 = 1 + 25 = 26\ \text{heures}$$

Calendrier du poste de charge pour la semaine :

1 Lundi	5h-13h – 13h-21h.
2 Mardi	5h-13h – 13h-21h.
3 Mercredi	5h-13h – 13h-21h.
4 Jeudi	5h-13h – 13h-16h.
5 Vendredi	entretien planifié – poste non ouvert.

1. Cf. chapitre 13.

6 Samedi et Dimanche non travaillés.
7 Lundi passage en 3 × 8 soit 5h-13h – 21h-5h.
8 Mardi 3 × 8 soit 5h-13h – 21h-5h.
Si le jalonnement est au plus tôt, les deux paramètres seront date de début et T_{op} = 26 heures.
Si date de début = Mercredi 5h, la date de fin sera le Jeudi 15h, cycle = 1,41 jour.
Si date de début = Jeudi 8h, la date de fin sera le Lundi 20h, cycle = 4,5 jours.
Si date de début = Lundi (après entretien) 5h, la date de fin sera le Mardi 7h. Cycle = 1,08 jour.
On constate que le cycle calendaire de l'opération est très différent selon la date à laquelle l'opération est planifiée.

Le jalonnement est d'autant plus complexe que le produit à fabriquer et surtout que l'ordre de fabrication sont eux-mêmes complexes.
Les variables qui interviennent sont :
– la capacité du poste dans la journée c'est-à-dire simple (1 × 8), double (2 × 8) ou triple (3 × 8) ;
– le nombre de calendriers concernés par l'OF (jusqu'à un calendrier par section) ;
– le nombre de postes sur lesquels peut passer une opération (opération « splittable »). Ce dernier cas concerne surtout les opérations pour lesquelles le coût de lancement est faible ou nul (c'est-à-dire temps de préparation machine PM ~ 0) ;
– le positionnement relatif des opérations vis-à-vis du jalonnement[1].

19.3.4 Jalonnement machine main-d'œuvre outillage

Chaque opération est quantifiée par un temps machine, un temps main-d'œuvre[2].
Le cycle d'une opération est défini soit par la capacité de la machine (ce qui est le cas le plus souvent), soit par la disponibilité de l'opérateur dans certains cas, par exemple lorsque celui-ci partage son temps entre plusieurs machines (figure 19.7).

1. Cf. chapitre 5, chevauchement début-début, fin-fin, opération en temps masqué, etc.
2. Cf. chapitre 4.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

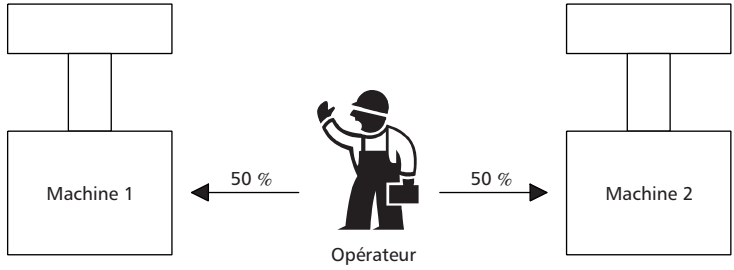


Figure 19.7 – Jalonnement machine et charge main-d'œuvre.

Quand on établit la gamme, on doit définir la ressource critique au niveau de chaque opération. Celle-ci permettra d'établir le jalonnement.

19.3.5 Pratique du jalonnement

À la suite du jalonnement, les dates de début et de fin de fabrication de l'OF dans l'atelier sont connues. On a :

Date de fin de fabrication – Date de début de fabrication
= Cycle de fabrication

Les cas les plus fréquents rencontrés dans les progiciels de GPAO sont les suivants :

– Jalonnement au plus tard à capacité infinie, à partir de la date de livraison souhaitée.
– Jalonnement à partir d'une date donnée à capacité finie ; on indique la date de départ du jalonnement qui peut être la date du jour. Si la charge est supérieure à la capacité sur la semaine, on décale d'une semaine ou d'une fraction de semaine et on repositionne la charge si possible.
– Jalonnement au plus tôt (ou à partir d'une date donnée) à capacité infinie. Ce cas est identique au cas précédent mais il n'y a pas de blocage de capacité.
– Jalonnement rétro-progressif : on commence par un jalonnement au plus tard à capacité infinie. Si ce jalonnement est impossible (la date de

début proposée est antérieure à la date du jour), on effectue un jalonnement au plus tôt en compressant les temps de transit pour obtenir une date de livraison proposée la plus près possible de la date de livraison souhaitée.

Dans les modes de jalonnement exposés ci-dessus, seul le deuxième est dit « à capacité finie ». Ceci correspond à une philosophie particulière d'élaboration du planning, surtout appliquée dans les entreprises travaillant en sous-traitance[1].

19.3.6 Jalonnement relatif et absolu

Le jalonnement d'un OF permet de déterminer son cycle, et celui-ci de plus n'est pas forcément identique selon la date calendaire à laquelle on l'effectue. Sur l'illustration de la figure 19.8 on a supposé que les calendriers de production ne variaient pas entre la date du jour et le délai demandé par le client. Quel que soit le positionnement absolu retenu pour l'OF la marge est alors identique, seule son positionnement (avant, après, avant et après) varie.

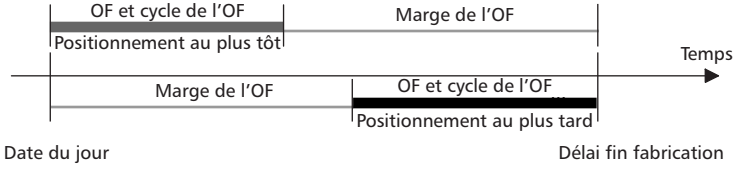


Figure 19.8 – Jalonnement relatif et absolu.

19.3.7 Résultats du jalonnement

Le jalonnement permet au gestionnaire de disposer de toutes les dates relatives aux traitements à effectuer sur l'OF concerné (voir figure 19.9).

1. Cf. chapitre 20.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

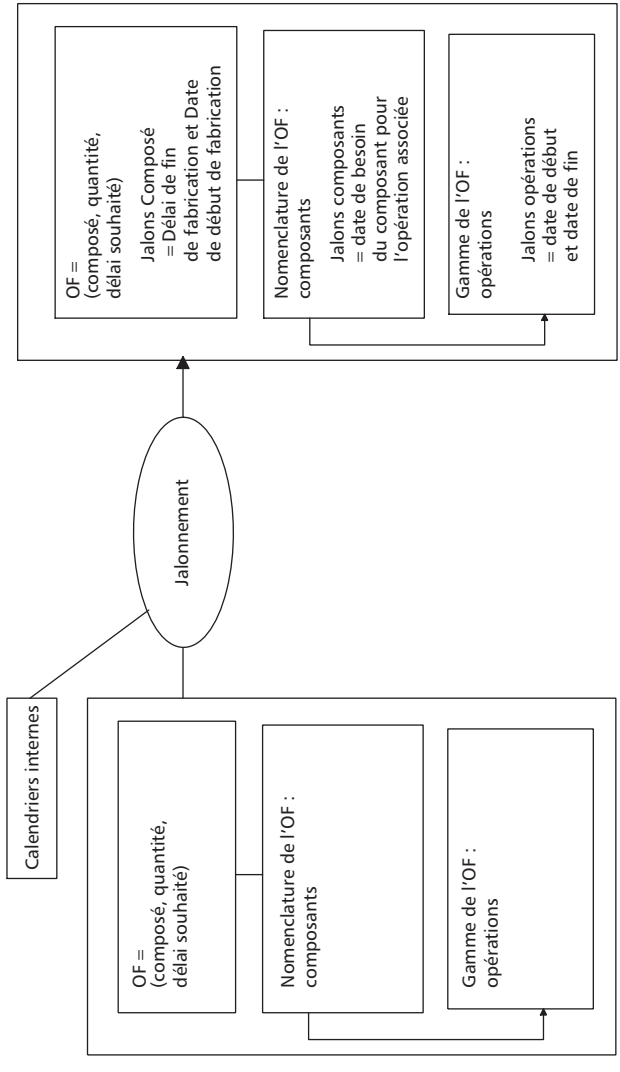


Figure 19.9 – Résultat de jalonnement.

19.4 Représentations graphiques des OF

Pour traduire la durée des fabrications de manière visuelle, on représente les opérations sous forme de segments de droite dont la longueur est proportionnelle à la durée de ces opérations. Ces segments de droite sont assemblés bout à bout, dans l'ordre des opérations. Ils prennent en compte les temps de transit. Le diagramme ainsi obtenu s'appelle un diagramme de Gantt[1] (figure 19.10).

Cette représentation prend l'une des formes ci-dessous.

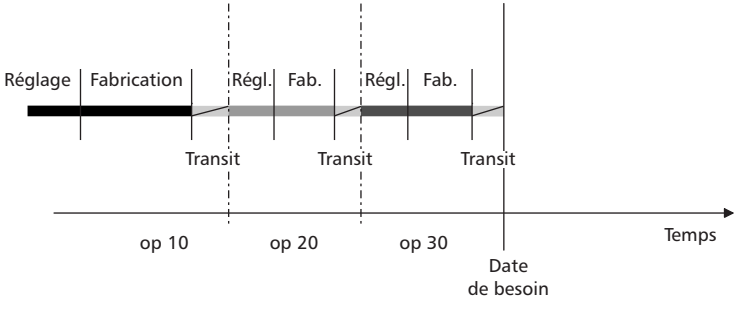


Figure 19.10 – Diagramme de Gantt.

La deuxième représentation permet d'indiquer les sections sur lesquelles se déroule chacune des opérations, ainsi que l'éventuel chevauchement des opérations (figure 19.11).

Le diagramme de Gantt correspond à la représentation graphique des opérations d'une gamme unique.

Le diagramme d'enclenchement se construit comme la concaténation de plusieurs diagrammes de Gantt. Il permet de déterminer un chemin critique (figure 19.12).

1. La méthode a été développée par Henry Gantt dès 1910 pour la gestion de projets.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

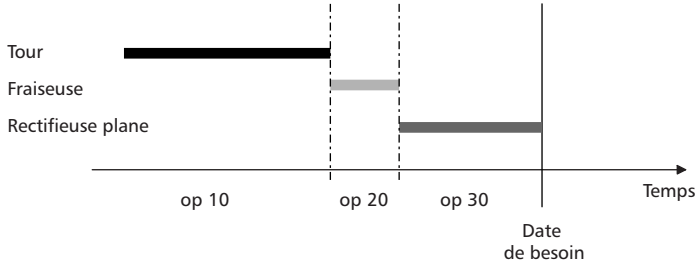


Figure 19.11 – Diagramme de Gantt décalé.

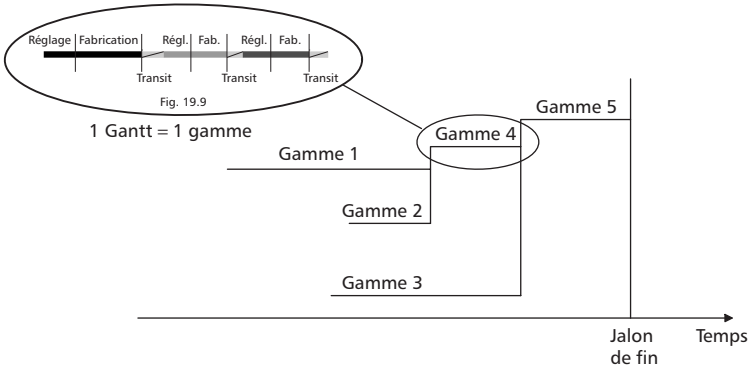


Figure 19.12 – Diagramme d'enclenchement.

Dans le cas de nomenclatures, le diagramme d'enclenchement du produit fini permet une visualisation simple du « chemin critique »[1], c'est-à-dire des composants qui constituent le cycle global de production. Ceci est particulièrement intéressant dans le cas de productions à la commande.

1. Cf. section 24.2.3 « Méthode PERT ».

19.5 Dossier de lancement

Il correspond à l'ensemble des documents nécessaires à l'accompagnement de la production d'un article, en vue de permettre l'application des procédures administratives, l'enregistrement des données nécessaires au contrôle de gestion et aux fonctions d'aide à la décision.

Il comprend un ou plusieurs des documents suivants :

– Fiche suiveuse.
– Bons de travaux.
– Bons de planning.
– Bons de sortie matières et composants.
– Fiches d'instructions techniques (FIT) et/ou fiches de réglage.

La progression de l'informatique dans les ateliers, l'automatisation de certaines procédures a pour conséquence la disparition de certains de ces documents dans les ateliers.

19.5.1 Fiche suiveuse

C'est le document physique lié à l'OF et qui suit les pièces tout au long du stade de fabrication.

Chaque fiche contient a minima :

– le code article avec sa désignation;
– le numéro de l'OF;
– la quantité par contenant;
– la quantité totale lancée.

Elle reprend également les différentes opérations de la gamme.

Dans le cas de suivi de production non automatisé, elle est remplie par les différents opérateurs qui apposent leur identification et la date à laquelle l'opération a été effectuée.

Cette fiche permet l'identification des pièces d'un contenant et leur traçabilité.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple (figure 19.13)

FICHE SUIVEUSE

RÉFÉRENCE	DÉSIGNATION	Nº OF	Délai = Date Fin fab	Date Édition

Désignation 2	Plan

GR/M	Validité	Taux de rebut	Quantité commandée	Quantité lancée

Nº Client Nom Client

OBSERVATION :

Nº OP / type	Désignation	SECTION	Temps prépa	Temps unitaire	Qté par lot ou NB empreintes	TEMPS Total Alloué	Délai Opération (Jalon)

Référence	Désignation	Qté Unit

Figure 19.13 – Exemple de fiche suiveuse.

19.5.2 Bon de travail

Chaque bon de travail correspond à une opération d'atelier. On y trouve :
– l'en-tête de la fiche suiveuse (quantité, délai, code article, code client, etc.) ;
– le libellé de l'opération (temps alloué, quantité, etc.).

Ils permettent de noter les différents temps passés pour la fabrication. Dans un système classique (c'est-à-dire en l'absence de SPAO ou Suivi de production assisté par ordinateur), ils sont les supports de l'enregistrement des temps passés à la réalisation des pièces. Leur fréquence d'emploi est moindre qu'il y a quelques années.

Lorsque les composants sont attachés à une opération, les bons de travaux peuvent servir aussi de bons de sortie composants.

19.5.3 Bon de planning

Le bon de planning existait ou existe encore parfois pour les plannings à gouttières. C'est l'équivalent d'un bon de travail, mais il est utilisé au niveau de l'ordonnancement lancement.

Il n'a plus de justification dans l'optique d'un planning issu d'un système de GPAO.

19.5.4 Liste à servir ou bons de sortie matières et composants

Elle permet de sortir les matières et les composants du stock, en identifiant l'OF sur lequel on affecte les sorties, donc les coûts correspondants. La sortie de ces composants permet la déréservation du stock réservé, le contrôle des quantités sorties, etc.

19.6 Analyse des OF clos

19.6.1 Dossier de traçabilité

Il consiste en l'enregistrement et la restitution à la demande de tous les événements qui ont affecté l'ordre de fabrication (dates des faits, d'envoi,

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

de retour, heures, quantités, temps, noms des opérateurs, articles et lots composants, commentaires éventuels, etc.).
Gardé sur plusieurs années, il est la garantie de toutes les contraintes légales ou contractuelles garantissant la sécurité des utilisateurs des produits fabriqués. Il est constitué automatiquement au fur et à mesure de la vie de l'OF. Il est éventuellement imprimé sous forme papier lorsque tous les événements relatifs à l'OF ont été saisis et juste avant la clôture de l'OF.

19.6.2 Coût de revient

La fiche de coût de revient reprend les différents éléments traités au 23.4.

20 • PLANNING ET CHARGE, DISTRIBUTION DU TRAVAIL

20.1 Principes

20.1.1 Positionnement dans l'ordonnancement

Le calcul de charge ou remplissage de planning est la troisième étape de la démarche de planification et ordonnancement (figure 20.1).

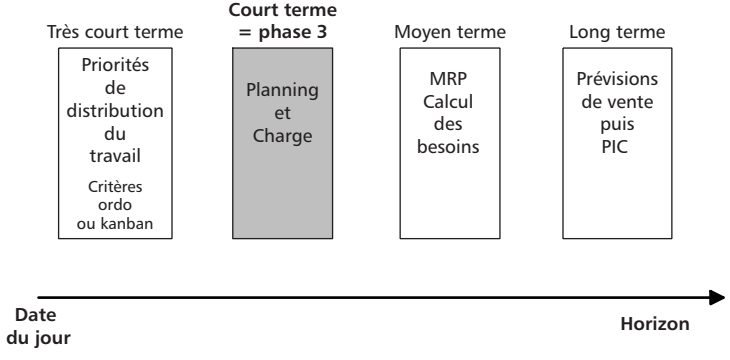


Figure 20.1 – Position du planning dans le processus de planification ordonnancement.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

20.1.2 Charge et capacité

Ces définitions sont précisées au 3.4.3.

La capacité d'un atelier ou d'une section est égale au total des unités d'œuvre (assez souvent l'heure[1]) dont on prévoit de disposer dans une unité de temps (le plus souvent la semaine) donnée.

Pour une section donnée, cette capacité dépend à la fois du nombre de postes de charge et de la capacité journalière de chaque poste de charge.

Pour ce qui est du calcul de la charge, il est équivalent, pour une section de fraisage par exemple, de disposer :

– de deux machines travaillant en poste simple (8 heures par jour) ;
– d'une seule machine travaillant en équipe en poste double (16 heures par jour).

Cette capacité n'est toutefois pas équivalente au niveau du cycle de fabrication (sauf si l'opération est « splittable » – cf. 19.3.3 et 20.3.1).

On définit la capacité disponible par :

Capacité disponible (période)
= (capacité section de la période) – (charge déjà planifiée sur la période)

20.1.3 Planning – définitions

Le planning est combiné à partir :

– des sections d'atelier ;
– de leur calendrier ;
– des gammes de fabrication ;
– des ordres de fabrication.

La technique d'élaboration du planning combine les quatre types d'éléments ci-dessus pour construire le planning de l'atelier selon les règles décrites plus loin.

1. Mais ce peut être aussi le nombre de kilogrammes de matière en fonderie par exemple, ou des mesures de mètres linéaires, de surfaces ou volumes (tissage, embouteillage, …).

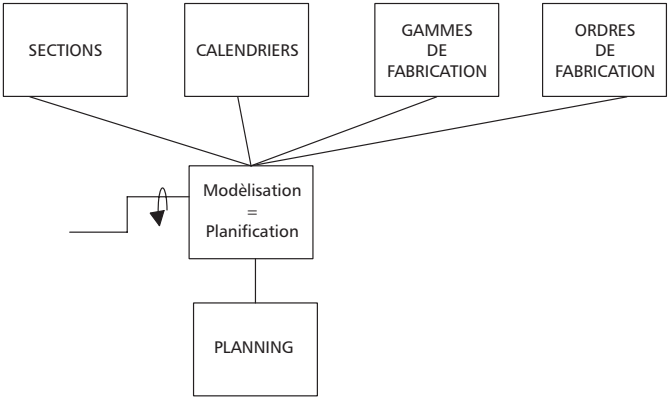


Figure 20.2 – Remplissage d'un planning.

L'élaboration du planning ou chargement va donc consister à remplir des couples (section, période) avec les opérations des différents OF (figure 20.2).

Plus la maille de temps est petite et plus on créera de conflits charge-capacité. Il semble que la semaine soit un bon compromis.

20.1.4 Conditions de réalisation, planning global et détaillé

Le planning qui est élaboré à ce stade est une version plus évoluée du bilan des charges fait dans la phase MRP 2 du calcul des besoins. On raisonne alors sur des ordres fermes et non sur des projets d'OF, sur des gammes et des composants validés par l'opérateur pour ces OF, sur des jalons calculés dans la phase de préparation des OF.

Il est donc inutile de chercher à établir le planning détaillé, donc à faire coïncider charge et capacité par section et par semaine si cette concordance n'existe pas toutes sections et toutes périodes confondues.

Arrivé à ce stade, l'étape préalable de bilan des charges du MRP 2 a donc permis de dégrossir le problème posé en résolvant les inadéquations importantes entre charge et capacité.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

20.2 Capacité finie et infinie

20.2.1 Capacité infinie

On planifie une opération à capacité infinie si le remplissage de la charge n'est pas limité à la capacité de la section, c'est-à-dire si l'on ne tient pas compte du taux de remplissage de la section lorsque l'on fixe la date de passage de l'opération dans la section.

20.2.2 Capacité finie

On planifie une opération à capacité finie si on n'affecte plus de charge dans un couple (section, période) lorsque la capacité disponible est nulle.

Exemple : section, tour parallèle

Capacité pour la semaine 14 : 35 heures.
Charge pour l'OF 1 planifié : 30 heures.
Charge pour l'OF 2 à planifier : 24 heures.
Si le calcul indique la semaine 14 pour l'OF 2, on ne pourra pas planifier l'OF 1 pour cette opération de tournage en semaine 14 (30 + 24 = 54 > 35 heures) si l'on charge à capacité finie (même si le calcul propose la semaine 14).
Dans ce cas, et conformément aux explications données ci-après, on pourra soit :
– planifier à cheval sur 14 et 15 (lissage série) ;
– planifier sur une autre section (lissage parallèle).
A contrario, si l'on charge à capacité infinie, les opérations des OF 1 et 2 se trouveront toutes deux en semaine 14, et on générera une surcharge (54 heures > 35 heures).

Cette notion est totalement indépendante de la notion de jalonnement. On peut parfaitement jalonner au plus tôt à capacité infinie ou à capacité finie, de même au plus tard.

■ Contraintes cumulatives et section critique

Si lors de la planification de l'atelier, la capacité disponible est insuffisante pour l'opération à planifier, alors on travaille à capacité finie si on change de section, de période, ou à la fois de section et de période (figure 20.3).

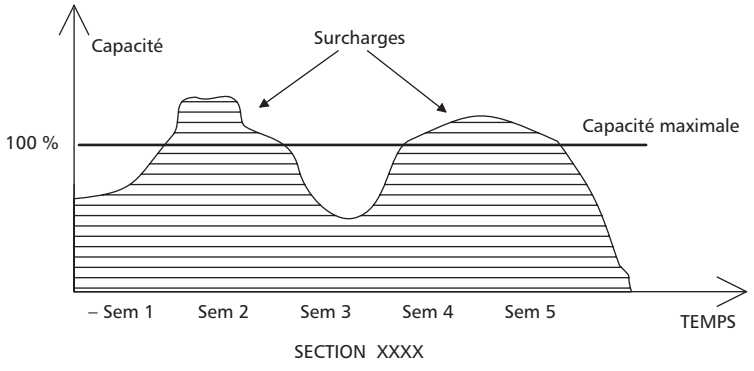


Figure 20.3 – Contraintes cumulatives – surcharges.

■ Lissage sériel

Pour changer de période, on cherche si la capacité disponible de la semaine suivante (dans le cas d'un jalonnement au plus tôt) ou précédente (dans

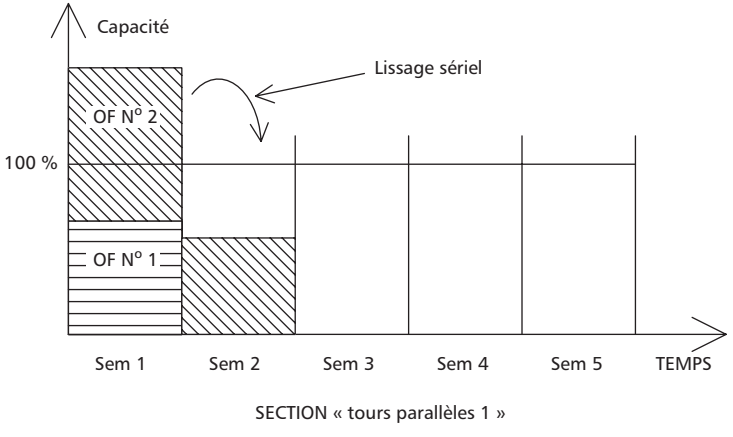


Figure 20.4 – Lissage sériel.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

le cas d'un jalonnement au plus tard) est suffisante. On appelle cette opération le « **lissage en série** » ou « lissage sériel » (figure 20.4).

La partie de l'OF n° 2 qui dépasse 100 % est affectée dans cet exemple sur la semaine suivante.

L'automatisation du lissage en série est complexe mais bien réalisée aujourd'hui par les progiciels. Il faut alors prendre garde à ce que soient recalculées les dates de lancement des différents liés à l'OF décalé, ainsi que les dates de besoins des différents composants achetés.

■ Lissage parallèle

Pour changer de section, on cherche s'il existe une autre section (ou un autre poste de charge) capable d'exécuter l'opération et dont la capacité disponible soit suffisante dans la semaine considérée. On appellera cette opération un « **lissage en parallèle** » (figure 20.5).

Le lissage en parallèle est un procédé très délicat à mettre en œuvre : il existe en effet rarement une section de remplacement dont les caractéristiques techniques soient identiques à la section initiale (temps de réglage, temps opératoire ou « de cycle » différent, insertion d'opération de reprise, etc.) et on peut être conduit à changer complètement le coût de revient de la pièce, ainsi que la suite de la gamme. Ce procédé est alors dangereux, surtout entre des mains peu expérimentées. Enfin, ce procédé ne s'applique pas à la substitution d'un poste par un autre au sein d'une même section, dans la mesure où l'hypothèse consiste à raisonner dans le cadre d'une section de charge et non d'un poste de charge.

Afin de pouvoir effectuer un lissage en parallèle, on définit alors pour chaque section les sections de remplacement possibles, d'où la notion de « groupe de ressources ». Si l'on veut être rigoureux, cette notion de groupe de ressources doit être rapportée à chaque gamme, afin de pouvoir introduire des temps différents par exemple. Dans ce dernier cas, on interdit alors au logiciel de permettre à un OF de disposer d'une gamme différente de la gamme de base (cohérence avec les temps des sections de remplacement).

Cette notion de groupe de ressources étant essentiellement liée à un type de logiciel, elle portera des noms divers : groupes, familles, « pools ».

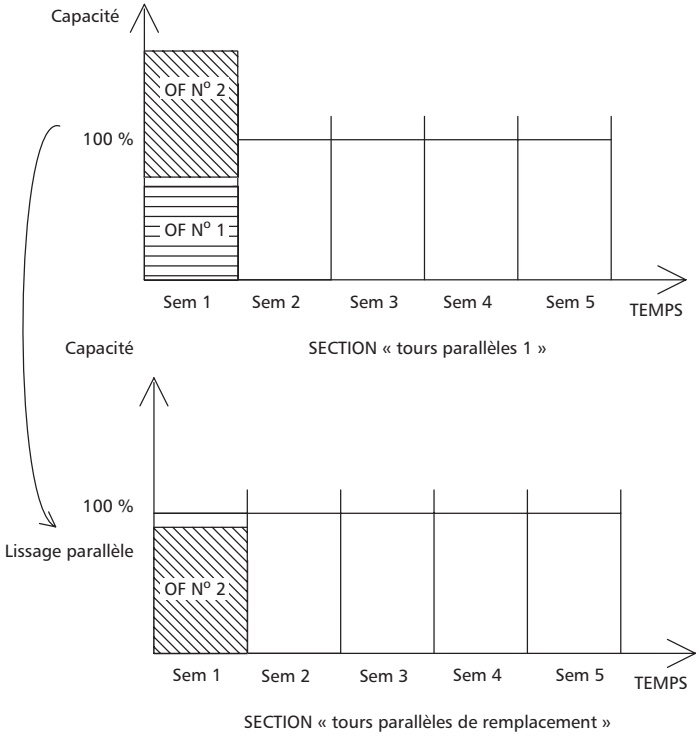


Figure 20.5 – Lissage parallèle.

Le lissage en parallèle est plus sûrement utilisable de manière semi-automatique (avec validation des choix par l'opérateur) que de manière automatique. Ceci suppose donc une restriction à un nombre d'opérations limité.

20.2.4 Priorité de remplissage : critère d'ordonnancement

On appelle critère toute règle qui permet de classer des OF ou des opérations avant leur incorporation dans le planning.
Les critères sont de trois types :

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– critères temporels : basés sur des dates, par exemple jalons…,
– critères potentiels : basés sur les ressources de l'atelier, par exemple le nombre d'heures par jour sur un poste de travail,
– critères structuraux : basés sur la position dans l'arbre d'enclenchement de l'opération à effectuer.

On peut aussi envisager tout critère qui soit une combinaison des trois. Certaines méthodes ont également introduit, sans réel succès pratique, des critères de coût (coût partiel ou total du produit…). Les principes d'élaboration d'un critère sont les suivants.

« Un OF ou une opération est d'autant plus susceptible de poser des problèmes de fabrication que il ou elle utilise un plus grand nombre de ressources, que son délai de fabrication est faible, qu'un grand nombre d'autres OF ou opérations dépendent de celui ou celle-ci. »

À titre d'exemples, on peut citer les critères suivants :

$$\text{Critère d'ordonnancement 1} = \frac{\text{Délai client} - \text{Date du jour}}{\text{Cycle de fabrication des opération restantes}}$$

$$\text{Critère d'ordonnancement 2} = \frac{(\text{Date fin d'OF} - \text{Date du jour}) - (\text{Total durée opérations restantes})}{\text{Nombre d'opérations restantes}}$$

Un critère doit être dynamique et évoluer donc en fonction de la date du jour auquel on le calcule, ainsi qu'en fonction de l'état d'avancement de la fabrication à cette date du calcul.

Certains critères statiques ont été utilisés dans le passé, tels que la règle du temps opératoire minimal (TOM[1]), la règle de la date de livraison minimale et celle de la marge libre minimale croissante.

1. Cf. shortest processing time (SPT) par exemple in *Manufacturing Planning and Control Systems,* T.E. Vollmann, W. Berry, D. Clay Whybark, Mc Graw Hill, 4th edition, 1997.

20.3 Chargement d'un planning

20.3.1 Données d'entrée

Pour chaque section ou centre de charge (machine et main-d'œuvre), le planning nécessite en entrée :

– le calendrier d'ouverture relatif à cette section ;

– la capacité par jour avec :

  – le nombre de postes utilisables,

  – la notion d'opération « splittable » ou « éclatable » sur plusieurs postes (une opération est « splittable » si on peut la faire effectuer sur plusieurs postes en même temps pour diminuer le cycle de fabrication) ;

Exemple

Soit une opération dont le temps de réglage est nul. Le temps opératoire est de 50 heures. Il est équivalent pour le coût de revient de la faire effectuer sur un poste en 50 heures ou sur 10 postes en 5 heures (sous réserve que ces 10 postes soient disponibles, le résultat est bien meilleur ainsi du point de vue de la réponse au besoin client).

C'est souvent le cas par exemple pour des opérations de montage ou de soudure.

Ce n'est pas le cas si le temps de réglage est important (commande numérique, montage d'outillage sur machines…).

– la notion de « criticité » ou non de la section. On dit qu'une section n'est pas critique lorsque lors d'un chargement à capacité finie, le chargement s'effectue néanmoins à capacité infinie pour les opérations relatives à ce centre de charge ;

– si la section est critique, le taux de charge à partir duquel s'effectue le lissage.

Exemple

Le centre de charge travaille en 1/8. Mais il est très facile de modifier sa capacité jusqu'à 120 % (heures supplémentaires, intérim) de manière ponctuelle. Au-delà, la seule solution est éventuellement de passer en 2/8 mais ceci

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

demande beaucoup plus d'anticipation et ne peut en aucun cas être effectué dans l'horizon concerné par la phase de planning. Le taux de charge utilisé pour le lissage sera pour ce centre de charge de 120 %.

Pour chaque OF, le planning traite les opérations restant à effectuer et pour chacune d'elles calcule le temps prévu, le jalon optimal de référence et un jalon de chargement.

20.3.2 Résultats de sortie

À la fin du planning, le gestionnaire dispose :

- **d'un bilan des charges par section** avec pour chaque section, l'indication du taux d'utilisation de la capacité. En sus, le bilan indique :
  - à capacité infinie, le nombre de sections en surcharge et le taux de charge correspondant,
  - à capacité finie, les sections sur lesquelles des charges ont été lissées, le décalage moyen des OF par rapport au jalonnement optimal, le décalage maxi et les OF concernés par retard décroissant. Ceci doit permettre de modifier éventuellement avec les clients les délais proposés des fabrications si aucune modification de capacité n'est possible ;
  - **d'un ordre de passage** (avec d'éventuelles inversions possibles, ceci dépend de l'algorithme utilisé) de chacune des opérations de chacun des OF dans les différents centres de charge.

20.3.3 Principes de remplissage

■ Contraintes de succession

Les contraintes de succession (figure 20.6) découlent des gammes de fabrication et de la nomenclature des produits à fabriquer. Elles se représentent facilement sur un diagramme « PERT-tâches » où les sommets représentent la fin d'une opération et les axes, les liens de succession existant entre les opérations.

Exemple

L'opération 3 suit l'opération 1.
L'opération 3 suit l'opération 2.

L'opération 3 ne peut être commencée que lorsque 1 et 2 sont terminées.
L'opération 4 suit l'opération 3.

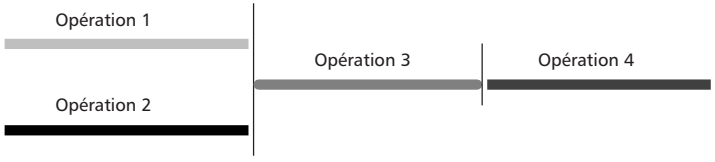


Figure 20.6 – Contraintes de succession.

Les contraintes de succession sont aussi appelées « contraintes de gamme ».
On peut enfin être amené à gérer des liaisons entre OF. Elles sont nommées selon les cas « groupages », « contraintes de liaison », « réseaux », … On les identifiera par les termes de contraintes de « successions d'OF » ou de contraintes liées à des OF père-fils.
Lors d'un jalonnement régressif, elles imposent le délai de l'OF du composant en fonction du jalonnement du composé ou lors d'un jalonnement progressif, la date de départ au plus tôt de l'OF du composé.

■ Plus tôt et plus tard

□ Méthodologie de chargement

De manière pratique, le chargement procède d'un cumul de temps (de charges élémentaires) dans des sections, c'est-à-dire des capacités, donc des potentiels de temps.
Dans ce cadre, les différentes méthodes de planification détaillée de la charge ne présenteront que trois types de différences :
– l'ordre ou l'absence d'ordre dans lequel on cumule les temps opératoires,
– les critères d'arrêt de remplissage d'un couple (section, semaine), c'est-à-dire du potentiel de temps de la section choisie sur la semaine considérée,
– la manière dont on jalonne,

Le chargement s'effectue selon le mode de jalonnement de l'OF tant que la fabrication est possible (marge libre positive).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Il semble logique de charger au plus tôt pour :
– les OF à marge libre négative (cycle restant > (délai – date de début planning) ⇔ critère ordonnancement de référence actuel < 1) ;
– les OF en retard (par rapport au délai validé) ;
– les OF pour lesquels la date de départ du chargement est postérieure au jalon de début de l'OF (OF potentiellement en retard).

☐ Cas des OF père-fils – exemple de méthode assurant un chargement correct

Si le jalonnement est au plus tôt, on commence par les composants, et on finit par le composé (les OF sont traités en générant un sous-ensemble des OF de la même nomenclature, triés par plus bas niveau de nomenclature décroissant).
Après jalonnement de chaque OF composant, si la date de fin obtenue est supérieure à la date de début de l'OF père, la date de début de l'OF père devient date de fin composant + marge.
Si le jalonnement est au plus tard on commence par le composé, et on finit par les composants. (À l'inverse, les OF sont triés par plus bas niveau croissant.)
Après jalonnement de chaque OF composant, si la date de début obtenue est inférieure à la date de fin de l'OF père, la date de fin de l'OF père devient date de début composant-marge.

■ Horizon de planning

L'horizon de planification doit correspondre à la précision des informations que l'on veut obtenir. On ne raisonnera pas de la même manière selon la durée du cycle de production moyen d'un ordre de fabrication (quelques jours ou quelques mois). Mais les informations traitées doivent présenter un degré de précision de même ordre de grandeur.
L'horizon de planification est le plus souvent de l'ordre de quelques semaines au maximum. C'est le nombre de semaines après la semaine en-cours pour date arrêt du calcul. Il ne peut être supérieur à l'horizon du calcul des besoins.
L'horizon de lissage peut être inférieur à l'horizon de planning. Ceci signifie qu'on considère que la capacité des sections critiques est figée de

la semaine en-cours jusqu'à semaine en-cours + horizon de lissage et qu'on charge à capacité infinie ensuite.

■ **OF en retard**

La replanification des OF en retard s'effectue à partir de la date du jour et normalement en chargeant au plus tôt quel qu'ait été au départ le mode de jalonnement de l'OF.

20.4 Méthodes de placement[1]

20.4.1 Généralités

Après remise à zéro du planning précédent, le traitement s'effectue en deux parties.

1. **Tri des ordres de fabrication par critère d'ordonnancement ou ordre de priorité**, c'est-à-dire par ordre d'urgence ou de difficulté de planification.

Les critères de priorité peuvent inclure (cf. ci-dessus la notion de critère d'ordonnancement) :

– une priorité commerciale ;
– la proximité du délai ;
– le nombre d'opérations de l'OF ;
– la durée de l'opération la plus longue ;
– tout autre critère arbitraire sur lesquels on applique des coefficients empiriques de priorité.

2. **Les OF ainsi classés sont chargés les uns après les autres** en commençant par l'OF prioritaire sur tous les postes de charges utilisés par l'OF en effectuant éventuellement (à capacité finie) un lissage sériel ou parallèle.

1. Pour plus de détails se reporter à *Gestion de la production,* François Blondel, Dunod, 4e édition, 2005.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple général :

Soit le **produit A** dont la gamme est la suivante :

Numéro de l'opération	1	2	3	4
Type de l'opération	Tour	Fraisage	Tour	Fraisage
Temps de réglage	4 heures	4 heures	4 heures	4 heures
Temps unitaire	1 heure	1 heure	1 heure	4 heures

Soit le **produit B** dont la gamme est la suivante :

Numéro de l'opération	1	2	3
Type de l'opération	Tour	Fraisage	Tour
Temps de réglage	0,5 heure	0,5 heure	0,5 heure
Temps unitaire	1 heure	1 heure	1 heure

Taux de rebut = 10 %.

On a donné volontairement des valeurs identiques aux opérations pour simplifier les calculs qui suivent et ainsi faciliter la démonstration.

Soient maintenant un OF sur le produit A de 35 pièces et un OF sur le produit B de 35 pièces.

On commence par calculer le temps total alloué (en abrégé TTA) pour chacune des opérations des 2 OF.

Sur les opérations de *A*, on a :

$$\text{TTA} = 4 \text{ heures} + (35 \times 1) = 39 \text{ heures}$$

Numéro de l'opération	1	2	3	4
Type de l'opération	Tour	Fraisage	Tour	Fraisage
TTA	39 heures	39 heures	39 heures	39 heures

et pour les opérations de B, on a :

$$\text{TTA} = 0{,}5 + (35 \times 1 \times 110\ \%) = 39 \text{ heures}$$

pour tenir compte des taux de rebut

Numéro de l'opération	1	2	3
Type de l'opération	Tour	Fraisage	Tour
TTA	39 heures	39 heures	39 heures

Supposons que les sections ne comportent qu'une seule machine, travaillent en une seule équipe et ont une capacité de 39 heures par semaine.

Supposons enfin que les transits inter sections soient nuls.

À partir de là, on peut calculer facilement le cycle de chacun des ordres de fabrication.

L'OF du produit A a pour cycle 4 semaines, et l'OF du produit B a pour cycle 3 semaines.

Ces deux OF vont servir d'exemple dans toute la suite.

20.4.2 À capacité infinie

■ Au plus tard (figure 20.7)

Le traitement sera alors le suivant :

1. jalonnement préalable de chaque OF, indépendamment des autres OF;
2. remplissage des sections (capacité infinie) régressif, OF par OF;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

3. critère de priorité de remplissage au niveau de chaque OF ou de chaque section.

Exemple 1 (figure 20.7)

Supposons maintenant que le délai demandé pour l'OF de A est ($s + 4$), le délai demandé pour l'OF de B est ($s + 4$). On effectue alors un jalonnement au plus tard, puis un remplissage régressif : avec dans l'ordre OF de A puis OF de B. On place donc dans l'ordre op.4-A, op.3-A, op.2-A, op.1-A, op.3-B, op.2-B, et enfin op.1-B.

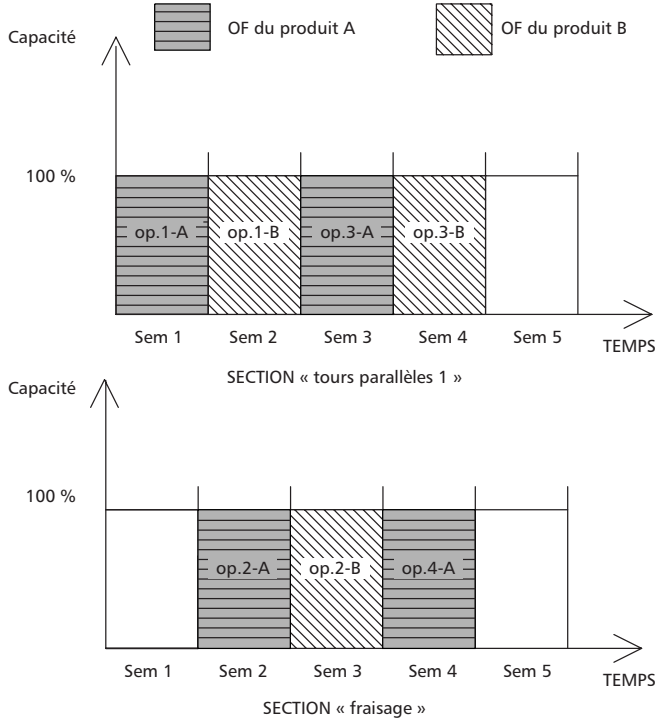


Figure 20.7 – Placement au plus tard à capacité infinie.

■ **Au plus tôt (figure 20.8)**

Critères de chargement :

1. Classement des OF par priorité, sans jalonnement.
2. Remplissage section à partir date jour (progressif) sans lissage.
3. Le seul jalonnement effectué est alors celui du chargement.

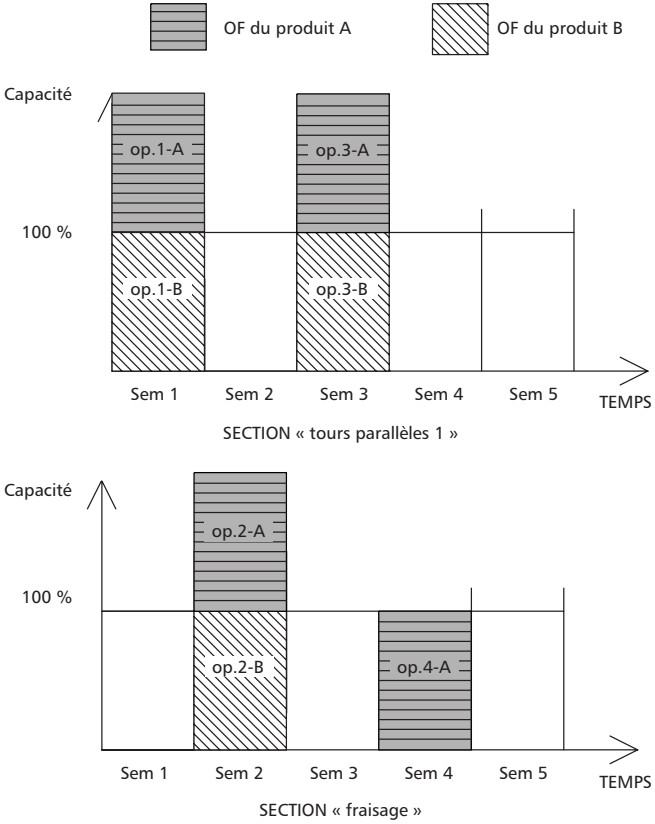


Figure 20.8 – Placement au plus tôt à capacité infinie.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Cette méthode inclut donc dans la même opération jalonnement et chargement.

Exemple 2 (figure 20.8)

Les délais demandés sont identiques au 1.
On charge par un remplissage progressif avec dans l'ordre OF de B puis OF de A.
On travaille d'abord à capacité infinie.
On planifie donc dans l'ordre op.1-B, op.2-B, op.3-B, op.1-A, op.2-A, op.3-A puis op.4-A.

20.4.3 À capacité finie

■ **Au plus tôt (figure 20.9)**

Critères de chargement :

1. Classement des OF par priorité.
2. Remplissage section à partir date jour (progressif) avec lissage sériel.

Exemple 3 (figure 20.9)

On planifie l'OF du produit B à capacité finie suivi de l'OF du produit A (critère de remplissage premier arrivé-premier planifié par exemple), donc on planifie dans l'ordre op.1-B, op.2-B, op.3-B, op.1-A (à capacité finie donc avec lissage), op.2-A, op.3-A et enfin op.4-A.

Pour conclure, on considère généralement que l'ordonnancement issu des méthodes de placement est assez sévère, que l'annonce des délais est plutôt optimiste et que la dérive à la réalisation peut être importante.

20.5 Méthodes de simulation dynamique de files d'attente

Le temps est discrétisé. À chaque instant ainsi défini, on décide de planifier le plus d'opérations possible, compte tenu des ressources et contraintes de succession, qui déterminent parmi ces opérations un ordre d'urgence.

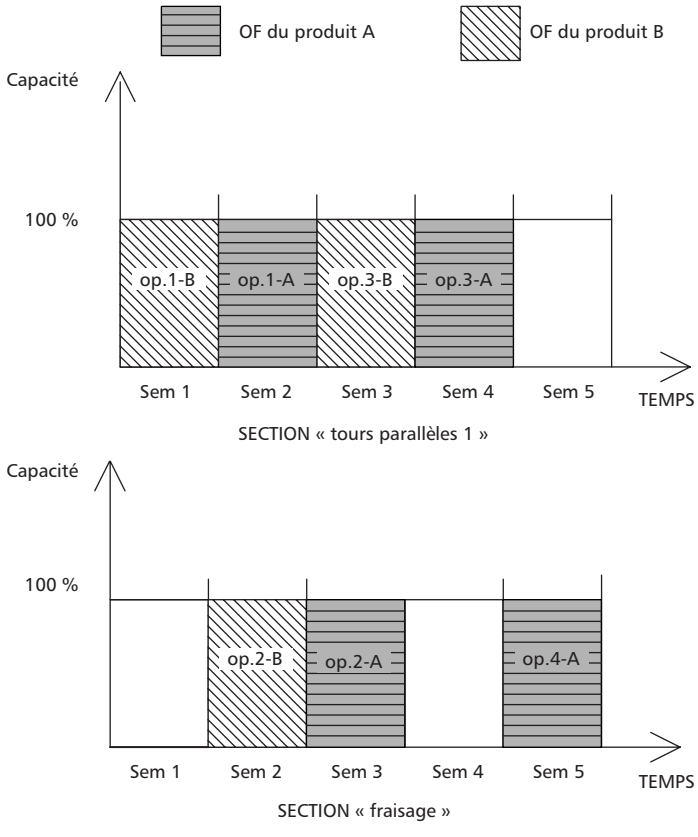


Figure 20.9 – Placement à capacité finie au plus tôt (lissage sériel).

De plus dans certaines de ces méthodes, le classement des opérations est effectué à chaque pas de la simulation, alors que leur urgence relative varie au cours de cette simulation.

Le déroulement des méthodes de simulation dynamique est alors le suivant :

1. jalonnement régressif par OF;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

2. remplissage section – progressif le plus souvent ou exceptionnellement régressif;
3. critère de priorité de remplissage au niveau de chaque opération;

Le premier jalonnement est effectué à capacité infinie. Il sert de référence pour la suite du traitement, en particulier pour le calcul du critère de priorité (critère d'ordonnancement).

Le chargement dans le planning inclut un deuxième jalonnement.

À la différence des « méthodes de placement » le jalonnement de chaque opération d'un OF a des conséquences sur les opérations des autres OF

On nomme tâche (i, j) la j-ème opération de l'OF i, on introduit la notion de « tâche disponible ». La tâche (i, j) est « disponible » lorsque la tâche $(i, j – 1)$ est réalisée. Le temps est discrétisé; le traitement s'effectue pour des « pas » de simulation c'est-à-dire des intervalles de temps définis dans le logiciel.

Le traitement est alors le suivant :

– Étape 1 : Sélection des tâches disponibles et calcul d'un critère d'urgence pour chaque tâche.
– Étape 2 : Tri des tâches disponibles par famille de postes, par poste de charge et par critère d'urgence.
– Étape 3 : On examine les opérations dans l'ordre défini à l'étape 2. On remplit pour chaque poste de charge une charge équivalente à la capacité disponible dans le « pas » de simulation (par exemple, si le pas est la journée pour un poste unique en 2/8 la charge la charge planifiable est de 16 heures au départ).
– Étape 4 : Mise à jour des nouvelles opérations disponibles, en fonction des opérations réalisées dans l'étape 3.
– Retour à l'étape 1.

Le traitement est effectué sur un horizon de simulation déterminé au début du traitement.

La notion de « Famille de postes » utilisée dans l'étape 2 correspond à un ordre de régulation des postes, les postes critiques étant chargés dans d'abord et dans un ordre prédéterminé, les postes annexes ou en surnombre étant chargés en dernier lors de chaque « pas » de simulation.

20.5.1 À capacité infinie

Rien n'empêche d'utiliser cette technique à capacité infinie, mais elle a d'abord été conçue dans l'esprit de la capacité finie. Le planning obtenu est alors dans ses résultats sensiblement identique à celui obtenu par un placement à capacité infinie.

20.5.2 À capacité finie

Exemple 4 (figure 20.10)

Sélection des tâches disponibles : On en trouve seulement deux (la fabrication n'est pas encore commencée. On ne peut effectuer l'opération 2 tant que l'opération 1 n'est pas effectuée)

– op.1-A (tour);

– op.1-B (tour).

On suppose que le calcul (selon le critère d'ordonnancement choisi) nous fait choisir op.1-A qui est donc affectée en semaine 1 de la section « tour » (étapes 2 et 3). On met à jour les opérations rendues disponibles par cette affectation (étape 4).

On sélectionne (pas n° 2 de la simulation) les opérations disponibles. On en trouve deux à nouveau :

– op.1-B (tour);

– op.2-A (fraisage), puisqu'à ce stade op. 1-A est supposée effectuée.

En l'absence de conflit on affecte op.1-B en semaine 2 de la section de tour et op.2-A en semaine 2 (date à partir de laquelle op.1-A est terminée)

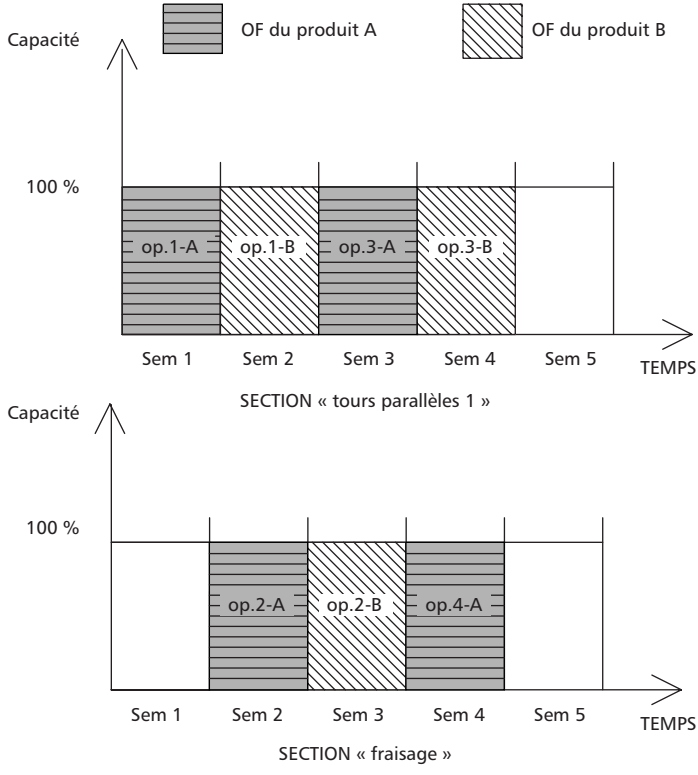
On sélectionne les opérations disponibles. On en trouve deux :

– op.3-A (tour);

– op.2-B (fraisage).

À nouveau en l'absence de conflit, on affecte op.3-A dans la section de tour en semaine 3 et op.2-B en semaine 3 dans la section fraisage. On sélectionne les opérations disponibles. On trouve alors op.3-B et op.4-A qu'on affecte de même (figure 20.10).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.



Exemple 4 : simulation dynamique de file d'attente (type C) à capacité finie

Figure 20.10 – Placement à capacité finie au plus tôt (lissage sériel).

Attention

Le but des quatre exemples qui précèdent n'est pas de monter la supériorité d'un quelconque des algorithmes mais seulement d'illustrer dans des cas simplismes la manière dont un logiciel va traiter un carnet de plusieurs milliers d'opérations.

On aurait pu en changeant un tout petit peu les données prises en hypothèses arriver à des résultats inverses. En l'occurrence deux méthodes très différentes donnent le même résultat, qu'en ce cas précis on aurait pu également trouver très facilement « à la main ».

Pour conclure, on considère généralement que l'ordonnancement issu des méthodes de simulation dynamique de file d'attente est assez serré, que l'annonce des délais est globalement bonne et que la dérive à la réalisation est moyenne.

20.6 Autres méthodes de chargement[1]

Il s'agit pour l'essentiel, et en se restreignant aux méthodes réellement utilisées en atelier de :

– chargement groupe d'opérations par groupe d'opérations en fonction du rang dans la gamme, méthode issue de la théorie des graphes ;
– chargement par des méthodes utilisant des algorithmes génétiques de chargement ;
– ordonnancement via des réseaux de Petri (productions autres que manufacturières).

20.7 Validation d'un planning calculé et conséquences

La génération d'un nouveau planning s'accompagne toujours d'un état dont le but est de permettre au responsable de juger de la pertinence du planning obtenu.

Lorsque le responsable considère que le planning calculé est le meilleur possible compte tenu des diverses contraintes, il valide ce planning. Ceci a pour conséquence de modifier le délai interne de nombre d'OF, et de leurs composants.

1. Le lecteur intéressé par ces techniques se reportera avec profit aux différents ouvrages sur ce sujet complexe et passionnant, qui sort du cadre de cet ouvrage.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le résultat de ce nouveau planning est donc injecté dans le prochain calcul des besoins.
Si l'écart entre le délai promis au client (délai proposé) et le délai interne est important, des modifications manuelles de l'un ou l'autre des délais doivent alors être effectuées.

Exemple

```
Planifiés  dont non commencés | Décalés dont non commencés
Nombre d'OF           20            12            4             3
Décalage OF            Nombre % Nb op Nb jours moyen  Nb jours max
Avance (planning/délai) 2 10 %2       3.5                 4
Retard (planning/délai) 1 5 %3        1.5                 1.5

Total dont Critiques
Nombre de sections        25 5

Décalage section Nombre Heures reportées Report moyen en semaines
Total                     2        70 h                    2.86
221 Grand fraisage 50 h             3.12
110 Montage 20 h                    2.60
```

20.8 Distribution du travail

20.8.1 Positionnement dans l'ordonnancement

La distribution du travail est la quatrième et dernière étape de la démarche de planification et ordonnancement (figure 20.11).
Il s'agit alors d'ordonnancer les charges à réaliser dans la journée ou les 2 journées qui suivent. Le compagnon doit choisir dans les tâches disponibles celle qui optimisera le flux global.

20.8.2 Utilisation du critère d'ordonnancement comme mécanisme de régulation

Le principe consiste à utiliser un critère d'ordonnancement évolutif et de prendre en compte dans le calcul de priorité les opérations déjà effectuées (figure 20.12).

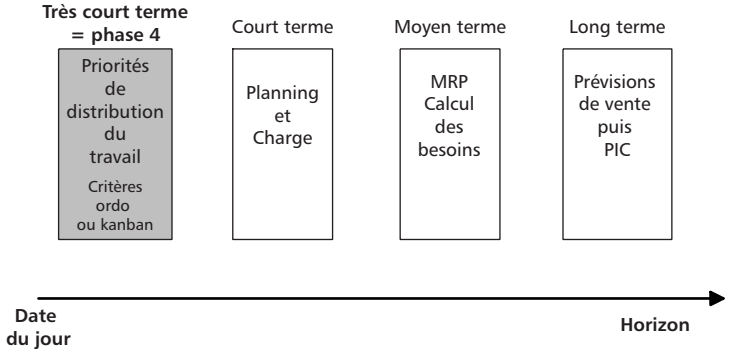


Figure 20.11 – Position de la distribution du travail dans le processus de planification-ordonnancement.

■ Exemple

Soit un atelier, et dans cet atelier un tour (poste 1) et un centre de fraisage (poste 2).

Nous sommes le 01/MM/AA. Il est 13 heures Les compagnons de la deuxième équipe commencent le travail. L'OF 7 est en-cours d'usinage sur le poste 1, l'OF 9 est en-cours d'usinage sur le poste 2. Les temps de transit moyens devant ces deux postes de travail sont en moyenne de 8 heures.

À 13 heures, sont en attente :

– devant le poste 1 les OF 1 et 2 (depuis un temps indéterminé ; les conteneurs ont été apportés par un cariste avant 13 heures) ;

– devant le poste 2 les OF 5 et 6 (de même depuis un temps indéterminé).

Pour ces OF, on possède les informations suivantes :

OF 1 délai du planning : 15-MM-AA.

Opération 10 quelconque terminée ce jour.

Opération 20 – tour – le cycle restant est de 52 heures d'usinage et de transit. La durée jusqu'au délai est de 78 heures ouvrées.

Le critère d'ordonnancement est alors 78/52 = 1,5

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

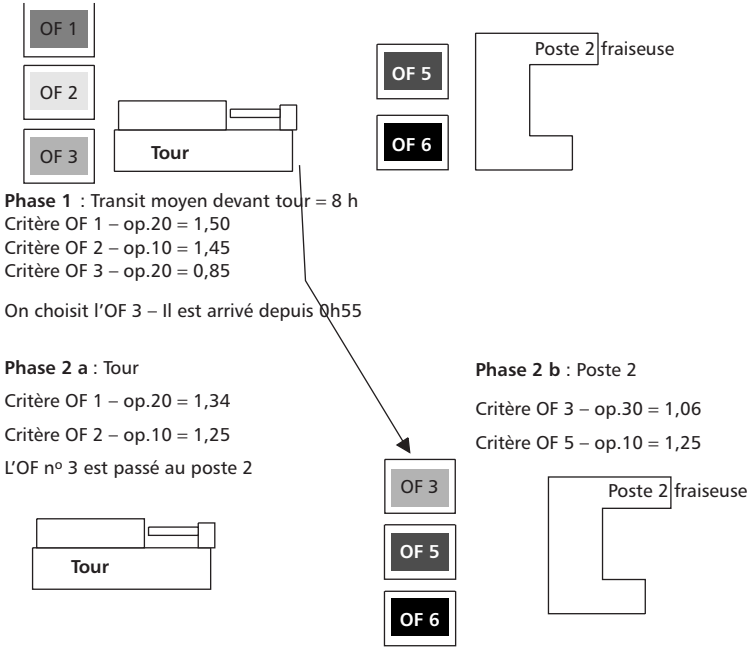


Figure 20-12 – Distribution du travail et critère d'ordonnancement.

Le conteneur contenant les pièces est arrivé devant le tour la veille.

Opération 30 – quelconque – le critère d'ordonnancement de cette opération est sans importance puisqu'elle n'est pas disponible, la précédente n'étant pas réalisée.

OF 2 délai du planning : 25-MM-AA.

Opération 10 – tour – OF lancé ce matin, la date de lancement prévue au planning étant atteinte. Temps disponible : 24 jours calendaires, 17 jours ouvrées, soit d'après le calendrier de la section 125 heures
cycle restant en heures ouvrées : 86 heures.
critère d'ordonnancement : 125/86 soit 1,45.

Le conteneur contenant les pièces est arrivé devant le tour à 10 heures.

OF 3 op.10 en-cours sur la section de débit en amont apporté devant le tour à 13 h 05 mn.

Le cycle restant normal est de 29,5 heures.

Le cycle disponible avant le délai est de 25 heures ouvrées.

Cet OF a subi un retard en amont et son critère d'ordonnancement est alors de 0,85.

Le compagnon travaillant sur le tour termine son opération sur l'OF 7 à 14 heures. Il (ou son chef d'équipe) doit donc choisir une nouvelle tâche.

À 14 heures, il choisit donc l'OF 3 puisque son critère d'ordonnancement est le plus petit (il est donc le plus « urgent »). Le temps de file d'attente effectif de l'OF 3 est alors de 0 h 55 mn au lieu des 8 heures moyennes constatées.

L'usinage sur le tour dure 5 heures.

Après usinage des pièces de l'OF 3 sur le tour, cet OF est apporté à la section suivante (poste 2).

À ce stade le temps nécessaire n'est plus que de 18 heures et le temps disponible est alors de 19 heures. Le critère, une fois l'OF 3 arrivé au poste 2 est alors de 19/18 = 1,06.

À ce stade si le compagnon choisit de nouveau en priorité l'OF 3 s'il s'avère qu'il a le critère le plus petit, il privilégie de nouveau cet OF dans le flux de production.

■ Conclusion

On peut ainsi constater au travers de cet exemple le rôle de régulateur introduit par le critère d'ordonnancement. Ce rôle de régulateur est dynamique et cesse dès qu'un autre OF devient plus urgent, le temps continuant à avancer inexorablement.

On constate l'efficacité supérieure de ce système sur l'ancien système des OF marqués comme urgents sur la fiche suiveuse (par tout moyen tel qu'une croix rouge…), dont l'urgence acquérait un caractère définitif.

Cette régulation est d'autant plus efficace que le rapport (temps de production 'sec'/ temps de cycle) est faible donc d'autant plus que le nom-

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

bre d'opérations est important. On utilisera donc plus facilement cette méthode dans des secteurs à gamme de fabrication complexe (mécanique de précision, aéronautique…) que dans des secteurs à gamme de fabrication mono ou bi-opération (agroalimentaire, montage simple…).
Enfin, il apparaît que sans suivi de production proche du « temps réel », on ne peut connaître l'état de disponibilité des opérations et le cycle restant et donc cette méthode perd de son intérêt. Vouloir optimiser l'ordonnancement par une boucle de régulation de ce type pousse l'entreprise à utiliser des systèmes de suivi de production assistés par ordinateur (SPAO) de type prise de « tops » sur machine (Début, Fin, Changement de temps) ou à tout le moins avec suivi code-barres en atelier[1].

1. Cf. chapitre 21.

21 • SUIVI DE PRODUCTION

21.1 Mesure des temps

21.1.1 Types de temps

Le premier problème posé consiste en la définition des types de temps mesurés (et ce problème n'est pas indépendant du type de mesure – cf. paragraphe suivant). On peut décomposer les temps en temps de production et temps d'arrêt. Dans ces deux grandes catégories il peut être intéressant de décomposer en sous-catégories d'où l'apparition de types de temps codifiés dans l'entreprise.

La codification numérique (deux caractères) est la plus employée, puisqu'elle permet une saisie par une seule touche sur les terminaux spécialisés[1]. Pour chaque type de temps on précisera s'il correspond à la catégorie production ou arrêt.

Le cas du réglage est particulier. Si l'entreprise travaille à la commande, le réglage de la machine fait partie du temps vendu au client. C'est donc alors un temps de production.

Si l'entreprise travaille en production par l'aval suite à des commandes ouvertes, le temps de réglage est donc un temps d'arrêt et non un temps

1. La productivité demandée pour la saisie est très analogue au rythme de saisie demandé aux rayons fruits et légumes des grandes surfaces qui comportent des balances à touches pré-codifiées.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

de production. Les indicateurs définis plus loin dans ce chapitre doivent prendre en compte ce phénomène.

Exemple de table de types de temps

01 Production
02 Réglage
03 Démontage outil
04 Montage outil
05 Nettoyage
06 Attente régleur
07 Attente approvisionnement
08 Manque matière
09 Panne mécanique
10 Panne hydraulique
11 Panne électrique
12 à 15 libres pour le futur
16 Arrêt indéterminé

Dans l'établissement des types de temps à mesurer quelques principes doivent être rappelés.

1. Il existe une limite au nombre de causes mémorisables par un compagnon.
2. Il est plus facile de décider d'un partage d'une cause en deux que de regrouper deux causes d'arrêt en une.
3. Il existe toujours des causes qui n'ont pas été codifiées et qui sont suffisamment rares pour ne pas avoir à être codifiées.

En conséquence, ne pas trop détailler les causes à analyser et prévoir un cas « autre » ou « indéterminé » de manière systématique.

21.1.2 Types de mesures

La première question est relative aux objectifs du suivi de production.
Que cherche-t-on à connaître et mesurer ?
– la production par machine ;
– le temps de production par personne ;

– des indicateurs de productivité par personne ;
– des coûts de revient par fabrication ;
– les opérations rendues disponibles par la fin de l'opération précédente ;
– les temps alloués restants ;
– la répartition des temps et causes d'arrêt.

Ces objectifs ne sont pas tous compatibles avec les différents modes de saisie indiqués plus loin.
Enfin, les mesures de temps doivent être compatibles avec la structure du système de coûts de revient[1].

Exemple

Système de coût de revient dans lequel le taux horaire est celui de la machine.
Le taux horaire main-d'œuvre est inclus dans le taux horaire machine.
On doit mesurer alors le temps machine et non le temps main-d'œuvre.

Lorsque l'opérateur est à 100 % du temps sur un seul poste de travail, si le processus est indépendant de l'opérateur, on aura intérêt à mesurer le temps machine. À l'inverse, si ce processus dépend de l'habileté du compagnon on mesurera le temps horaire main-d'œuvre.

Exemple

Machine CNC : le temps est plus lié à la machine qu'à l'opérateur.
Poste de montage : la cadence est donnée par l'opérateur.

Lorsque l'opérateur travaille sur plusieurs machines en même temps, en général on mesure le temps machine, et il est illusoire de chercher à retrouver le temps de présence à partir des temps passés, sauf dans le cas d'un suivi de production automatique qui comptabilise tous les arrêts (cf. 21.2.3).

Exemple : une personne sur quatre machines

4 premières heures : les 4 machines sont en production.
Temps machine : 4 heures × 4 = 16 heures.

1. Cf. chapitre 23.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Temps opérateur : 16 heures × 25 % = 4 heures.
4 heures suivantes l'une des machines est arrêtée.
Temps production machine = 4 heures × 3 = 12 heures.
Temps production opérateur = 12 × 25 % = 3 heures mais l'opérateur, lui, ne s'est pas arrêté pendant une heure.

Si on veut utiliser le suivi de production pour ordonnancer l'atelier, seul le suivi des tops est envisageable. En effet, dans un système de suivi des durées, l'information est disponible quand il est trop tard.

21.2 Modes de saisie

21.2.1 Saisie des durées

La saisie des durées correspond historiquement aux premiers systèmes de suivi de production. Les durées sont connues seulement lorsque la tâche est terminée. Elles sont alors enregistrées puis collectées dans le système de suivi.
La collecte s'effectue par personne, par poste de travail ou par OF.

■ Par personne

Chaque opérateur ou compagnon note les temps passés par OF et le total de la journée correspond au temps de travail.

■ Par poste de travail

L'enregistrement est effectué sur un document par poste de travail avec les heures de début et de fin de chaque compagnon et l'OF sur lequel il travaille de la même façon que dans le cas précédent. Le mode de saisie assure la cohérence entre la durée d'ouverture et les temps saisis.

■ Par ordre de fabrication

On note sur chaque document d'atelier concerné (bon de travail ou fiche suiveuse selon les cas) et pour chaque opération :
– le ou les matricules ;
– les types de temps ;

– les temps passés ou les heures de début et de fin.

On peut vérifier ensuite via des états d'analyse par jour ou par semaine, la cohérence des temps de saisie avec les temps d'ouverture. Cette cohérence est bien évidemment plus aléatoire que dans les deux cas de saisie précédents dans lesquels elle était assurée par construction. En effet, dans les cas de saisie par personne ou par poste de travail, s'il manque une heure à la fin de la journée, le compagnon la répartit le plus souvent au hasard pour arriver au total requis.

À noter : la vérification des durées par personne n'est pas toujours assurable par le système de gestion de production (cf. ci-après 21.3).

La saisie des informations s'effectue de plus en différé par rapport aux événements (en général avec un jour de décalage).

21.2.2 Saisie des tops et détermination des durées

■ Saisie des tops

On distingue normalement les débuts et les fins de tâches pour chacun des types de temps définis.

■ Exemple

On peut imaginer la séquence suivante :

– Début Travail (début de la production)	Fin Production
– Début Pause	Fin Pause
– Début Production	Fin Production
– Début Changement outil	Fin Changement outil
– Début Production	Fin Travail

soit 10 saisies pour ce poste.

On constate alors facilement :

– qu'il est plus simple de considérer que la fin d'un travail est le début de la tâche suivante ;

– que dans la liste des éléments saisis, certains sont répétitifs (heure de début travail, de début et fin pause, de fin travail) et d'autres dépendent de la tâche en-cours.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Le principe consiste alors à dissocier ces types de tops, et à ne saisir que ceux qui ne sont pas de type permanent.

La séquence devient alors pour la même journée :

– début Changement Outil ;

– début Production,

soit deux saisies au lieu de dix, et un gain de productivité spectaculaire.

On saisit préalablement aux jours concernés les heures de présence des personnels (qui peuvent être répétées selon des séquences préétablies, comme les calendriers de production) ou les heures d'ouverture des machines si on suit les temps machine.

Ensuite on est amené à distinguer l'interface de saisie du stockage interne du type de top.

En saisie on rencontre par exemple les tops suivants : début, changement, fin de travail. Un début signifie que le temps est mesuré immédiatement après mais pas avant le top. Une fin signifie à l'inverse la mesure du temps avant mais pas après. Un changement signifie la mesure avant et après. Un changement peut introduire un début, une interruption ou une fin de tâche.

■ Intégration des tops

□ Détermination des durées

Les durées sont alors calculées chaque fois que c'est possible c'est-à-dire quand le top est suivi d'un top de changement (pour le dernier top saisi la durée n'est pas calculable).

Chaque fois qu'il y a test, on teste les temps de présence du jour de la machine et de la personne puis, en cas de section à suivi temps machine, seuls ceux de la machine s'appliquent, en cas de section et poste à suivi temps main-d'œuvre seuls ceux de la main-d'œuvre s'appliquent.

Sur les saisies de type « Changement » on propose tous les types de temps existants. La fonction d'intégration calcule les durées. Ainsi après intégration, il n'y a plus de type « changement » et le logiciel a reconstitué des segments début-fin.

☐ Traitement des anomalies

Il n'est pas rare que des anomalies soient détectées au traitement de détermination des durées. 90 % des anomalies possibles sont éliminées si le système de saisie est relié au système de gestion. Si ce n'est pas le cas (cas de terminaux de saisie portables non connectés par exemple), il n'est pas rare de devoir calculer la durée d'un OF issu de codes barre lus sur les yaourts ou paquets de biscuits de la dernière pause. Les 10 % restants correspondent essentiellement à des oublis (début de tâche sans fin ou l'inverse), les erreurs de date étant normalement éliminées par les contrôles à la saisie

Il faut cependant prendre conscience qu'une saisie des tops, si elle simplifie la saisie, complique un peu la correction d'erreurs a posteriori.

■ Principes de détermination des durées avec gestion automatique des présences

On commence par reconstituer des séquences Début-Fin puis le principe est de considérer que les événements saisis sont prioritaires sur les événements normaux. Ainsi si un compagnon pointe un changement de tâche en arrivant en avance le matin, l'heure saisie est prioritaire sur l'heure normale.

On peut établir alors un tableau des cas de figure et proposer la logique du tableau 21.1.

Tableau 21.1 – Séquences d'intégration des tops.

A. séquence Début-Fin	
1. à l'intérieur des temps de présence	les temps saisis s'appliquent.
2. à l'extérieur des temps de présence mais incluant un seul segment de présence	les temps saisis sont prioritaires.
3. à l'extérieur des temps de présence avec une interruption de présence dans le segment D-F (donc avec deux segments de présence ou plus)	On intègre du D jusqu'à la fin du premier segment puis du début du 2e jusqu'au F.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

B. séquence Début-Début ou Début-Interruption ou Interruption-Début ou Interruption-Fin	
1. à l'intérieur des temps de présence 2. à l'extérieur des temps de présence Dp = Début présence Fp = Fin présence Ce = Top de Changement De = Début effectif de la tâche Fe = Fin de la tâche déclarée	les temps saisis s'appliquent. l'intégration se fait selon le schéma ci-dessous. Le type « C » correspond à un changement de tâche sans interruption du travail.
	Si le top compris en dehors des temps de présence est « I » ou « F » – tout le temps « avant » est compris. Le temps « après » est un temps non travaillé – cas (1). Si le top extérieur aux temps de présence est « D » – tout le temps après ce top est un temps de travail. Le temps « avant » entre la fin de présence et le top est ignoré – cas (2). Si le top extérieur aux temps de présence est « C » – la machine et le matricule ne s'arrêtent pas de travailler. On prend en compte à la fois le temps « avant » et le temps « après ».
3. en incluant un « trou » de présence, avec une interruption de présence dans le segment D-I (donc avec 2 segments de présence ou plus)	on intègre du D jusqu'à la fin du segment de présence (le temps intégré peut être plus long que le seul segment de présence) puis du début du deuxième segment jusqu'à la fin du 2e segment s'il est avant le 2e I ou D, jusqu'au 2e I ou D sinon.

21.2.3 Suivi à intégration automatique

On parle alors généralement de SPAO (Suivi de production assisté par ordinateur) (figure 21.1).

Ce concept recouvre à la fois :

– des moyens de prise d'information sur machines ;

– un réseau entre les différents terminaux de prises de données ;

– une concentration de ces données, puis

– un échange de données avec le système de gestion de production.

■ Prise d'informations

Il s'agit de terminaux industriels, en général résistants aux projections des différents fluides (eau, graisse, peinture…)[1], sur lesquels des entrées « tout ou rien » permettent de connaître l'état du processus (en marche ou arrêté). Ces terminaux sont toujours physiquement très proches de la machine, souvent reliés à celles-ci. La saisie est simplifiée du fait de l'horodatage issu des terminaux eux-mêmes.

Lorsque la machine est arrêtée un code de temps doit être renseigné par l'opérateur sur le terminal. Selon, le cas, l'identification de l'opérateur est ou non effectuée (par badge à lecture code-barres). Des quantités peuvent aussi être saisies soit via le clavier, soit par lecture code barres sur palette, soit par des moyens annexes (en particulier par pesage qui donne par conversion le nombre d'unités produites).

Lorsque la machine est cyclique, on peut tester la vitesse du cycle par rapport à une valeur de référence et détecter si l'indicateur de déréglage est respecté[2].

$$Cpk = \frac{\text{Mini(Tolérance supérieure – Moyenne),(Moyenne – Tolérance inférieure)}}{1/2\,\text{(Dispersion du procédé)}}$$

1. Par exemple compatible norme IP65.
2. Cf. section 7.4.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

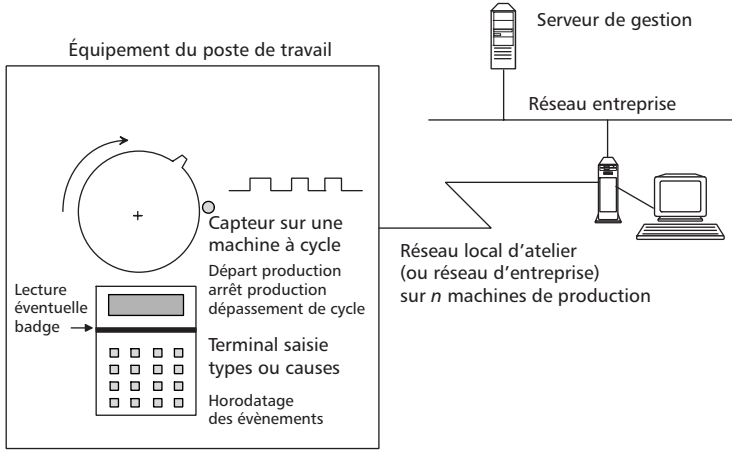


Figure 21.1 – Suivi de production assisté par ordinateur (SPAO).

■ Réseau industriel

Il est caractérisé par un taux de transit très faible (par comparaison par exemple avec la bureautique), une insensibilité aux perturbations magnétiques induites par nombre de machines (électro-érosion, etc.). Il est de plus en plus souvent sans fil.

■ Concentration des données

Un journal de tous les événements est enregistré sur un micro-ordinateur dédié à ce réseau local.

Il est fréquent que celui-ci relayé le plus souvent par des téléviseurs, permette aussi la supervision de l'atelier. Les machines sont schématisées sur un écran reprenant la topographie de l'atelier. Les machines en production sont indiquées en vert, celles qui sont arrêtées sont le plus souvent affichées en rouge, voire en noir (si l'arrêt est supérieur aux normes édictées). Les machines en dépassement de cycle peuvent par exemple être en orange, celles en cours de réglage en bleu, etc.

■ **Échange avec la GPAO**

Les échanges se font dans les deux sens. Dans un premier temps, les fabrications à effectuer sont envoyées par la GPAO sur le système d'atelier. Lorsque les opérations sont commencées, les états d'avancement (nombre d'unités réalisées, temps passé, code de temps…) sont remontés sur le système de gestion pour donner lieu à :

– la mise à jour des plannings (déchargement, mise à jour des opérations suivantes disponibles ;
– la mise à jour des statistiques de production (par poste de travail, par section, par matricule, par type d'opérations) ;
– la mise à jour des coûts de revient (par OF, par article, par affaire…).

21.2.3 Automatismes liés au suivi des temps

La déclaration des fins d'opération décrémente la charge du planning, rend disponible l'opération suivante dans la gamme (en cas de jalonnement successeur), effectue de plus éventuellement les sorties de stocks des composants attachés à l'opération.

21.3 Analyse des temps

21.3.1 Analyse par jour de production

L'analyse des temps, simple dans son principe, donne lieu à des ajustements de précision dans nombre d'entreprises.

Exemple

Soit un enregistrement de temps de 8 heures à cheval pour moitié sur 2 jours. Dans les fichiers il est enregistré à la date et heure de début pour 8 heures. Tout utilisateur de tableur ou base de données comprend que le total prenant en compte cet enregistrement sera de 8 heures pour la journée considérée et non de 4 heures.

Si l'on désire faire un contrôle entre 2 heures précises, il importe alors de saisir les temps en cohérence avec les états que l'on souhaite. Dans le

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

cas présent la saisie doit s'effectuer en deux fois, avec 4 heures sur chaque journée.

Des difficultés supplémentaires sont créées :

– par le fait de commencer les journées à 5 heures du matin (cas des 3×8) pour laquelle la date du jour n'est pas identique à la date grégorienne ;
– par les états par équipe dans lesquels il faut distinguer les dates de début et de fin et les plages horaires dans lesquelles a travaillé l'équipe.

Exemple

État des temps de production du 16 et 17 du mois pour l'équipe 3.

Cela se traduit par :

État des durées effectuées entre 21 heures le 16 et 05 heures le 17, puis entre 21 heures le 17 et 05 heures du matin le 18.

21.3.2 Analyse des états par machine

À partir des données saisies, on établit dans un premier temps un tableau des valeurs par types de temps (tableau 21.2).

Puis on établit l'histogramme par montant décroissant dans chaque type de temps, au niveau de chaque poste, ou en agrégeant au niveau d'une cellule, d'une ligne, d'un atelier (figure 21.2).

Le principe consiste à hiérarchiser les arrêts pour étudier les évolutions d'une période sur l'autre donc d'éventuelles dérives et surtout pour pouvoir décider des priorités d'action de manière à augmenter le taux d'utilisation des postes de travail[1].

21.3.3 Analyse des machines – les différents taux (fig. 21.3)

■ **Données**

□ **Temps d'ouverture atelier**

Il correspond au temps de présence des opérateurs pour chacune des sections et dans chacun des calendriers concernés.

1. Cf. section 7.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Tableau 21.2 – Exemple de tableau de statistiques de temps par poste de travail.

Période du JJ/MM/AAAA au JJ/MM/AAAA Equipes : 1 à 3

Poste	Prod	Régl	Manip	Dém Out	Mon Out	Nett. C	Att Rég	Att Appr	Manq Mat	P Méc	Pan El	Pan Hyd	Indét	Tot. Gén	Tot. Prod	Tot. Arrêt	Tx Marche	Tx Perf
101/1	241h36	68h43	0h00	40h12	43h21	23h23	0h00	13h10	1h49	11h29	38h02	0h00	9h15	490h59	241h36	249h23	49.21 %	130.23 %
101/2	237h45	45h14	0h00	35h18	54h53	34h04	1h42	5h52	3h35	7h48	48h40	2h49	1h50	479h31	237h45	241h45	49.58 %	115.70 %
103/1	289h57	95h52	0h00	30h57	1h14	20h52	0h44	4h59	2h34	4h32	31h21	0h00	7h05	490h08	289h57	200h11	59.16 %	Inconnu
104/1	136h10	58h51	0h00	136h59	77h35	0h01	0h00	14h01	0h00	1h57	2h30	0h00	13h31	441h35	136h10	305h26	30.83 %	94.51 %
105/1	334h28	2h25	0h00	22h27	0h00	0h00	0h00	4h02	0h00	5h39	3h00	0h00	0h00	372h00	334h28	37h32	89.91 %	114.52 %
106/2	16h51	1h00	0h00	0h50	0h00	0h00	0h00	0h13	0h00	4h29	0h05	0h00	0h00	23h29	16h51	6h39	71.71 %	83.94 %
Total	**1256h46**	**272h06**	**0h00**	**266h44**	**177h02**	**78h21**	**2h26**	**42h16**	**7h58**	**35h54**	**123h38**	**2h49**	**31h42**	**2297h42**	**1256h46**	**1040h56**	**54.70 %**	

Note : le taux de performance est calculé comme le rapport du temps passé de production au temps alloué (ce dernier n'étant pas inscrit dans l'état).

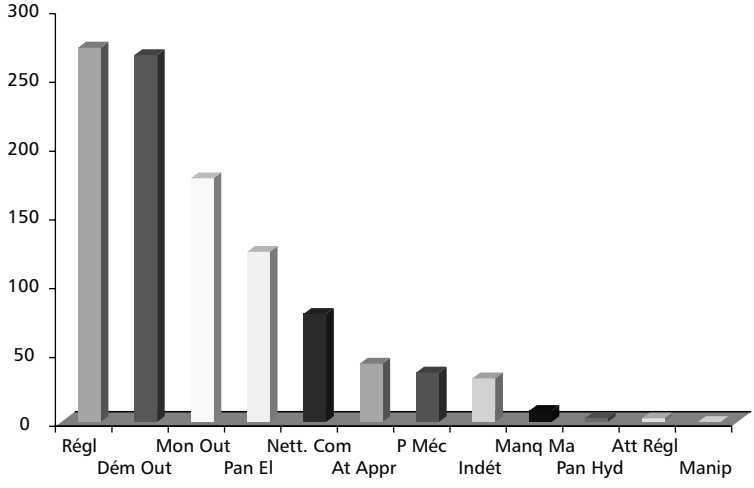


Figure 21.2 – Histogramme des arrêts machine d'une période.

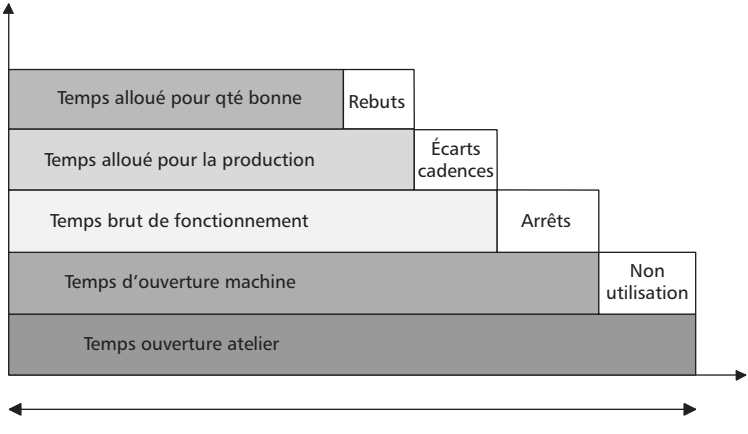


Figure 21.3 – Les différents temps utiles.

☐ Temps d'ouverture machine

Il correspond normalement aux temps mesurés, c'est-à-dire à la somme des temps de production et des arrêts. Le temps d'ouverture atelier comprend en plus les temps pendant lesquels les temps machine ne sont pas qualifiés, soit parce que la machine est inutilisée, soit parce que les temps en question ne sont pas pointés.

☐ Temps brut de fonctionnement

(Somme des temps de production), ou (temps brut de fonctionnement – somme des arrêts).

C'est la somme des temps mesurés définis comme temps de production. Selon le cas il inclut ou pas les temps de préparation du poste.

On doit définir la nature des temps de démontage ou montage outil et réglage du poste de travail.

Exemples

1. Fabrication répétitive avec appel par l'aval

Chaque changement de référence sur la ligne de production correspond à une perte de production. Le temps de changement n'est pas vendu aux clients. Il correspond donc à un arrêt de la fabrication et à un temps improductif.

2. Fabrication de pièces unitaires à la commande

Le temps de réglage du poste de travail a été vendu au client. Il est partie incontournable de la gamme de fabrication. Il est productif puisque vendu.

Selon la nature de l'entreprise et de sa production, les temps de démontage ou montage outil, de réglage du poste seront donc ou non inclus dans le temps brut et le temps net de fonctionnement.

☐ Temps net de fonctionnement ou temps alloué produit

Pour la quantité produite, il s'agit habituellement des temps alloués unitaires multipliés par la quantité fabriquée. On pourra ajouter les temps de

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

préparation dans le cas où ces temps seraient vendus, ou pris en compte dans le calcul de coût de revient.

☐ Temps utile ou temps alloué des quantités bonnes

Il est calculé comme le précédent, en restreignant aux quantités acceptées par le contrôle et entrées en stock. Si le rebut est nul, il est égal au temps net (figure 21.3).

■ Indicateurs

À partir de ces temps sont construits un certain nombre d'indicateurs classiques conceptuellement définis dans cette section.

☐ Taux d'utilisation

$$\text{Taux d'utilisation} = \frac{\text{Temps d'ouverture machine}}{\text{Temps d'ouverture atelier}}$$

La mesure du taux d'utilisation permet de connaître l'efficacité administrative du pointage des temps. Ce ratio doit être normalement proche de 1.

☐ Taux de fonctionnement brut (ou TFB)

$$\text{TFB} = \frac{\text{Temps brut de fonctionnement}}{\text{Temps d'ouverture machine}}$$

Le taux de fonctionnement brut permet de mesurer l'incidence des différents arrêts. Le temps de production mesure le temps passé réellement.

☐ Taux de fonctionnement net (ou TFN)

Le taux de fonctionnement net rapporte le temps alloué produit au temps brut de fonctionnement.

$$\text{TFN} = \frac{\text{Temps alloué des fabrications}}{\text{Temps brut de fonctionnement}}$$

☐ Taux de qualité et taux de rebut

Le taux de rebut mesure le pourcentage des pièces non conformes par rapport au nombre total de pièces produites.

Le taux de qualité mesure le pourcentage des pièces conformes par rapport au nombre total de pièces.

(Taux de qualité TQ) + (Taux de rebut) = 100 %

☐ Taux de rendement synthétique (TRS)

$$\text{TRS} = \frac{\text{Temps utile}}{\text{Temps d'ouverture machine}}$$

Par rapport au taux de fonctionnement brut, il mesure non le temps passé mais le temps alloué produit, et défalque le temps consacré à la production de pièces qui sont ensuite rebutées.

Cette mesure n'est pas adaptée à la fabrication de pièces à la commande en petites séries.

Exemple

Temps d'ouverture atelier : 8 heures.
Temps d'ouverture machine : 8 heures.
Cadence gamme : 120 pièces/heure.
Temps brut de fonctionnement = 7 h 30 mn.
Quantité produite entrée en stock : 700 pièces.
Temps utile : 702/120 = 5,85 heures.
TRS = 73,125 %.

En conséquence :

$$\textbf{TRS} = \textbf{TFB} \times \textbf{TFN} \times \textbf{TQ}$$

Noter que le TRS est l'indicateur le plus utilisé chaque fois que la production est organisée en Juste-à-temps ou lorsque les séries sont importantes ou répétitives.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

21.4 Indicateurs de performance

21.4.1 Principes de définition d'un indicateur

Un indicateur de performance est une donnée quantifiée mesurant l'efficacité d'un processus en rapport avec un objectif ou une norme déterminés au préalable.

La représentation d'un indicateur met en œuvre les caractéristiques suivantes :

■ Définition absolue ou relative

Un indicateur est :

– absolu s'il est exprimé dans une unité de mesure physique (monétaire, poids, volume, unités, etc.) ;
– booléen (de type vrai-faux) si on comptabilise les événements appartenant ou non à un sous-ensemble (intervalle par exemple) ;
– relatif s'il est sans unité, rapport d'une mesure par rapport à un objectif prédéterminé.

Exemples

Le résultat de l'entreprise en *k€* est un indicateur absolu. Le résultat rapporté au chiffre d'affaires (*x* % du CA) est un indicateur relatif.

Le nombre d'OF livré dans les délais est un indicateur booléen. Le pourcentage d'OF dans les délais est un indicateur relatif.

La capabilité[1] ou le TRS sont des indicateurs relatifs.

■ Choix de l'échelle

Le choix de l'échelle intervient dans l'effet psychologique attaché à toute démarche de progrès. Les indicateurs relatifs élaborés à partir d'indicateurs booléens rendent possible une définition des intervalles en rapport avec les capacités des intervenants dans la période considérée.

1. Cf. section 7.4.2.

Exemple

La notion d'OF dans les délais pourra être définie avec un retard admissible de 2 semaines dans une première phase, puis d'une semaine dans une phase ultérieure.

■ Représentation graphique

Comme il a été vu tant en section 7.2 pour les outils de la qualité que plus haut dans ce chapitre, un indicateur pour être perçu rapidement et être compréhensible facilement sera présenté de préférence graphiquement.

Il importe à ce sujet de respecter les habitudes mentales souvent inconscientes. Ainsi une croissance dans les chiffres et surtout dans la représentation doit représenter un progrès et non une dégradation.

Les indicateurs de production s'exercent d'abord dans la mesure des consommations composants, des temps machines et main-d'œuvre, des rebuts de production, des cycles et des délais. Nombre d'indicateurs ont été précisés dans les chapitres correspondants[1].

On se référera en particulier pour ce qui est des coûts et du management basé sur les activités en section 23.2.4.

21.4.2 Productivité et indicateurs de résultat

La production d'une section, d'une cellule ou d'une ligne est le volume absolu d'unités produites dans la période considérée. L'unité de mesure est l'unité d'œuvre de l'entité considérée[2].

Le rendement est le rapport entre la performance réalisée et la performance attendue résultant de la définition des standards.

La productivité est le rapport mesurable et mesuré entre la quantité produite (Output) et les moyens mis en œuvre pour y parvenir (Inputs). De manière générale, la productivité est surtout appliquée à la main-d'œuvre.

Un indicateur de résultat mesure la production (indicateur absolu) ou la productivité (indicateur relatif).

1. Entre autres exemples : taux de rotation (8.4.4) , écarts de coûts (23.4.2), takt time (25.1.4), statistiques qualité fournisseurs (11.4.2).
2. Cf. section 3.5.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple : productivité par employé dans une période donnée

$$\text{Productivité par employé} = \frac{\text{Valeur ajoutée de la production}}{\text{Nombre d'employés productifs}}$$

21.4.3 Indicateurs de processus

Un indicateur de processus permet de mesurer la façon dont une quantité a été produite.

Exemples

Nombre d'incidents, nombre de rebuts, nombre de composants acceptés et refusés…

Les démarches d'amélioration continue[1] prennent en compte l'amélioration des indicateurs de processus dans le but d'améliorer l'indicateur de résultat. Un plan d'action est établi après réflexion sur les indicateurs de processus[2].

21.4.4 Construction des indicateurs et d'un système d'indicateurs

■ Construction des indicateurs

La construction d'un indicateur suppose l'analyse puis la définition préalable des facteurs ayant une influence sur la performance. On parle à ce sujet d'inducteur de performance[3]. Une fois les inducteurs identifiés, l'efficacité des actions mises en place est ensuite mesurée par l'indicateur approprié.

Les tendances ou variations d'une période sur l'autre sont souvent plus significatives et pertinentes que les valeurs absolues.

La construction d'un système d'indicateurs suppose en plus une cohérence entre les progrès mesurés. En effet, certains types de résultats sont

1. Ou kaisen.
2. Par exemple TPM, SMED, AMDEC, etc.
3. Cf. aussi à ce sujet *les inducteurs de coût*, section 22.2.

antinomiques et l'amélioration d'un indicateur ne peut se faire qu'au détriment d'un autre. Il importe alors d'établir un arbre hiérarchique des priorités d'action et d'établir les indicateurs les plus aptes à mesurer les progrès effectués.

Exemple

Un indicateur lié à la production d'unités sur un poste de travail et un autre lié au niveau du stock moyen de produits finis sont contradictoires.

Enfin, l'indicateur est bon dans la mesure où les données utilisées sont non seulement fiables, mais aussi obtenues à un coût justifié par les résultats attendus de sa construction.

■ Système d'indicateurs et tableaux de bord

L'étape ultime de la construction du système d'indicateurs est alors l'établissement d'un tableau de bord représentatif de la production.
Le nombre d'indicateurs pris en compte ne doit pas dépasser cinq ou six[1].
La maille de calcul et la périodicité des résultats seront d'autant plus larges que l'on s'éloigne de l'atelier et que l'on se rapproche de la direction générale.
Enfin chaque fois que les objectifs sont atteints, on n'hésitera pas à changer d'indicateur.

21.5 Quelques autres indicateurs classiques

21.5.1 Indicateurs de consommation composants

L'indicateur le plus courant est le rendement matière :

$$\text{Rendement matière} = \frac{\text{Poids du produit fini}}{\text{Poids des composants}}$$

Il permet d'évaluer l'efficacité de l'utilisation des matières. Le poids peut être remplacé par d'autres unités significatives.

1. Cf. Philippe Lorino, *Le contrôle de gestion stratégique. La gestion par les activités,* Dunod, 1991.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple

Gâche en mètres carrés dans l'imprimerie, taux de rebut matière dans la tôlerie.

De même, on calcule souvent :

$$\text{Respect méthodes} = \frac{\text{Consommation théorique}}{\text{Consommation réelle}}$$

Cet indicateur consiste à déterminer sur une période la quantité théorique consommée d'après les nomenclatures et à la comparer aux consommations réelles. Appliqué à un article, une famille d'article, ou à l'ensemble des articles, il mesure la fiabilité des nomenclatures, et associés à des fourchettes de tolérance permet de détecter les consommations non justifiées.

21.5.2 Indicateurs de cycle et de délais

Ils mesurent le cycle de production et son évolution.

On mesurera successivement :

– le cycle moyen prévisionnel c'est-à-dire le cycle prévisionnel rapporté au nombre d'OF;

– le cycle moyen réel rapporté de la même manière au nombre d'OF.

On définit une tolérance acceptable de livraison et on en déduira un indicateur de respect des délais (par rapport aux mêmes OF) :

$$\text{Respect des délais} = \frac{\text{Cycle moyen prévisionnel}}{\text{Cycle moyen réel}}$$

On utilise aussi les ratios de tension de flux décrits au 4.3.3.

21.5.3 Indicateurs de stocks

Les taux de rotation et de couverture sont décrits au 8.4.4.

21.5.4 Indicateurs de coûts

Ils sont décrits au 23.4.

22 • MISE EN ŒUVRE PRATIQUE DE L'ASSURANCE QUALITÉ

22.1 Contrôle qualité

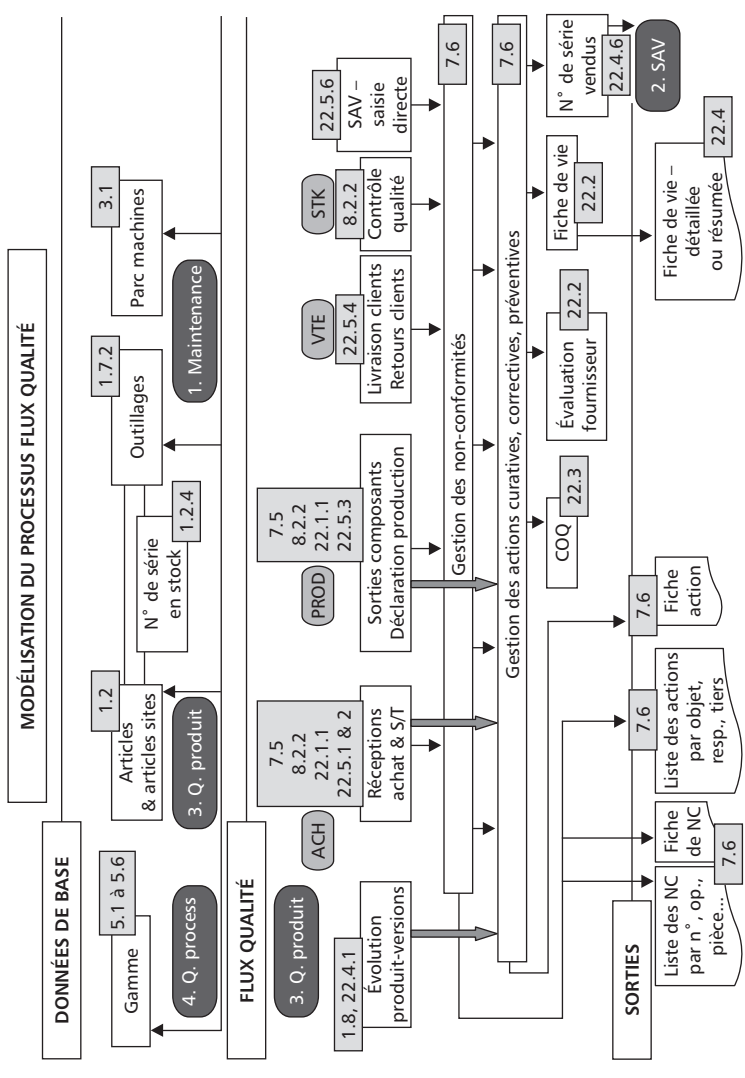
Au sein d'un système de production, les contrôles qualité vont s'exercer principalement en quatre endroits :

– à la réception, c'est-à-dire à l'entrée en stock en provenance d'un fournisseur ;
– à la déclaration des temps passés et pièces produites par l'opération (qui à ce stade ne rentrent pas en stock et restent en en-cours) ;
– à la réception des prestations de sous-traitance lorsque la prestation n'est pas la dernière opération de la gamme et ne donne pas lieu à une entrée en stock ;
– à la déclaration de production, donc à l'entrée en stock des pièces fabriquées dans l'entreprise.

Pour effectuer ces contrôles, on utilisera différentes données et techniques :

– la notion de caractéristiques de contrôles avec les valeurs associées (voir section 1.9) ;
– les notions de fiche de contrôle qualité liée à l'article (pour les contrôles relatifs à une entrée en stock) ou à une opération de gamme (pour une déclaration de temps passé et pièces produites) ou à une prestation de sous-traitance.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.


MODÉLISATION DU PROCESSUS FLUX QUALITÉ
DONNÉES DE BASE
Gamme
5.1 à 5.6
4. Q. process
1.2
Articles & articles sites
3. Q. produit
1.7.2
Outillages
N° de série en stock
1.2.4
3.1
Parc machines
1. Maintenance
FLUX QUALITÉ
3. Q. produit
1.8, 22.4.1
Évolution produit-versions
ACH
7.5 8.2.2 22.1.1 22.5.1 & 2
Réceptions achat & S/T
PROD
7.5 8.2.2 22.1.1 22.5.3
Sorties composants Déclaration production
VTE
22.5.4
Livraison clients Retours clients
STK
8.2.2
Contrôle qualité
22.5.6
SAV – saisie directe
7.6
Gestion des non-conformités
7.6
Gestion des actions curatives, correctives, préventives
COQ
22.3
Évaluation fournisseur
22.2
Fiche de vie
22.2
N° de série vendus
22.4.6
2. SAV
SORTIES
Liste des NC par n°, op., pièce...
Fiche de NC
7.6
Liste des actions par objet, resp., tiers
7.6
7.6
Fiche action
Fiche de vie – détaillée ou résumée
22.4

22.1.1 Contrôles sur entrées en stock

Lors de l'entrée en stock, le produit est de manière générale contrôlé avant d'être accepté. Pour chaque article, on élabore une fiche de contrôle qualité. Cette fiche est une liste de questions, relatives à un certain nombre de caractéristiques liées aux documents administratifs (BL conforme à la commande…), au conditionnement (emballage, conformité de l'étiquetage) et aux caractéristiques physico-chimiques des articles, celles-ci dépendant bien évidemment de chaque métier (densité, viscosité, dureté, aspect, etc.)[1].

Les réponses données sont enregistrées ensuite comme conformes ou non selon le modèle préétabli pour cette fiche de contrôle. Un article n'a qu'une seule fiche de contrôle qualité. Plusieurs articles peuvent partager une même fiche de contrôle.

La validation du contrôle permet à la fois de passer le lot entré en statut A (accepté – dans certains métiers comme la pharmacie, on parle de « libération » du lot) et d'émettre un certificat de conformité ou d'analyse qui indique les contrôles faits et les valeurs enregistrées.

Lors de la réception des approvisionnements, tous les lots ne sont pas concernés, soit parce que le processus ne l'exige pas (il est rare qu'on effectue des contrôles sur les fournitures de bureau achetées), soit parce que le fournisseur assure que les caractéristiques exigées sont satisfaites. On parle dans ce dernier cas d'AQP ou assurance qualité produit. Un lot en AQP rentre donc directement en statut A.

Les méthodes de MSP (ou SPC – voir section 7.4) permettent d'appréhender le problème de façon plus fine. En effet, pour chaque article et pour chaque fournisseur, on peut mettre en place un contrôle qualité dit « fréquentiel ». Le principe consiste à admettre que la probabilité de défaut est d'autant plus faible qu'un grand nombre de contrôles sans défauts ont été effectués pour cet article et ce fournisseur.

Pour chaque article réceptionné pour un fournisseur et un site de réception, on mesure la capabilité *Cp* du procédé et l'indicateur de déréglage *Cpk* (voir section 7.4.2).

1. Voir sections 1.9.1 et 8.2.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On définit donc une échelle de contrôles allant du contrôle unitaire (100 % des lots sont testés, et à l'intérieur 100 % des unités) jusqu'à éventuellement l'AQP (plus de contrôle), en dressant un tableau du type ci-après (tableau 22.1).

Tableau 22.1

Indices	**Capabilité du processus inconnue**	***Cp* < 1,0 Mauvais**	***Cp* ≥ 1,0 & ≤ 1,33 À améliorer**	***Cp* ≥ 1,33 OK**
PPM > 2 700 *Cpk* < 1,0	Collecte de données requise (voir note 1)	Inspection 100 % + améliorer le processus via un plan d'action corrective	Inspection 100 % + améliorer le processus via un plan d'action corrective	Inspection 100 % + améliorer le processus via un plan d'action corrective
PPM de 63 à 2 700 *Cpk* de 1,0 à 1,33	Collecte de données requise (voir note 1)	Non significatif, la dispersion étant trop grande : commencer par l'amélioration de *Cp*	Relevé de diagramme & échantillonnage (voir note 2)	Relevé de diagramme (voir note 2)
PPM de 0 à 63 *Cpk* > 1,33	Collecte de données requise (voir note 1)	Non significatif, la dispersion étant trop grande : commencer par l'amélioration de *Cp*	Non significatif, la dispersion étant trop grande : commencer par l'amélioration de *Cp*	Méthode sans relevé, risque de NC faible (voir note 3)

1. Nouveau processus ou processus qui a été modifié et a besoin d'être vérifié. Une collecte des données est nécessaire pour déterminer la capabilité du processus. Tant que la capabilité du processus n'est pas connue, un contrôle à 100 % doit être réalisé.
2. Le *Cpk* n'est pas correct. On doit alors déterminer les causes empêchant le processus d'être centré ou produisant des écarts excessifs. Un relevé de diagramme (MSP, précontrôle,

diagramme fréquence-temps) est utilisé pour vérifier que les pièces produites sont conformes aux spécifications de conception. La fréquence des intervalles de contrôle des pièces dépend de la valeur de *Cp*. Plus la valeur de *Cp* est grande, moins les pièces ont besoin d'être contrôlées fréquemment.
3. On peut en général se contenter d'un contrôle par échantillonnage (par exemple, première pièce 25 %, 50 %, 75 %, dernière pièce).

Au niveau du système d'information, on aura par exemple les étapes contrôle renforcé, contrôle normal, contrôle allégé, etc., et en fonction des articles on définit une politique de contrôle qui comprend au moins les paramètres suivants :

– fréquence de contrôle : 1 contrôle tous les *n* lots ou les *n* entrées en stock;
– périodicité de contrôle : 1 contrôle *a minima* tous les *x* jours;
– taille de l'échantillon : selon un abaque en fonction de la quantité entrée et du type d'article (la politique est différente pour des sacs de farine, des tuyaux pour l'industrie nucléaire, des cartes électroniques, des fruits et légumes, des herbicides, de l'huile moteur, etc.);
– nombre de lots sans conformité pour la politique définie = NBL.

Chaque lot faisant l'objet d'un contrôle conforme incrémente un compteur et lorsque NBL est atteint on passe à l'étape suivante dans l'échelle menant à l'AQP. À l'inverse, un contrôle non conforme fait l'objet d'une création de non-conformité et on redescend dans l'échelle des contrôles en renforçant la politique correspondante.

Cette méthode est bien entendu applicable également aux articles fabriqués lors de la déclaration de production.

22.1.2 Contrôles opératoires

Le principe est identique avec ce qui a été défini au paragraphe précédent. La différence porte sur le fait que le contrôle est attaché à une opération et non à un changement de statut de stock.

Un contrôle non conforme fait également l'objet d'une non-conformité, et impacte l'échelle de contrôle fréquentiel. Ces contrôles font évidemment partie de la phase de mesure dans la méthode six-sigma. Ils ont lieu à la fois sur des opérations d'atelier et lors des réceptions de presta-

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

tion de sous-traitance. Ils peuvent dans les cas graves bloquer la suite de la fabrication et l'OF correspondant.
Un contrôle conforme donne lieu à l'établissement d'un certificat (de conformité ou d'analyse selon les métiers), gardé dans le dossier de traçabilité du lot matière ou du lot de production correspondant.

22.1.3 Certificats d'analyse et de conformité

■ Réception

La norme ISO 9001 présentée au chapitre 7 (en 7.4) impose dans un premier temps d'exprimer clairement les besoins aux fournisseurs (définition du produit, exigences particulières, conditions d'acceptation) puis dans un deuxième temps une « vérification du produit acheté » (voir section 7.4.3).
Le contrôle à réception est donc à la fois quantitatif et qualitatif et doit permettre de vérifier la conformité des produits aux exigences spécifiées. Ce contrôle est facilité par la délivrance par le fournisseur d'un certificat indiquant les caractéristiques physico-chimiques du lot et est donc exigé le plus souvent. On parle alors de certificat matière ou de certificat d'analyse (pour un achat mais aussi pour une prestation de sous-traitance par exemple). Les contrôles effectués sont enregistrés et traçables.
En cas de réception non conforme, le produit doit être identifié (étiquetage, pastille de couleur) et isolé (statut de stock et emplacement particuliers).

■ Livraison

De manière symétrique, le produit expédié est souvent accompagné d'un certificat de conformité.
Ce peut être un certificat CE (Communauté européenne), qui est dans ce cas établi selon les directives « nouvelle approche » (www.newapproach.org) et certifie que les produits répondent aux exigences de santé et de sécurité. La forme de la déclaration CE de conformité dépend du type de produit et est définie pour tous les produits requérant un marquage. En général, elle contient le nom et l'adresse du fabricant, des informations sur le produit (dont des informations relatives aux caractéristiques techniques) et sur les directives en vertu desquelles elle est établie,

la référence aux normes d'application et à l'organisme de certification. Pour certaines catégories, les directives européennes exigent que la livraison du produit soit accompagnée de la déclaration CE de conformité.

Il y a autant de normes que de catégories « métier ».

Exemples

Jouets, électricité basse tension, compatibilité électromagnétique, sécurité machines, emballage, etc.

22.2 Qualité et démérites – Évaluation tiers

L'établissement d'une non-conformité pour une réception donne lieu pour l'article à une éventuelle modification de la politique de contrôle adoptée (voir plus haut en 22.1.1 le contrôle fréquentiel) et pour un fournisseur à un démérite. Ce démérite est d'abord un démérite brut qui prend en compte le type de défaut et de non-conformité, *via* un indice de gravité (voir AMDEC).

Exemple

Une erreur dans le positionnement de l'étiquette obligeant à manipuler le colis pour lire le code-barres est moins grave qu'une matière non conforme aux spécifications demandées…

Le démérite brut est corrigé selon les principes de l'AMDEC (voir section 7.3) et prend en compte un coefficient pour répétitivité (fréquence) et un coefficient de réactivité (pour l'action curative et l'action corrective entreprises par le fournisseur; si le fournisseur réagit très rapidement et efficacement, on peut être amené à diminuer le démérite). Il en ressort alors un démérite net.

Le principe général consiste alors d'abord à donner une note à l'organisation du fournisseur (carte de score, sur 100 par exemple) lors des audits effectués en pondérant certains critères pour certains domaines (par exemple normes obtenues, politique de qualité, respect du délai, politique logistique, etc.). Le résultat est la note de base du fournisseur.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple

Note ≤ 32	Phase I : Système qualité mis en route
Note de 33 à 64	Phase II : Système qualité à valeur ajoutée
Note de 65 à 96	Phase III : Système qualité adapté à la fabrication
Note > 96	Phase IV : Système qualité de classe internationale

Puis à diminuer la note obtenue si des démérites sont constatés dans la période. Le principe est alors le même que pour le permis de conduire « à points ».

Le système décrit ici a l'avantage d'objectiver et quantifier la relation qualité avec le fournisseur. Il impose de rendre plus complet et plus précis le système de gestion de l'entreprise.

22.3 Coûts de non-qualité

Dans la perspective de gérer l'ensemble des éléments impactant la performance de l'entreprise industrielle, les coûts de non-qualité[1] seront mesurés.

Ils comprennent généralement :

– les coûts de non-qualité internes : somme des coûts de correction mesurés avant que le produit ait quitté l'organisme fabricant (par exemple, pannes machines, rebuts, reconditionnements, reprises, accidents du travail, pollutions) ;
– les coûts de non-qualité externes : somme des coûts de correction mesurés après que le produit a quitté l'entreprise ;
– les coûts de détection, de contrôle et d'évaluation : coûts affectés à la vérification de la conformité du produit ;
– les coûts de prévention : investissements matériels et humains engagés pour réduire les risques de non-qualité et les coûts qui en découlent.

La norme NF EN ISO 8402 précise bien de plus que « les coûts relatifs à la qualité sont définis par l'organisme selon des critères qui lui sont propres ».

1. Cette définition est reprise et adaptée du *Dictionnaire de la qualité*, AFNOR, 2003.

D'un point de vue pratique, les coûts de non-qualité mesurés par le système de gestion incluent :
– les coûts directs des actions curatives, correctives, relatives à des non-conformités ;
– les coûts directs des actions préventives ;
– les coûts des rebuts matières ou produits fabriqués, au stade de la fabrication auquel le rebut est constaté, et des retouches.

Le coût d'obtention de la qualité (COQ), « ensemble des coûts engagés par l'entreprise pour atteindre et assurer les niveaux de qualité requis » (norme NF EN 29004), inclut de plus les coûts des contrôles en réception ou fabrication.
La diminution du COQ résultant des actions qualité entreprises, a pour conséquence une augmentation de la valeur ajoutée utile.

22.4 Fiches de vie

La fiche de vie d'un objet de gestion industrielle permet d'enregistrer, de visualiser, l'ensemble des événements ayant une incidence sur cet objet, et de quantifier, de mesurer, l'impact de ces événements.
On retrouve la fiche de vie pour de nombreux éléments du système de gestion industrielle.

22.4.1 Sur articles

La fiche de vie d'un article reprend l'historique du cycle de vie de l'article. On y trouve donc :
– l'ensemble des versions ou indices de l'article,
– l'ensemble des non-conformités constatées, avec leur type, leur historique,
– l'ensemble des actions liées à ces non-conformités, avec les liens relatifs aux versions correspondantes.

22.4.2 Sur outillages

La fiche de vie d'un outillage est à la fois celle de l'article correspondant à cet outillage et de l'outillage (sérialisé) observé en tant qu'objet unique (on parle en conception objet d'instance de classe).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Elle comprend alors :

– l'ensemble des modifications (identiques dans leur finalité à celles vues ci-dessus sur la fiche de vie article) ;
– l'ensemble des interventions de maintenance (par exemple, relavages, dressage plan de joint, etc.) ;
– les statistiques relatives aux fabrications effectuées (taux d'usure, nombre de pièces fabriquées, durée de vie pour un moule, etc.).

22.4.3 Sur ressources de production

La fiche de vie d'une machine de production est très analogue à celle d'un outillage. On y trouve toujours l'ensemble des modifications, des interventions de maintenance, les statistiques d'historique de fabrication (telle machine a fabriqué tel article dans la période du…) mais aussi la nomenclature (avec la sérialisation des composants) à date. Le but comme pour les autres fiches de vie est de disposer du détail de tous les éléments pouvant impacter la qualité des produits fabriqués.

Exemple

Un défaut de cémentation lors de la fabrication de prothèses de hanche a pour conséquence de devoir réopérer un certain nombre de patients. Quels patients opérer ou non ? L'analyse a mis en évidence un défaut sur une machine. Quels sont les lots concernés ? De quelle date à quelle date ? Quel est le fait générateur de l'erreur ? La compréhension du processus va permettre de limiter au strict minimum nécessaire le nombre de patients à opérer, ce dont tout un chacun comprend immédiatement l'importance.

Pour finir, il serait logique de parler aussi de fiche de vie pour les ressources de main-d'œuvre. Or le problème est plus complexe puisqu'il s'agit de personnes, et le lien entre la GPAO et la GRH n'est pas à ce jour très fréquent. On commence dans l'ordonnancement ou la maintenance à prendre en compte les habilitations et/ou les formations des personnes en vue de la réalisation des processus mais ceci est encore embryonnaire et mérite des précautions particulières.

22.4.4 Sur moyens de mesure

Les moyens de mesure n'étaient pas traditionnellement des éléments présents et actifs du système de gestion industrielle. La situation a évolué en particulier avec l'introduction de la méthode six-sigma, et la notion de dispersion des résultats pour un processus.

Le moyen de mesure n'intervient pas dans la nomenclature, généralement pas dans la gamme mais plutôt au niveau de la fiche de contrôle qualité.

Par contre la fiche de vie de ces moyens de mesure est essentielle. On y trouve les mêmes informations que pour une ressource machine, en particulier des statistiques sur les dates d'étalonnage de ces moyens de mesure. En effet, lors d'un contrôle indiquant que le process est non conforme, et avant d'initier une fiche de non-conformité, on doit commencer par se poser la question de la fiabilité de la mesure et donc de celle du moyen de mesure associé.

22.4.5 Sur gammes de production

Traditionnellement, dans le vocabulaire de la qualité, on parle d'audit qualité produit ou process. Les conséquences n'en ont pas toujours été tirées vis-à-vis du système de gestion industrielle. En effet la fiche de vie relative à un process en général et donc à une gamme en particulier, permet de bien comprendre l'arbre des causes et des effets (au sens d'Ishikawa, voir section 7.2.4) tant en termes de qualité qu'en termes de productivité.

La fiche de vie d'une gamme est liée aux gammes « à date ». Elle reprend donc l'historique du cycle de vie de cette gamme depuis sa création par les méthodes jusqu'au jour présent. On y trouve donc :

– l'ensemble des versions ou indices de la gamme et le lien avec l'indice article correspondant,
– l'ensemble des non-conformités constatées, avec leur type, leur historique,
– l'ensemble des actions liées à ces non-conformités, avec les liens relatifs aux versions correspondantes.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

22.4.6 Sur articles sérialisés

La fiche de vie sur un article sérialisé est surtout relative au processus de service après-vente, mais celui-ci tend à être intégré de plus en plus dans le processus global de production.

Exemple

Produits bruns ou blancs d'électroménager, automobiles dont la garantie par le constructeur peut être étendue à 5 ans, les deux premiers étant inclus dans le prix de vente et les suivants donnant lieu à un contrat spécifique.

Le principe est analogue à ceux des paragraphes ci-dessus mais on doit gérer en sus :

– les modifications des contrats de maintenance ou d'entretien ;
– une « fiche de composition » de tous les articles sérialisés, c'est-à-dire la nomenclature particulière de ce numéro de série avec la nature et l'identification des composants échangés. La fiche de vie reprend la liste des actions correspondantes en la rattachant à chaque sous-ensemble ou composant avec les dates.

Exemple

Interventions de SAV sous garantie

Ordinateur	S/N XXXXX composé de
carte mère	S/N YYYYY
	JJ/MM/AA mise à jour firmware en rev 12
alimentation	S/N ZZZZZ
disque dur	S/N TTTTT du JJ/MM/AA au JJ/MM/AA
	JJ/MM/AA : CRC erreur chgt disque en atelier…
disque dur	S/N UUUU depuis le JJ/MM/AA
etc.	

La prise en compte des activités d'après-vente et donc des tâches qui l'accompagnent est l'un des changements majeurs des processus de gestion industrielle.

22.5 Liens entre les flux de réalisation et l'assurance qualité

Dans l'entreprise de production, les non-conformités sont le plus souvent enregistrées à l'occasion d'un flux de réalisation du produit. Il est donc important d'intégrer la gestion des non-conformités à l'ensemble des autres flux de l'entreprise afin de ne pas avoir à effectuer de double saisie.

22.5.1 Approvisionnements et achats

On a vu plus haut en 22.1.1 l'incidence des politiques de contrôle sur le processus de réception des approvisionnements. Les procédures de gestion des stocks, de gestion de production et qualité sont maintenant complètement fusionnées dans la procédure de réception.

Du point de vue stock, la réception permet d'identifier le composant (étiquetage), entre en stock et modifie le stock en quantité et en valeur.

Du point de vue production, la réception diminue les ressources prévisionnelles, rend disponible le composant pour les OF.

Du point de vue qualité, la réception permet d'effectuer ou non un contrôle selon la politique prévue et l'historique préalablement enregistré, de stocker les résultats de ce contrôle (historique des mesures et détermination des ppm), d'isoler ou non le lot réceptionné avec un statut A, Q ou R, éventuellement de saisir une non-conformité, calcule alors le démérite éventuel du fournisseur, intervient ensuite dans le calcul des coûts d'obtention de la qualité (COQ).

À ce stade on doit noter cependant que le calcul des ppm n'est pas automatique mais le résultat d'un accord avec le fournisseur.

Exemple : réception d'une pièce peinte

Des défauts d'aspects sont notés sur les pièces. Le lot de 1 000 pièces est entièrement refusé et retourné chez le fournisseur. Ce n'est pas le mouvement de stock qui permet de déterminer les ppm (sinon on a alors dans ce cas 1 000 pièces refusées). En effet, le lot retourné est traité par le fournisseur par une procédure de tri et, une fois le tri effectué, 983 unités sont réexpédiées et

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

acceptées. La valeur à prendre en compte pour les ppm est alors 17. Le démérite porte sur la qualité mais aussi éventuellement sur le délai (si la deuxième réception arrive en retard par rapport au délai prévu initialement).

Notons enfin qu'une non-conformité peut intervenir au moment de la réception des marchandises mais aussi au moment de l'enregistrement de la facture.

22.5.2 Sous-traitance

On a vu au chapitre 14 que la sous-traitance est un cas particulier et souvent plus complexe de la réception approvisionnements. La réception de pièces traitées à façon et entrant en stock (dernière opération d'un OF) est alors très analogue à la réception vue ci-dessus.

La politique de contrôle qualité s'applique et permet de décider d'appliquer ou non un contrôle, on génère, si besoin est, une non-conformité, etc.

Mais lorsque la sous-traitance est relative à une opération de prestation interne au processus, il n'y a pas d'entrée en stock en réception sous-traitance. Le contrôle qualité est alors déterminant pour savoir si on peut procéder ou non à l'opération qui suit. La non-conformité éventuelle peut alors bloquer le processus de production. C'est la clôture de la non-conformité (*via* une action curative) qui permettra de libérer la réalisation de l'opération suivante.

22.5.3 Production

L'incidence de la qualité sur la production s'exerce aussi bien sur les entrées en stock (déclarations de production) que sur les contrôles inter-opérations. Les contrôles sur les entrées en stocks sont identiques dans leur déroulement à ce qui a été vu ci-dessus pour les réceptions approvisionnements.

L'incidence de la qualité sur les opérations de production est double.

Elle s'exerce dans un premier temps au travers des contrôles process effectués lors des suivis de production. Si ces contrôles s'avèrent non conformes, ils peuvent donner lieu à des opérations de retouche ou rattrapage avant que le processus puisse continuer :

Exemples

Tolérance dimensionnelle incorrecte en mécanique et retouche (ébavurage, ajustage, rectification…).

Analyse chimique non conforme à la formule et rattrapage.

Mais elle s'exerce dans un deuxième temps *via* les contrôles effectués sur les moyens de production (machines) et/ou les outillages.

Si une demande de modification (externe, c'est-à-dire client) ou interne intervient sur un outillage ou une machine, et si cette demande nécessite une action corrective, alors l'outillage est déclaré non disponible et l'opération de production qui utilise cet outillage est bloquée jusqu'à réalisation de l'action corrective.

22.5.4 Livraisons client et retours

Il n'y a pas de contrôles qualité avant livraison clients, puisque les exigences de qualité doivent avoir été vérifiées en amont, mais malheureusement il peut arriver qu'une non-conformité soit détectée accidentellement au moment de la livraison client, ou un retour client peut être causé par une non-conformité. Dans ce cas, la non-conformité précise la quantité en litige et peut donner lieu à une demande d'enlèvement chez le client (retour physique des marchandises à la charge du fournisseur). Le retour client comme dans le cas des réceptions donne lieu à une validation manuelle d'une quantité non conforme (ppm). Il importe de tracer dans le système d'information de l'entreprise les ppm par triplet (article, client, retour) afin de pouvoir débattre avec le client du taux de ppm et des éventuelles actions demandées par lui.

22.5.5 Autres mouvements de stocks

Les changements d'emplacement, transferts intersites, mise à disposition de composants chez les sous-traitants ou de produits en consignation chez un client peuvent mettre également en lumière des non-conformités dans les processus. Il importe de pouvoir alors générer facilement la non-conformité depuis la fonction relative au flux de réalisation.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

22.5.6 Problèmes SAV

Les retours client dans la période de garantie ne sont plus attachés à la livraison mais donnent lieu à un enregistrement séparé. L'étude des causes de retours doit permettre d'améliorer le processus de production.

23 • COÛTS DES FABRICATIONS

23.1 Structure du coût d'un produit

23.1.1 Schéma général

L'élaboration du produit ajoute sur ce produit des coûts par une transformation depuis le prix d'achat des composants jusqu'au coût de revient du produit.

Les constituants du coût de revient sont :

- **le coût de première acquisition** avant la fabrication de la première unité.

Puis pour chaque unité produite, en suivant le process de fabrication :

- **les coûts d'achat des composants et les coûts des prestations relatives à la production du produit**. À ce stade, le coût obtenu est un coût de revient ou coût stockable (utilisé pour la valorisation des stocks).

  Ce coût comprend :

  – Coût d'achat :

  Matières premières et fournitures achetées.

  Consommables (fluides, énergie..).

  Consommables outils (outils coupants en mécanique par exemple).

  Outillages (moule en fonderie ou plasturgie par exemple).

  Transports approvisionnements.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– Coût de fabrication :
  Salaire de base.
  Heures supplémentaires.
  Primes diverses.
  Coûts indirects de main-d'œuvre (encadrement).
  Heures d'attente et d'arrêt.
  Charges sociales.
  Achat de prestation de sous-traitance.

– Autres coûts :
  Amortissement matériels (machines…).
  Maintenance.
  Assurances.
  Impôts (par exemple taxe professionnelle basée (à ce jour), entre autres, sur la valeur des immobilisations).
  Transports.
  Magasinage.
  Etc.

- **le coût de distribution** sur le site du client (expédition, commissions commerciaux…).
- **les frais généraux liés à l'existence de l'entreprise.**

23.1.2 Coûts variables et coûts fixes

On dit qu'un coût est fixe s'il ne dépend pas de la quantité approvisionnée ou fabriquée de cet article.
Un coût est variable s'il varie proportionnellement avec la quantité approvisionnée ou fabriquée de l'article.

Exemples

Le réglage machine est un coût fixe.
Le temps unitaire de fabrication est un coût variable.
La fourniture achetée et montée est habituellement un coût variable (sauf dans le cas d'éprouvettes d'essai par exemple).
L'énergie est un coût variable.
Le dossier administratif de lancement est un coût fixe.

En pratique, un coût est fixe s'il reste constant à l'intérieur de certaines limites (changement de 20 % du niveau d'activité par exemple).

23.1.3 Coûts directs et coûts indirects

On dit qu'un coût est direct vis-à-vis d'un article s'il est entièrement généré par la fabrication ou l'achat de l'article concerné.

Un coût est indirect si seulement une partie de ce coût est relative à l'article concerné. Pour affecter le coût sur le produit une clé de répartition est alors nécessaire.

Exemple

Le réglage machine ou le temps unitaire de fabrication sont des coûts directs.
Les achats de matières et fournitures sont des coûts directs.
La maintenance ou les assurances sont des coûts indirects.

Un coût peut être direct vis-à-vis de la fabrication en général tout en étant indirect vis-à-vis du produit (exemple de la maintenance, ci-dessus).

On constate enfin des coûts indirects liés à l'existence de l'entreprise (publicité, frais de représentation, …).

Le coût d'un produit peut ainsi être calculé suivant différentes méthodes, et pour chacune de ces méthodes selon différentes hypothèses.

23.1.4 Choix d'une structure de coût de revient et méthode associée

La logique économique et les règles fiscales impliquent la comptabilisation de coûts lorsqu'ils ont été constatés. Ainsi le coût de revient d'un article acheté peut-il être différent de son prix d'achat puisque des frais supplémentaires ont été engagés pour cet achat.

De la même manière, le coût de revient d'un produit fini stocké doit inclure les coûts relatifs à la fabrication et au stockage mais pas les coûts de distribution et commercialisation (qui ne sont pas encore réalisés).

Le principe général consiste à décomposer chaque article selon un ensemble de sections de coût et de connaître pour chaque section ainsi définie la consommation qui en est faite par l'article considéré.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

$$\text{Coût revient} = \text{Achats} + \text{Valeur ajoutée}$$

$$\text{Coût de revient} = \text{Achat} + \left(\sum_i q_i \times C_i\right)$$

avec q = quantité consommée par le process de production ;

C = coût d'une unité d'œuvre de la section de coût (i) considérée.

Toute la difficulté consiste alors :

– à définir les sections de coût ;

– à définir les coûts de la section ;

– à être capable de mesurer la quantité de facteurs consommés par le produit dans cette section.

Afin de simplifier le problème, il est d'usage d'utiliser la structure de définition du produit c'est-à-dire la nomenclature et la gamme, éventuellement en les enrichissant (cf. paragraphe 3 ci-après) pour exprimer les coûts de revient des articles.

Selon les progiciels de gestion utilisés les sections de charge et celles de coûts pourront ou non être confondues, mais leur définition et celle de leur recouvrement ou de leur intersection est de toute façon préalable au calcul de coût de revient.

Enfin il est d'usage de séparer coût fixe et coût variable dans chacune des sections de coûts afin de connaître l'incidence du lot de lancement sur le coût de revient du produit.

La structure de coût de revient des produits se présente alors de la façon suivante :

A. coûts des composants (nomenclature) avec coût fixe, coût variable, coût total.

Le mode de valorisation des composants n'est pas neutre sur la structure de coût de revient. Il sera cohérent avec la méthode adoptée pour la valorisation des stocks ;

B. coûts des opérations de production (gammes) avec coût fixe, coût variable ;

C. coûts des autres éléments affectés avec coût fixe et coût variable.

Pour chacun des éléments des groupes A, B ou C, application d'un coefficient éventuel reflétant l'imputation de coûts indirects.

23.2 Méthodes générales de calcul d'un coût de revient/article

Les différentes méthodes décrites ci-après correspondent à une vision à chaque fois particulière de l'entreprise. Chacune d'entre elles présente des avantages et des inconvénients qui ne sont pas repris dans cette courte présentation.

Quelle que soit la méthode choisie, la somme des coûts de revient des produits fabriqués dans la période sera égale à la somme des charges prises en compte pour le calcul dans la période. Le débat porte alors sur :

– quelle structure de décomposition des charges définir pour chacun des produits ?
– quelles charges prendre en compte dans la période ?
– comment décomposer les charges dans chacun des sous-ensembles relatifs à chaque produit ?

23.2.1 Coût complet (méthode des sections homogènes)

C'est une méthode de coût complet[1], c'est-à-dire dans laquelle toutes les dépenses de l'entreprise sont réparties par produit. Elle n'est pas limitée aux coûts de production.

Cette méthode cherche à répartir les frais indirects par type de produit à partir d'une structure de comptabilité analytique.

■ Section principale – section secondaire

Tous les centres de coûts sont définis en tant que « sections ». Celles-ci doivent être « homogènes », ce qui signifie que tout travail effectué dans la section peut se mesurer à l'aide de « l'unité d'œuvre » choisie pour la section.

1. Elle est née en 1927 des travaux de la Commission générale d'organisation scientifique du travail (Cegos).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

☐ Les sections principales

Ce sont les sections pour lesquelles il n'y a pas de difficulté d'imputation des coûts aux coûts de revient des produits (ou services) qui utilisent cette section. Leur unité d'œuvre est significative de la réalisation des produits.

On trouvera par exemple comme sections principales :

– les sections achats, approvisionnements, magasin, etc.;
– les sections de production;
– les sections de distribution (exemple : emballage, promotion des ventes…).

Le remplissage des sections principales est habituellement appelé l'**affectation des charges**.

☐ Les sections auxiliaires

Ce sont les sections dont les charges ne peuvent être imputées directement aux produits et donc seront réparties entre les sections principales, afin de pouvoir ensuite être imputées aux produits.

Exemples

Sections Entretien, Secrétariat…

Les sections administratives et financières (« Comptabilité », « Direction financière »…) seront selon les entreprises considérées comme des sections auxiliaires (le plus souvent) ou principales. On parle habituellement d'**imputation** des charges dans les sections auxiliaires.

■ Mise en œuvre de la méthode

Elle se déroule en quatre étapes.

☐ Étape 1

Affectation des coûts directs par produits, avec distinction entre coûts d'achat, coûts de production, coûts de distribution.

☐ Étape 2

Après choix de sections homogènes, on répartit les charges indirectes dans ces diverses sections. À ce stade, on doit quand cela est nécessaire, employer des « clés de répartition ».

Exemple

Le salaire du chef d'atelier sera réparti :
– entre les sections de tours, section de perceuses, section de fraiseuses, etc. ;
– au prorata du temps consacré à chacune.

L'affectation et l'imputation des charges indirectes se font dans un tableau avec en colonne, les sections, et en ligne, les natures de charge (comptes de la classe 6 en comptabilité). On commence par remplir les sections auxiliaires, puis les sections principales.

☐ Étape 3

On reverse les sections auxiliaires sur les sections principales en fonction de clés de répartition. Celles-ci donnent des pourcentages en fonction de relevés de consommation de ces charges.

☐ Étape 4

À ce stade, tous les coûts restant à affecter aux différents produits se trouvent dans les sections principales. On détermine alors pour chaque section le nombre d'unités d'œuvre produites sur la période correspondant aux charges considérées.

On divise l'ensemble des charges de la section par le nombre d'unités d'œuvre produites, pour obtenir le coût de l'unité d'œuvre :

$$\text{Coût de l'unité d'œuvre} = \frac{\text{Coûts de la section}}{\sum \text{Unités d'œuvre produits}}$$

On détermine pour chaque type de produit le nombre d'unités d'œuvre nécessaire à la constitution de ce produit. En multipliant ceux-ci par le coût unitaire de l'unité d'œuvre, on peut affecter pour chacune des sections, les frais indirects aux produits.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On obtient ainsi le coût complet du produit (figure 23.1).

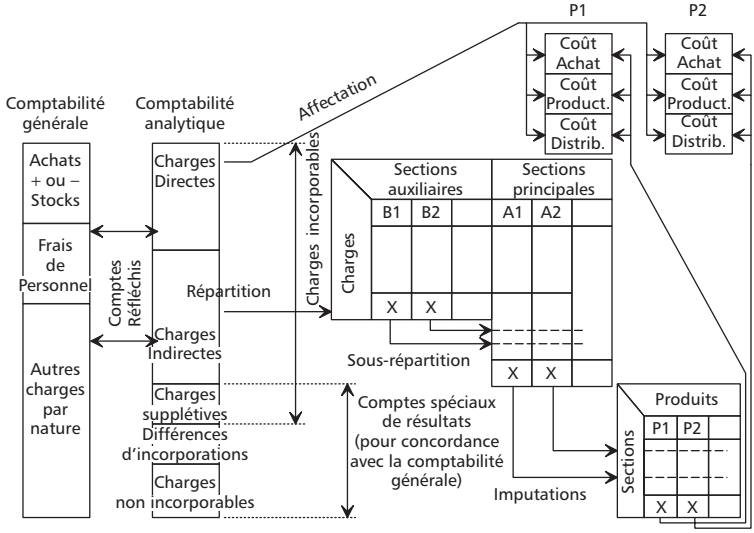


Figure 23.1 – Méthode de coût complet (sections homogènes).

Dans un tel schéma, on a en théorie concordance avec la comptabilité générale.

En effet :

Somme (prix vente – coût revient) × Qté (produit)
+ Somme comptes spéciaux de résultat
= Résultat (comptabilité générale)

■ Adaptation pratique au coût des produits

□ Composants achetés

Tous les coûts relatifs aux approvisionnements sont alors additionnés dans des sections particulières.

Une clé de répartition (soit en fonction de la valeur ou en fonction du volume par exemple) est définie.

A. Dans le cas le plus simple il s'agit d'un coefficient :

$$\text{Coefficient} = \frac{\text{Achats + Charges appros}}{\text{Achats}}$$

appliqué aux produits au prorata de leur valeur.

B. On peut aussi – par exemple – définir le coût au mètre cube (coût de l'unité d'œuvre) en définissant :

$$\text{Coût unit appro.} = \frac{\text{Charges appros}}{\text{Nb de m}^3 \text{ approvisionnés dans la période}}$$

puis en ajoutant au coût des composants un coût indirect d'approvisionnements en fonction du volume représenté par les composants dans l'ordre de fabrication.

On a alors :

$$\text{Coût indirect appro.} = \text{Volume} \times \text{Coût unit appro.}$$

Toutefois cette deuxième méthode suppose à la fois un progiciel la supportant, et une base de données comportant plus d'informations (chaque article est défini avec son volume). La question est alors : la clé de répartition par le volume est-elle plus significative que la clé de répartition à la valeur et la complexité générée est-elle compensée par une plus grande précision de gestion ?

☐ Processus et gamme opératoire

Les sections principales de coût sont alors pour l'essentiel les sections de production et les coûts indirects sont alors inclus dans le taux horaire (coût de l'unité d'œuvre).

Un des choix les plus importants consiste en la définition de la valorisation des temps machine, temps main-d'œuvre ou temps machine + main-d'œuvre.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple : positionnement d'une tôle sur une poinçonneuse (exemple déjà utilisé au chapitre 5)

La première phase consiste à positionner la tôle : trois opérateurs sont nécessaires. Puis le régleur prépare l'opération. Enfin celle-ci s'exécute automatiquement, un opérateur surveillant trois machines.

Cas A : taux machine = 50 €/heure, le coût de la main-d'œuvre est inclus dans l'heure machine.

Cas B : taux machine = 35 €/heure, taux main-d'œuvre réglage = 17 €/heure, taux OS = 14 €/heure.

La valorisation de la gamme est alors :

10 positionnement tôle	1 heure → cas A = 50 €.
Poste 1 : machine	cas B = 77 €.
Poste 2 : opérateurs OS	coefficient : 3,00.

(Trois opérateurs sont nécessaires pendant le temps de montage sur la machine.)

20 réglage poste	1 heure → cas A = 50 €.
Poste 1 : machine	cas B = 52 €.
Poste 2 : règleur P3	coefficient : 1,00.
30 usinage	20 heures → cas A = 1 000 €.
Poste 1 : machine	cas B = 770 €.
Poste 2 : opérateur OS	coefficient : 0,25.

Ce qui signifie qu'un opérateur à un instant *t* est responsable de la bonne marche de quatre postes de travail.

Total cas A : 1 100 €. Cas B : 899 €.

On constate sur une fabrication donnée des différences importantes en fonction de la méthode employée tout en sachant que le total des OF produits dans l'année aura normalement la même valeur par construction (le total des valeurs d'OF correspond au total des charges prises en compte pour ce calcul).

Lorsque des sections principales existent et ne sont pas décrites dans le process de fabrication,

– soit on les impute sur les sections principales de production via un coefficient de coût indirect comme dans le cas A des approvisionnements ;
– soit on ajoute à la gamme de fabrication des opérations consommatrices de facteurs autres que de production.

Exemple : section lancement

$$\text{Coût de un lancement} = \frac{\text{Charges de lancement}}{\text{Nombre de lancements de la période}}$$

On ajoute alors un coût de lancement au coût de revient de chaque OF (section lancement, quantité consommée par OF = 1).

Cette dernière solution est proche de ce qu'on fait dans la méthode ABC (cf. ci-dessous).

23.2.2 Coût variable (ou « direct costing »)

■ Mise en œuvre de la méthode

Le « direct costing » est une méthode de « coût variable », même si le terme anglais originel peut laisser penser qu'il s'agit d'une méthode de coût direct.

Dans cette méthode le coût unitaire d'un produit est uniquement constitué par les charges affectables directement à ce produit. Ce coût est considéré comme constant sauf dans le cas de changement important de méthode de fabrication ou de distribution. On définit la **marge unitaire** du produit par différence entre le prix de vente et le coût variable unitaire.

La **marge particulière** du produit est égale au produit de la marge unitaire par la quantité vendue du produit.

La totalisation pour tous les produits des marges particulières constitue la **marge globale de couverture** ou contribution, ou apport.

On peut comparer ensuite la marge globale de couverture et les charges de période. La différence représente le **résultat**.

Dans la pratique, les coûts variables sont constitués par :

– les matières premières ;

– les coûts variables de production (temps de fabrication[1]) ;

– les coûts variables de distribution (transport, commissions représentant, …).

1. Cf. section 4.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Les charges « de période » correspondent aux autres charges (administratives, frais divers de fabrication, frais divers commerciaux…).
Le coût de revient des produits est analysé en dressant le tableau 23.1 (par exemple).

Tableau 23.1 – Calcul général en coûts variables.

	Produit 1	Produit 2	Produit 3
(1) Prix vente (HT) (2) Coût variable unitaire (3) Contribution unitaire (1) – (2) (4) Ratio de contribution (3)/(1) (5) Quantités vendues (6) Marges particulières	*a*	*b*	*c*
(7) Marge globale	= *a* + *b* + *c*		
(8) Charges de période	=		
(9) Résultat net	= (7) – (8)		

■ Adaptation pratique au coût des produits

Par rapport à la méthode précédente, on simplifie les calculs puisqu'aucun coût fixe n'est incorporé dans le calcul de coût des composants ou de ceux des opérations.
Attention : en direct costing, le temps de préparation machine est alors considéré comme un coût externe à l'OF et non productif. C'est au demeurant l'attitude sous-jacente dans le calcul du TRS[1].

1. Cf. chapitre 21.

23.2.3 Coûts directs (ou « direct costing évolué »)

■ Mise en œuvre de la méthode

Il a été vu en 23.1 que coûts directs et coûts variables ne recouvraient pas la même signification, que certains coûts variables étaient indirects, et que certaines charges de période étaient directes.

On distingue aussi charges maîtrisées et charges non maîtrisées. Une charge est maîtrisée lorsque le responsable du segment d'activité sur lequel elle s'applique peut agir sur le montant de cette charge, donc sur l'un de ses éléments, coût unitaire ou quantité utilisée.

Dans le cas contraire, cette charge est « non maîtrisée ». Ainsi si un chef d'atelier décide l'informatisation par exemple des dossiers de fabrication, cette charge est maîtrisée.

Tableau 23.2 – Calcul général en coûts directs.

	Produit 1	Produit 2	Produit 3
(1) Prix vente (HT) (2) Coût variable unitaire (3) Contribution unitaire (1) – (2) (4) Ratio de contribution (3)/(1) (5) Quantités vendues (6) Marges particulières	*a*	*b*	*c*
(7) Marge globale = contribution 1 = $a + b + c$			
(8) Charges de période maîtrisées (donc directes)			
(9) = (7) – (8) = contribution 2			
(10) Charges de période non maîtrisées directes			
(11) = (9) – (10) = contribution 3			

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

À l'inverse, si la direction décide un projet d'informatisation global, cette charge est « non maîtrisée ». Les dépenses maîtrisées sont toujours des charges directes.

Les dépenses non maîtrisées peuvent être des charges directes ou indirectes. En général, les dépenses non maîtrisées sont des charges fixes ou de période.

En adaptant alors le tableau de la méthode de coût variable, on obtient le tableau 23.2.

La méthode de coût variable ainsi transformée fait apparaître aussi l'ajout des charges fixes directes aux charges retenues dans les méthodes de coût variable. En coûts directs, on peut donc admettre de répartir des charges de structure indirectes sur des segments quand la répartition se substitue à des compteurs absents. Ceci permettra en particulier d'affecter l'électricité, le chauffage, le téléphone, le loyer. Mais il n'est pas question, contrairement aux méthodes de coût complet, d'imputer sur des sections de production les coûts de direction générale, administratifs, financiers.

■ Adaptation pratique au coût des produits

En coûts directs les temps de préparation machine ou les coûts fixes liés aux composants (matière consommée par la mise en route machine par exemple) sont pris en compte.

La différence avec la méthode des coûts complets porte essentiellement sur l'étendue des charges prises en compte pour le calcul. Le taux de section comprend l'ensemble des coûts imputés mais les coûts imputés ne comprennent pas tous les coûts issus de la comptabilité.

La notion de coût direct permet d'introduire les notions de Main-d'œuvre directe (ou MOD) et de Main-d'œuvre indirecte (ou MOI).

23.2.4 La méthode Activity Based Costing (ABC)

La méthode Activity Based Costing ou ABC est une extension plus élaborée de la méthode des coûts directs exposée ci-dessus. Elle a été conçue dans les années 1980 en prenant en compte deux faits majeurs :

– les coûts indirects ont un poids toujours plus important dans le total des charges de l'entreprise ;

– le coût de première acquisition (avant la fabrication ou l'achat de la première pièce) augmente avec la taille du projet industriel.

Elle prend en compte cette fois le produit non seulement dans la phase de fabrication, comme les méthodes précédentes, mais lors de la totalité du cycle de vie des commandes clients.

Elle traque alors les coûts partant de la conception études méthodes, des achats, de la prise de commandes, du marketing produits, de la planifica-

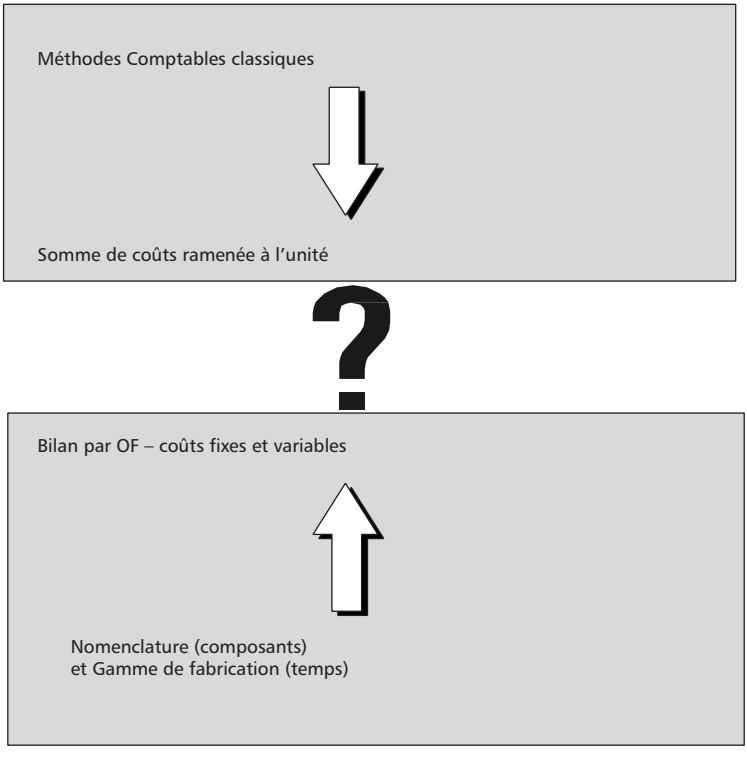


Figure 23.2 – Rapprochement entre la comptabilité analytique et la gestion de production.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

tion, de la fabrication, du stockage – expédition – distribution, jusqu'aux coûts commerciaux et administratifs (facturation…), suivi et maintenance (SAV). Cette méthode est en phase avec la notion de « Design to Cost » ou « Design to Life Cycle Cost » bien connue dans les prolongements de l'analyse de la valeur (figure 23.2).

Elle tente alors d'effectuer une symbiose entre l'approche classique des contrôleurs de gestion et la valorisation de fabrication effectuée par les gestionnaires de production.

Le principe, énoncé dans le titre, en est de déterminer les coûts à partir des activités des différents intervenants dans la chaîne de réalisation du produit (notion de « coûts basés sur les activités »).

Le gestionnaire a pour charge de comprendre le fonctionnement de l'ensemble des activités et leur répercussion sur la structure des coûts. Puisque les activités consomment des coûts, on étudie comment mesurer ces consommations.

Tous les coûts associés à un produit depuis sa conception doivent être identifiés comme coût du produit. Une plus grande attention est ainsi

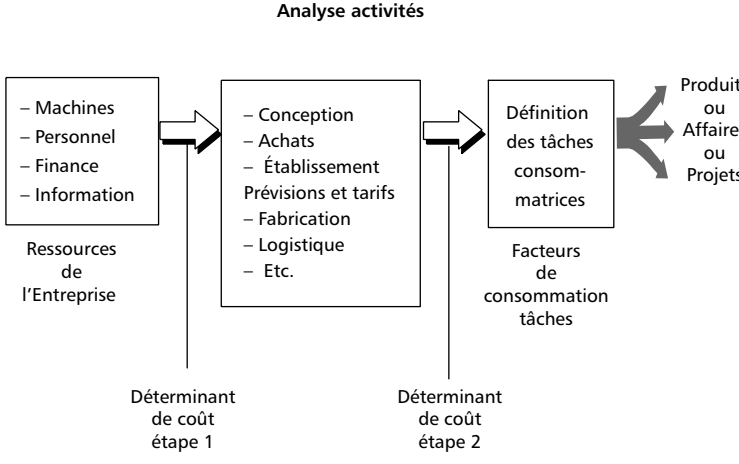


Figure 23.3 – Analyse des coûts basés sur les activités.

portée aux coûts indirects, car leur incidence sur le coût du produit est plus grande que par le passé. Le principe en est le même que dans la méthode précédente, en remplaçant par une répartition les compteurs absents, mais en précisant ces compteurs par des enquêtes auprès des différents intervenants dans le process. L'analyse des coûts basés sur les activités commence donc toujours par une analyse complète du process (figure 23.3).

Celle-ci précise la définition des centres de coûts. On choisit les centres ou rubriques de coût et pour chacun on définit une unité de mesure (inducteur ou déterminant de coût, qui correspond en fait à l'unité d'œuvre de la méthode des sections homogènes) et un compteur. Après avoir défini des objectifs, le contrôleur de gestion mesure un en-cours prévu, un en-cours réel et éventuellement définit les centres secondaires et principaux, qui permettent de préciser la notion de collecteur de coûts (par produit, ou ligne production…) (figure 23.4).

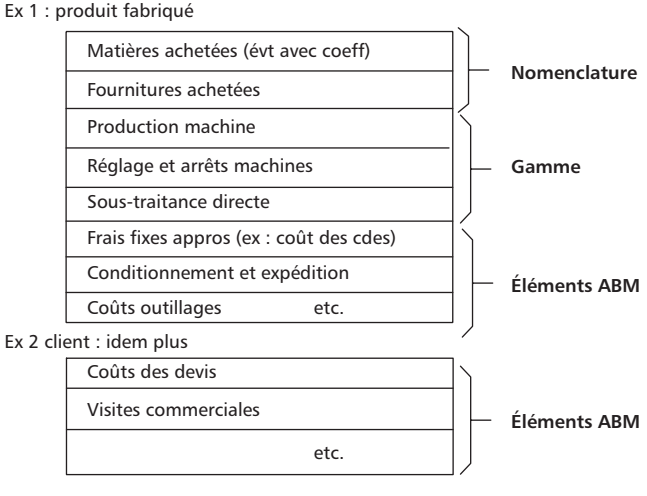


Figure 23.4 – Évolution de la gamme de coûts selon l'axe d'analyse pour l'étude des coûts de revient.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Un fois défini chacun des coûts au niveau élémentaire (produit, client, date de fabrication), le gestionnaire s'attachera à définir une structure de coûts qui permette une exploitation selon différents points de vue. L'outil ABC devient un outil d'état d'aide à la décision, ce qui explique l'extension à la notion de méthode ABM ou Management basé sur les activités (Activity Based Management).
La méthode est à la fois plus précise et plus complexe à mettre en place dans l'entreprise. Trop de précision dans la recherche des inducteurs de coûts tue l'analyse. Aussi l'analyse portera d'abord seulement sur quelques activités clés, et pour celles-ci on définit des indicateurs de performance. La mise en place est toujours précédée d'une réflexion stratégique importante et le système de gestion (informatique en particulier) doit se montrer à la hauteur des objectifs à atteindre. C'est pourquoi à ce jour moins d'une entreprise sur 10 (en France en tout cas) possède un système de contrôle de gestion industrielle utilisant cette méthodologie. Dans le cadre de l'extension des systèmes de gestion intégrée ou ERP (Entreprise Resources Planning) apparus à la fin des années 1990, des évolutions sont prévisibles dans le rapprochement entre GPAO et comptabilité de gestion.

23.3 Les différents coûts de production

Une fois construite la structure des coûts dans l'entreprise, on distingue chronologiquement plusieurs coûts.

23.3.1 Coût devis

Utilisé surtout en fabrication à la commande, il correspond à l'étude faite préalablement à la commande, donc sur un dossier méthodes en général moins précis. Il fait souvent intervenir des coefficients de sécurité pour pallier l'incertitude méthodes. Les principes du devis technique sont détaillés au 24.6.

23.3.2 Coût prévisionnel d'une fabrication

Il s'agit du coût de revient constaté à la date de création de l'OF, pour la quantité à fabriquer, pour la nomenclature et la gamme de fabrication prévues.

23.3.3 Coût standard

C'est le coût de revient de la fabrication pour la quantité économique de lancement, pour la nomenclature et la gamme normale, dans des conditions d'approvisionnement et de charges normales. Il ne peut être défini qu'après la première fabrication.

23.3.4 Coût réel de fabrication

C'est le coût constaté a posteriori, pour les quantités réellement sorties du stock composants, les temps effectivement passés, les mesures des autres facteurs intervenant dans la structure des coûts. Ce coût est rapproché de la quantité effectivement déclarée comme bonne en fin de production (et alors entrée en stock).

23.3.5 Valeur produite

À quelle valeur doit-on rentrer la production effectuée ?

Tout d'abord à ce stade la notion de coût fixe ne signifie plus rien. On connaît les quantités produites. La valeur d'un article entré en stock est donc celle de l'OF divisé par le nombre d'articles entrés en stock (le nombre d'articles produits est peut-être supérieur mais les articles rebutés ne doivent pas être valorisés).

Plusieurs choix sont possibles :

– entrée au coût réel ;

– entrée au coût standard ;

– entrée au coût prévisionnel.

L'entrée au coût réel ne peut se justifier que dans le cas particulier de vente de production au coût de revient réel ou au coût devis (et même dans ce cas la valeur de l'entrée au coût réel doit être plafonnée au coût du devis). En effet, dans tous les autres cas, si le coût réel est supérieur au coût prévu parce que l'on a mal travaillé, une entrée au coût réel augmenterait la valeur du stock, donc à quantité égale, le résultat de l'entreprise (le stock est un actif). Le paradoxe (et l'erreur) serait alors que plus on travaille mal, plus le bénéfice augmente…

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

L'entrée au coût prévisionnel (celui-ci recalculé postérieurement à la fabrication) tient compte de la valeur des composants utilisés et de la quantité lancée. C'est celle qui reflète le mieux la réalité économique de la production effectuée.

L'entrée au coût standard a le défaut de ne pas tenir compte des quantités lancées et donc de l'incidence des coûts fixes sur le bilan de production.

23.4 Les écarts de coût en production

23.4.1 Position du problème

Le coût standard d'un article *Cs* est calculé pour :

– une nomenclature *Ns*, les composants étant valorisé au tarif d'une date *Ds*;

– une gamme *Gs*, les taux de section et les prestations de sous-traitance étant valorisées à cette même date *Ds*;

– une quantité *Qs* dite économique de valorisation et lancement.

Lors de la préparation de l'OF, on utilise pour un coût prévisionnel C_2 :

– une nomenclature N_2, à une date D_2;

– une gamme G_2 à la date D_2;

– une quantité Q_2.

Si la quantité Q_2 est plus petite que *Qs*, l'incidence des coûts fixes (temps de réglage machine, partie fixe nomenclature) est plus grande en proportion par unité produite dans l'OF que dans le coût standard. Donc le coût par unité est supérieur.

À l'inverse, si la quantité Q_2 est plus grande que *Qs*, le coût rapporté à l'unité sera inférieur.

La valorisation de l'OF correspond au coût prévisionnel.

Lors de la fabrication,

– certains composants sont remplacés par d'autres (nomenclature N_3) ou certaines sections sont remplacées par d'autres (gamme G_3);

– les incertitudes sur la gamme, les pertes ou les gains de productivité en fonction des personnels font que l'on fabrique dans un temps différent de celui prévu (G'_3);

– les quantités de composants consommés peuvent être différentes de celles prévues (N'_3) ;
– il peut exister des articles rebutés et ce à n'importe quel stade de la fabrication ;
– on produit une quantité de composés (Q_3) différente de celle prévue (fin de fabrication pendant l'équipe de nuit et on laisse tourner la machine par exemple).

On obtient un coût réel *Cr*.

En fin de fabrication, et une fois que tous les événements relatifs à la fabrication ont été saisis, on peut recalculer le coût prévisionnel Cp de la fabrication a posteriori, c'est-à-dire avec la gamme et la nomenclature utilisées.

23.4.2 Écarts

L'analyse des écarts va permettre d'entreprendre, en fonction de la cause des écarts, différentes actions correctives.

■ Exemple (p. 470-471)

Les écarts indiqués sur cet exemple sont expliqués dans le paragraphe suivant.

■ Écart de composition

Si on fabrique dans une quantité inférieure à la quantité de valorisation, ou si pour des raisons de surcharge on utilise une machine de remplacement plus chère que la machine normale, ou si on approvisionne des composants en urgence à un prix supérieur au prix standard, on introduit un écart de coût entre le coût prévisionnel de la fabrication et le coût de référence ou coût standard. On nommera cet écart *Ec* l'écart de composition. Il n'a de signification que rapporté à l'unité à produire. En reprenant les éléments ci-dessus, on a :

$$Ec = C_2 - Cs$$

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

```
15/02/xxxx                                  PRIX DE REVIENT ET BILAN DE PRODUCTION                                  Page : 1

NO D'OF    ARTICLE          DÉSIGNATION                QTÉ VALO       QTÉ DEMANDÉE      QTÉ LANCÉE       QTÉ PRODUITE          QTÉ ENTRÉE
00000001   82400000         FACE AVANT ÉQUIPÉE             2 000 UNIT     2 000 UNIT        2 000 UNIT       2 000 UNIT          1950 UNIT
CLIENT   : 410001           DUPOND - DELACQUIS     LYON    COMMANDE NO :     AFFAIRE :
OF créé par BLONDEL         le 15/02/xxxx          soldé le 15/02/xxxx          clos le 17/02/xxxx        OF clos

BILAN DES COÛTS   S = STANDARD 1-PRÉVISIONNEL 2-PRÉVI RECALCULE 3-REVIENT RÉEL  V = VALEUR AU COÛT STD   PRIX VENTE - Écart composition  = (1) - (S)
UNITAIRE DIRECT :       18.584        18.582          18.582        19.305          18.584          23.250   Écart productivité = (3) - (2)
TOTAL DIRECT    :    37168.658     37163.912       36234.815     37643.912       36239.442       45337.500
POUR UNE QTÉ DE :         2000          2000            1950          1950            1950            1950   Écart total        = (3) - (V)

ANALYSE RÉSULTAT COÛT STANDARD ÉCART COMPOSITION + ÉCART PRODUCTIVITÉ + COÛTS REBUTS DÉCLARÉS + AUTRES ÉCARTS NON QUALITÉ = ÉCART TOTAL REVIENT RÉEL ÉCART EN %
UNITAIRE DIRECT :    18.584         - 0.003                0.279                0.444                0.000          0.720      19.305    +3.88 %

A - COÛT DES COMPOSANTS DE L'OF                ! COÛT PRÉVI RECALCULÉ                    ! COÛT REVIENT RÉEL                          !

MODE VALO = Coût standard fiche article (à l'UV)  ! PRÉVUS                  ACHATS    V.A. ! RÉELS                  ACHATS        V.A. ! ÉCART DE
                                                  ! POUR 1950 UNIT          /UNITÉ PRÉVUE  ! POUR 1950 UNIT        /UNITÉ STOCKABLE  ! PRODUCTION
     CODE       DÉSIGNATION              STAT ! QUANTITÉ COÛT TOTAL !                    ! QUANTITÉ COÛT TOTAL !                    ! /UNITÉ
10 - 81800000   Face avant moulée         CONS !  1950.000  18537.675 !  6.039   3.467 !  2000.000  19013.000 !  6.194       3.556 !  +0.244
20 - 82000000   LISERÉ                   CONS !  1950.000   1311.155 !  0.143   0.529 !  2000.000   1344.774 !  0.147       0.543 !  +0.017
30 - 81300000   CACHE STREAMER           CONS !  1950.000   2909.730 !  0.743   0.749 !  2000.000   2984.338 !  0.762       0.768 !  +0.038
40 - 100000     LOGO                     CONS !  1950.000   1950.000 !  1.000         !  2000.000   2000.000 !  1.026             !  +0.026
50 - 200000     INSERT THERMIQUE         CONS !  9750.000   5362.500 !  2.750         ! 10000.000   5500.000 !  2.821             !  +0.071
                A ASSEMBLAGE THERMOCOLLANT   !                      !                  !                       !                    !
60 - 300000     CARTON D'EMBALLAGE       CONS !    97.500    238.875 !  0.122         !   100.000    245.000 !  0.126             !  +0.003
TOTAUX COMPOSANTS/UNITÉ                        !            30309.935 !  10.798  4.746 !            31087.112 !  11.075      4.867 !  +0.399
```

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

B – COÛT OPÉRATOIRES DE L'OF

MODE VALO = Table 1		PRÉVUS POUR 1950 UNIT		S/T /UNITÉ PRÉVUE	V.A.	RÉELS POUR 1950 UNIT		S/T /UNITÉ STOCKABLE	V.A.	ÉCART DE PRODUCTION
OPÉRATION	STAT	QUANTITÉ	COÛT TOTAL			QUANTITÉ	COÛT TOTAL			/UNITÉ
10 A POSER SUR GABARIT	Prodc	0.59h	52.650		0.027	0.60h	54.000		0.028	+0.001
20 A MONTAGE LISERÉ	Prodc	8.11h	730.080		0.374	9.32h	838.800		0.430	+0.056
30 A MONTAGE CACHE STREAMER	Prodc	10.92h	982.800		0.504	11.20h	1008.000		0.517	+0.013
40 A MONTAGE INSERTS	Prodc	32.56h	2930.850		1.503	33.40h	3006.000		1.542	+0.039
50 A COLLAGE LOGO	Prodc	8.19h	737.100		0.378	9.40h	846.000		0.434	+0.056
60 A EMBALLAGE	Prodc	5.46h	491.400		0.252	5.60h	504.000		0.258	+0.006
TOTAUX OPÉRATIONS/UNITÉ			5924.880		3.038		6256.800		3.209	+0.170

C – COÛTS DIVERS DE L'OF

DESCRIPTION	COÛTS PRÉVUS POUR 1950 UNIT QUANTITÉ	COÛT TOTAL	COÛT UNITAIRE	COÛTS RÉELS POUR 1950 UNIT QUANTITÉ	COÛT TOTAL	COÛT UNITAIRE	ÉCART /UNITÉ
Coûts administratifs lancement					300 000	0.154	
TOTAUX DIVERS / UNITÉ							

D – COÛT DES REBUTS DÉCLARÉS POUR 1950 UNIT ENTRÉES EN STOCK

QUANTITÉ	OPÉRATION DE REBUT	PRÉVUS	RÉELS	COÛT TOTAL	ÉCART / UNITÉ
50.000 UNIT	No 50			866.498	+0.444
TOTAUX REBUTS/UNITÉ				866.498	+0.444

■ Écart de productivité

Il s'agit de la différence entre le coût réel constaté et le coût prévisionnel, celui-ci étant recalculé après clôture de l'OF pour la quantité produite, la gamme et les composants utilisés.
En cas de rebuts les rebuts sont enlevés de ce total comme un élément de non-qualité (cf. ci-après).

■ Coût des rebuts et non-qualité

La déclaration de rebuts doit calculer un coût des rebuts en fonction des composants consommés et des temps passés à ce stade de la fabrication. Le coût de non-qualité peut être défini de différentes manières.

Exemple

Soit un produit qui nécessite :
- 1 kg de matière à 50 €/kg
- sur l'opération 1,5 heure de production à 20 € ;
- sur l'opération 2,5 heures de production à 20 € ;

a) le coût de revient prévisionnel de l'article est alors de :

$$1 \times 50 + 5 \times 20 + 5 \times 20 = 250 \text{ €}$$

b) soit un OF de 100 pièces, le coût standard de l'OF est de 100 kg soit 5 000 € + 1 000 h soit 20 000 € c'est-à-dire au total 25 000 €, le coût ramené à la pièce est alors de 250 € ;
c) soit une réalisation avec 10 pièces cassées à la suite de l'op.1, on fabrique alors 100 kg à 50 € + 500 h à 20 € + 450 h à 20 € = 24 000 € ;
d) la valeur en stock est alors de $90 \times 250 = 22\,500$ € ;
e) À la clôture de l'OF, le coût prévisionnel recalculé est alors de :

$$100 \times 50 + 500 \times 20 + 450 \times 20 = 24\,000 \text{ €}$$

Dans ce cas il n'y a pas de coût de non-performance.

Le coût de non-qualité peut être calculé par :
– une méthode additive :

10 pièces à $1 \times 50 \rightarrow 500$ €
50 heures à 20 € sur l'op.1 → 1 000 € soit un total de 1 500 € ;

– une méthode soustractive :

Coût de revient constaté = 24 000 €
Coût standard recalculé pour 90 pièces = 22 500 € soit :
24 000 – 22 500 = 1 500 € ;

– une méthode de substitution :

Coût de revient constaté = 24 000 €.
Coût standard initial = 25 000 €.
Coût standard des 10 pièces à refaire = 2 500 €.
Coût de non-qualité dû aux rebuts = 24 000 + 2 500 – 25 000 = 1 500 €.

Les trois méthodes sont équivalentes dès lors qu'il n'existe pas de coût fixe ni de coût dû à une dérive des temps (écart de productivité) :

Coûts supplémentaires
= Coût de non-qualité + Coût de non-performance
= Coût de rebut composants + Coût de rebut fabrication
+ Coût de dérive gamme + Coût de dérive composants

Mais en cas de coûts fixes, la méthode additive ne fonctionne plus.

Exemple

Soit un rebut dans la gamme de 2 % – on lance 102 pièces.
Coût standard = 25 500 € pour 100 pièces.
Coût réel pour 92 pièces :
5 100 € matière
12 000 op.1 (au lieu 10 200) pour 102 pièces.
10 000 op.2 (au lieu 9 200) pour 92 pièces.
Coût réel total = 27 100 €.
Coût de non-performance = 1 800 sur op.1 + 800 sur op.2 = 2 600 €.
Coût de non-qualité = 15 000 € (méthode additive).
Coût standard recalculé pour 92 pièces :
(50 × 92) + 18 400 = 4 600 + 18 400 = 23 000 €.

Le coût de non-qualité peut toujours être obtenu par différence à partir du coût réel, du coût de non-performance (connu par opération), et du coût standard recalculé.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

23.5 Valorisation des fabrications

23.5.1 Déclaration de production et coût stockable

La fin de fabrication diminue l'en-cours et effectue une entrée en stock pour la valeur définie[1]. Le coût à ce stade est un coût de production et ne prend pas en compte les coûts de distribution (transport, etc.) ou commerciaux (commissions représentants).

23.5.2 OF père-fils et coût lié au niveau

L'appréciation de la valeur d'un produit en en-cours peut être compliquée en cas de fabrications à la commande ou à l'affaire, avec utilisation d'OF multi-niveaux et multi-pièces.

En effet, lorsque les articles sont fabriqués dans le même laps de temps, le coût de l'OF père (produit fini) ne doit pas incorporer les coûts relatifs au semi-fini fabriqué puisqu'ils sont déjà dans les coûts de l'OF fils.

Une solution est alors de décomposer les coûts d'une fabrication en distinguant :

– les coûts liés au niveau pour la valorisation de l'en-cours ou le tableau de bord de production ;
– les coûts tous niveaux pour l'appréciation de la valeur d'un produit et les comparaisons des différents coûts entre eux.

Les coûts liés au niveau sont tous ceux qui ne se retrouvent pas dans un semi-fini. Il s'agit donc des coûts :

– de la gamme : opérations d'atelier et sous-traitances ;
– des composants directs non fabriqués c'est-à-dire les matières premières et fournitures incorporées directement dans cet OF (on parle des composants de « bout de branche », par identification avec la notion d'arbre et d'arborescence de la nomenclature) ;
– les autres coûts directement affectés à cet OF.

1. Cf. plus haut section 23.3.5.

Exemple

Dans l'exemple du 23.4.2 les composants liés au niveau sont les articles 100000, 200000, 300000.
À l'inverse et dans ce cas, le coût des semi-finis 81800000, 8200000, 8130000 ne doit pas être pris en compte pour cet OF.

23.5.3 En-cours de fabrication

La sortie d'un composant diminue le stock en quantité et en valeur de ce composant. Elle augmente l'en-cours de production pour le même montant. En conséquence, la sortie des composants doit être valorisée dans les OF de la même manière que dans le stock.
Dans le cas d'entrées partielles en stock, l'en-cours brut est diminué de la valeur des entrées partielles, pour donner un en-cours net (les entrées partielles sont déjà valorisées dans le stock).

24 • GESTION À L'AFFAIRE ET GESTION DES PROJETS

24.1 Projets et gestion de projets

24.1.1 Définitions

Projet : « démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir »[1].

La gestion de projets, si elle n'est pas nouvelle, a connu ces dernières années avec l'apparition de méthodes telles que le concurrent re-engineering, un regain important d'intérêt et a mis en exergue les exigences et les particularités de son élaboration.

Le Project Management Institute (PMI) a été créé dans les années 1970 pour organiser la profession de gestionnaire de projet. Il a publié en 1987 le « project management book of knowledge », ensemble de méthodes approuvées par l'ensemble des membres de l'association. Cette dernière a été relayée en France par l'Afitep[2]. Au-delà des outils présentés dans les paragraphes ci-après (au-delà mais surtout pas à la place, et au contraire en sus), il apparaît que le chef de projet maîtrise aussi les outils de management et de gestion d'équipe[3].

1. Afitep, « Vocabulaire de gestion de projet », Afnor, 1989.
2. Afitep : Association française des ingénieurs et techniciens de projet.
3. J. Couillard et Y. Navarre, « Quels sont les facteurs de succès des projets. Faut-il plus d'organisation, plus d'outils ? plus de communication ? », *Gestion 2000,* n° 2, 1993.
Pour ce qui est du « succès des projets… entre les outils dits "soft" (outils de management et de développement d'équipe et de communication) et les outils dits "hard" (Pert, CPM C/SCSC), l'avantage revient aux outils de management et de gestion… »

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Dans la gestion d'un projet, on distingue usuellement cinq phases principales.

■ **La préparation**

Un projet a d'abord des contours en terme de contenu. Il a un contenu, un début et une fin. La définition du projet, celle du ou des responsables du projet et de ses différentes phases sont des éléments incontournables dans l'optique de la réussite de celui-ci.

■ **La planification**

Elle consiste à définir l'ensemble ordonné des phases du projet. Le résultat obtenu, le planning, permet de visualiser l'évolution probable du projet, et la date de fin de ce projet.

■ **L'exécution**

C'est la réalisation des différentes opérations telles qu'elles ont été définies et planifiées.

■ **Le contrôle**

C'est la comparaison entre la planification et l'exécution.
La prise de conscience des écarts entre la planification et la réalisation permet d'introduire des modifications dans le planning pour les phases non encore réalisées.

■ **La fin**

Il faut aussi savoir terminer un projet, gérer la décroissance de l'équipe.

24.1.2 Pour qui ?

En production, les techniques de gestion de projets sont utilisées pour :
– les projets d'amélioration de l'organisation (implantation d'atelier ou de ligne de production, SMED, TPM…);
– la fabrication d'articles conçus à la commande du client. Le cycle de production de ces articles inclut la conception des produits et procédés (plans, analyses, mise en place des moyens de production).

Exemples

Machines spéciales (embouteillage, emballage, ligne de conditionnement, machine de câblage…), remontées mécaniques pour les sports d'hiver, grues, machines de nettoyage…
Produits unitaires : porte-avions *Charles de Gaulle*, paquebot *France*, TGV atlantique…
Chantiers de génie civil ou bâtiment, tunnels autoroutiers…

24.2 Méthode PERT

La méthode PERT (Program Evaluation Research Task ou Program Evaluation Review Technique) a été mise au point à partir de 1957-1958 aux USA à l'occasion du projet Polaris.

24.2.1 Éléments de base

■ Tâche et nœud

Une tâche est une opération de production à placer sur un planning.
La construction d'un réseau PERT suppose au préalable l'établissement de toutes les tâches qui constituent le réseau.
Un nœud (ou sommet) est le début ou la fin d'une activité.

■ Contrainte

Une contrainte est une relation existant entre deux tâches. Il existe de nombreux types de contraintes (de personnel, de trésorerie, des contraintes techniques…).
Dans la méthode PERT, les contraintes s'expriment le plus souvent sous forme de contraintes de succession[1]. Pour que l'opération B commence, il faut que l'opération A soit commencée ou finie…

Exemple

Pour commencer les travaux, il faut avoir obtenu le prêt bancaire.

1. Cf. section 5.4.2 et chapitre 20.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Si une opération ne peut s'effectuer avant que la précédente ne soit terminée il s'agit d'une contrainte Fin-Début.
Si une opération ne peut commencer que si la précédente est elle-même commencée il s'agit d'une contrainte Début-Début.
Si une opération en peut être terminée que si la précédente est terminée, il s'agit d'une contrainte Fin-Fin.

■ Réseau ou graphe

Toute tâche complexe, composée de phénomènes élémentaires, est représentée conventionnellement par un graphe ou réseau. Le graphe ou représentation graphique du réseau permet de visualiser l'ensemble des contraintes entre les tâches. Un graphe est d'abord un ensemble de points (appelés nœuds ou sommets) reliés entre eux. Les liaisons sont des arcs si elles sont orientées, des arêtes si elles ne le sont pas.
Un chemin est une séquence d'arcs tels que la fin de l'un soit le début du suivant.
On peut préciser le réseau en indiquant dans chacun des nœuds :
– la **date au plus tôt** en partant du début du réseau et en sélectionnant la plus tardive des différentes dates possibles lorsque plusieurs flèches arrivent au nœud ;
– la **date au plus tard** en partant de la fin du réseau et en choisissant la plus précoce des différentes dates possibles lorsque plusieurs flèches partent du nœud.

Le graphe a une origine et une extrémité. Chaque arc représente une tâche (sa durée est indiquée le plus souvent).

■ Marge

□ Marge totale

On appellera marge totale la durée dont on peut augmenter une tâche sans que le cycle de fabrication soit modifié.

□ Marge libre

La marge libre définit le laps de temps pendant lequel on peut déplacer une opération sans perturber les opérations adjacentes (précédente et suivante).

Marge libre
= début au plus tôt de l'opération suivante
– durée de l'opération étudiée
– début au plus tôt de l'opération étudiée
= début au plus tôt de l'opération suivante
– fin au plus tôt de l'opération étudiée

24.2.2 Représentation graphique

La méthode PERT utilise des graphes (ou réseaux maillés) pour représenter l'enchaînement des opérations.
Contrairement aux diagrammes de Gantt, la méthode PERT utilise une représentation indépendante du temps et ne représente que les positionnements relatifs des opérations.

■ Graphe arc-tâche – principes

Dans la représentation classique de Gantt, une tâche est représentée par un segment de droite proportionnel à sa durée[1]. Dans le système PERT, la tâche est représentée par une flèche, avec une origine, une extrémité, une désignation et une durée. La longueur de la flèche est indifférente et non liée à la durée de l'opération.
Le graphe permet de représenter des tâches par des arcs orientés (l'orientation est indiquée par une flèche) (figure 24.1).

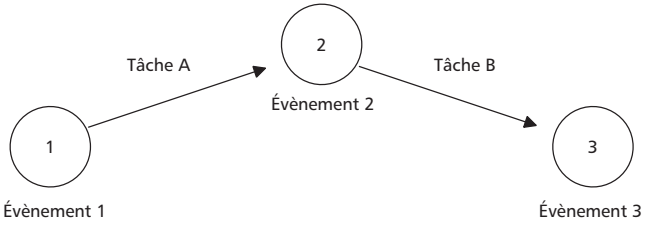


Figure 24.1 – Graphe arc-tâche.

1. Cf. chapitre 19 « Ordres de fabrication ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Lorsqu'il est nécessaire de matérialiser une liaison sur le graphe pour des raisons de construction mais que celle-ci ne consomme aucune ressource ou tâche, on parle d'activité fictive ou fantôme et on la représente de la manière suivante (figure 24.2).

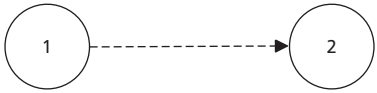


Figure 24.2 – Activités fantômes.

Dans la méthode PERT, toutes les tâches initiales doivent partir du même nœud et toutes les tâches finales doivent aboutir au même nœud (figure 24.3).

Il est également usuel d'indiquer la durée de la tâche sur l'arc correspondant (dans l'exemple ci-dessous, tâche A = 6 jours, B = 8 jours).

Exemple

A précède B, C précède E, A précède B et E (on a utilisé une opération fictive pour matérialiser la contrainte).

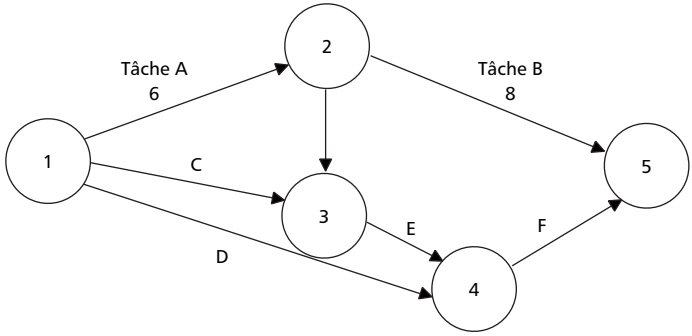


Figure 24.3 – Réseau PERT.

Les nœuds sont numérotés de telle façon que le début d'une tâche a toujours un numéro plus petit que la fin de cette tâche.

■ Graphe potentiel-tâche – principes

Les sommets sont alors représentatifs des tâches et les contraintes sont représentées par les arcs reliant les sommets entre eux (figure 24.4).

Figure 24.4 – Graphe potentiel-tâche.

Dans la méthode des potentiels, il est d'usage pour la représentation des débuts et des fins de graphe de fermer le graphe à l'aide d'un nœud « début » et d'un nœud « fin ».

Les deux systèmes sont équivalents. Historiquement le système arc-tâche a été employé le premier, la représentation linéaire des tâches le rend plus facile à assimiler par les opérateurs habitués au système de Gantt[1]. Toutefois la méthode des potentiels :

– permet de dessiner un réseau PERT avec un nombre de pavés moindre que dans la représentation arc-tâche ;
– est celle utilisée par le logiciel MS-Project[2] (très utilisé dans l'industrie sur des projets de taille moyenne).

Les principes de représentation des tâches sont les suivants :

– une tâche ne doit être représentée que par un seul bloc ;
– une contrainte ne doit être représentée que par un arc et un seul ;
– la représentation doit être fidèle, donc ne pas introduire ou omettre de contraintes par rapport à la situation réelle.

1. À condition toutefois de ne pas dessiner les arcs avec une longueur proportionnelle à la durée des tâches.
2. ®Microsoft.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple 1 (figure 24.5)

A précède C et D, B précède C et D peut se représenter de la façon suivante.

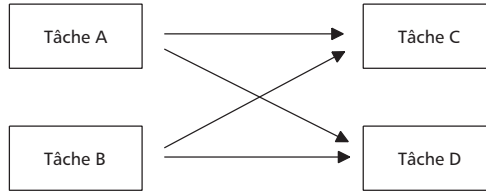


Figure 24.5 – Représentation de contraintes croisées dans un graphe potentiel-tâche.

Exemple 2 (figure 24.6)

A et B débutent simultanément.

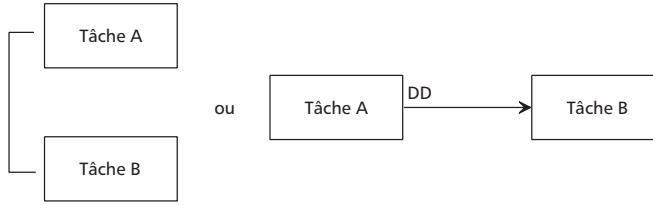


Figure 24.6 – Tâches à début simultané (illustration I et exemple dans MS-Project).

Exemple 3 (figure 24.7)

A et B finissent simultanément.

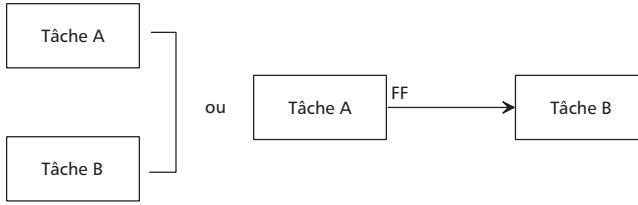


Figure 24.7 – Tâches à fin simultanée (illustration et exemple dans MS-Project).

■ Autres cas (représentation potentiel-tâche)

On pourra comparer facilement les exemples ci-dessous avec ceux de la représentation des opérations chevauchées selon un diagramme de Gantt[1].

– La tâche *B* (de durée *b*) **commence *x* unités de temps après la fin** de la tâche *A* (de durée *a*). On peut représenter la contrainte par une tâche fictive (figure 24.8).

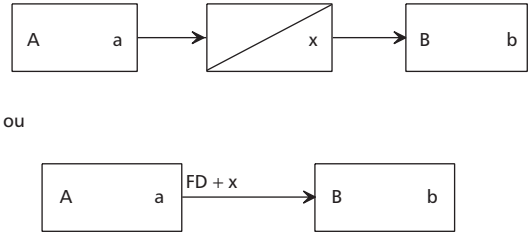


Figure 24.8 – Tâches à début = fin + *x* (illustration puis exemple dans MS-Project).

– La tâche *B* (de durée *b*) **commence *x* unités de temps après le début** de la tâche *A* (de durée *a*) (figure 24.9).

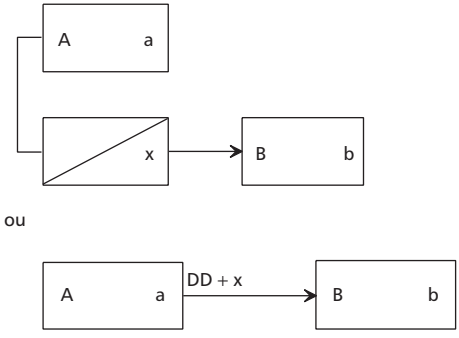


Figure 24.9 – Tâches à début = début + *x* (illustration puis exemple dans MS-Project).

1. Cf. section 5.4.2 « Chevauchement ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– La tâche *B* (de durée *b*) **finit *x* unités de temps après la fin** de la tâche *A* (durée *a*) (figure 24.10).

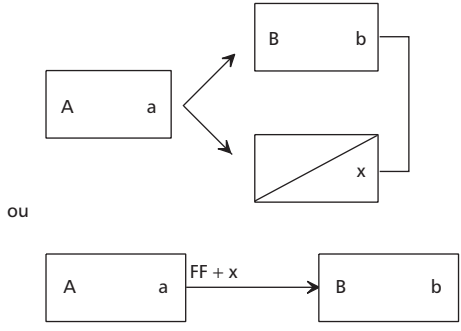


Figure 24.10 – Tâches à fin = fin + *x*
(illustration puis exemple dans MS-Project).

– La tâche *B* (de durée *b*) **finit *x* unités de temps après le début** de la tâche *A* (durée *a*) (figure 24.11).

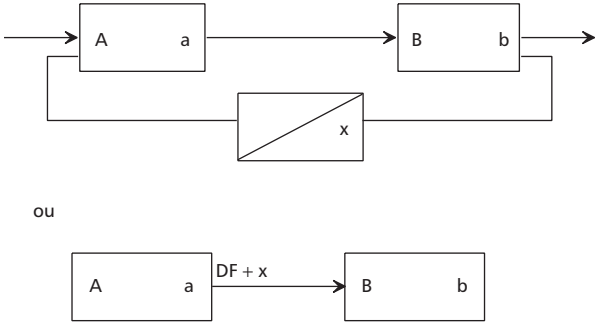


Figure 24.11 – Tâches à fin = début + *x*
(illustration puis exemple dans MS-Project).

24.2.3 Chemin critique

Puisque le but premier de la méthode PERT consiste à fixer une date à chacun des nœuds c'est-à-dire à déterminer un début et une fin pour chacune des tâches, on détermine ainsi le **chemin critique**, c'est-à-dire l'ensemble d'opérations dont la durée entre l'origine et l'extrémité du réseau est la plus longue.

Le chemin critique :

– permet de trouver le cycle minimal du projet ;
– met en évidence la suite des tâches élémentaires sur laquelle le moindre retard a une influence sur le délai du projet global ;
– permet de calculer sur les autres tâches la marge dans laquelle un retard n'a aucune influence sur le délai global (marge libre de chaque tâche).

24.3 Construction d'un réseau PERT

24.3.1 Méthode générale

La date de début d'une tâche aval s'obtient à partir de la plus tardive des dates de début des tâches qui la précèdent (amont) et en ajoutant la durée de la tâche[1].

La date de début d'une tâche amont s'obtient à partir de la plus précoce des dates de début des tâches qui la suivent (aval) et en retranchant la durée de la tâche [2].

La construction d'un réseau PERT s'effectue alors dans l'ordre suivant :

1. inventaire des tâches, et détermination des temps prévus pour chaque tâche ;
2. inventaire des contraintes ;
3. construction du graphe ;
4. détermination du chemin critique ;
5. détermination du calendrier au plus tôt et du calendrier au plus tard ;
6. détermination de marge totale et des marges libres.

1. Cf. chapitre 19 « Jalonnement progressif ou au plus tôt ».
2. Cf. chapitre 19 « Jalonnement régressif ou au plus tard ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

24.3.2 Introduction de la durée dans la représentation du graphe

La durée des tâches n'est pas toujours connue avec exactitude. Dans ce cas comme dans le cas des prévisions de vente par évaluation[1], on utilise la loi bêta en demandant aux gens compétents une prévision pessimiste A, une prévision optimiste B et enfin une prévision réaliste C.

Il existe une corrélation entre ces trois données, d'où la possibilité d'obtenir la moyenne statistique M et l'écart type S.

On a alors[2] :

$$S = \frac{B - A}{6}$$

Dans ce type de distribution, la moyenne statistique M se trouve au tiers de l'intervalle séparant le mode C (ou valeur la plus probable) de la médiane $(A + B)/2$.

On a alors :

$$M = C + \frac{(A + B)/2 - C}{3}$$

c'est-à-dire :

$$M = \frac{4C + A + B}{6}$$

24.3.3 Application de la méthode PERT à un OF multi-niveaux

Cette méthode, très bien adaptée à la gestion de projets, peut également être utilisée de façon légèrement modifiée pour les OF multi-niveaux (ou multi-pièces) (figure 24.12).

1. Cf. section 16.2.3.
2. Car dans une loi normale, la probabilité de se trouver en dehors d'un intervalle de trois écarts type de part et d'autre de la moyenne n'est que de 0,0026.

Exemple

Soit par exemple un produit PF, composé de deux semi-finis SF1 et SF2 eux-mêmes composés respectivement des composants (MP1, MP2) et (MP3, MP4). Le diagramme d'enclenchement du produit et le réseau PERT-potentiel correspondant sont illustrés par le schéma de la figure 24.12 :

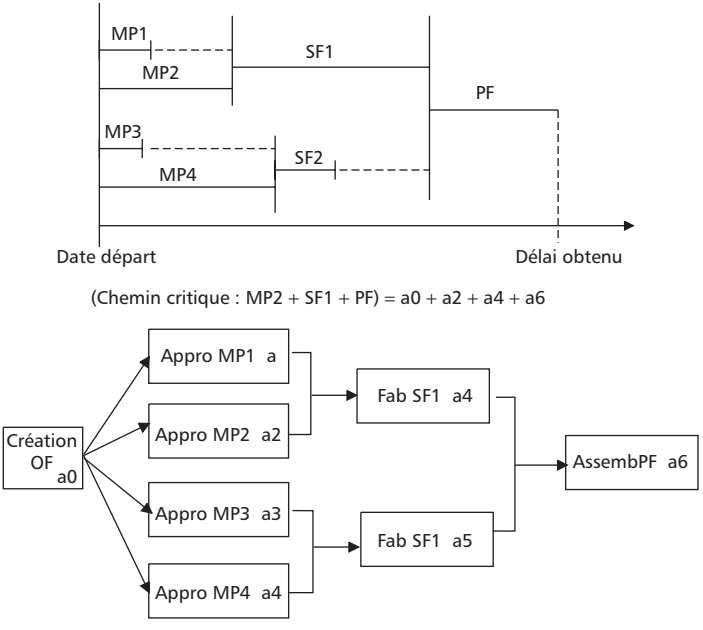


Figure 24.12 – OF multi-niveaux et méthode PERT.

Dans l'exemple ci-dessus, le chemin critique est matérialisé par l'addition des cycles des trois articles MP2 + SF1 + PF.

Par conséquent, toute tâche ne se trouvant pas sur le chemin critique peut voir sa durée varier d'une certaine quantité sans que le cycle total soit

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

modifié. La marge libre de l'opération est la durée dont on peut augmenter une tâche sans que le cycle de fabrication soit modifié.

Dans l'exemple ci-dessus, la marge existe pour la fabrication de MP1, MP3, MP4 ou SF2, puisque ces pièces n'appartiennent pas au chemin critique.

Cette marge au sein d'un Ordre de Fabrication ne doit pas être confondue avec la Marge définie au 19.3.6, qui dépend en sus de la date de livraison et de la date du jour.

24.4 PERT-coût et coût d'une affaire

24.4.1 PERT-coût

Le PERT-coût[1] a pour objet le contrôle des budgets pendant la réalisation du projet. Il permet d'enregistrer par tâche une affectation comptable (donc de sous-totaliser et totaliser par groupe de tâches).

Par rapport au PERT-temps il amène à définir des objets qui ne sont pas des tâches mais pèsent sur la structure des coûts.

Exemples

– frais de déplacement;
– coûts de transport;
– coûts de dossier de lancement.

Dans l'optique de la méthode ABC exposée au chapitre 20, on définira une liste de rubriques de coûts correspondant à des activités et des inducteurs de coûts.

L'ensemble des tâches du PERT-temps est alors inclus dans l'ensemble des activités du PERT-coût, mais la répartition des tâches et des chapitres de coût ne suit pas en général la même décomposition. Dans une optique de production au plus juste[2], on prendra soin de distinguer les activités d'achats et celles qui relèvent de la valeur ajoutée.

1. Ou PERT-cost.
2. Cf. chapitre 25.

24.4.2 Coût d'une affaire

En gestion de production une affaire est alors une somme d'ordres de fabrication et d'achat. Les coûts des OF sont connus par les méthodes étudiées précédemment[1].

24.4.3 Coût lié au niveau

Comme il a été vu au chapitre 23[2], lorsque les articles sont fabriqués dans le même laps de temps, le coût de l'OF père (produit fini) ne doit pas incorporer les coûts relatifs au semi-fini fabriqué puisqu'ils sont déjà dans les coûts de l'OF fils.

En présence d'un projet ou d'une affaire, dans laquelle les OF sont hiérarchiquement liés, une solution est alors de ne prendre en compte pour chaque fabrication que les coûts liés au niveau, c'est-à-dire les coûts liés à chaque tâche (au sens PERT), chacun des composants achetés étant alors rattaché à une tâche c'est-à-dire à une opération de gamme.

Les coûts liés au niveau sont tous ceux qui ne se retrouvent pas dans un semi-fini. Il s'agit donc des coûts :

– de la gamme (opérations d'atelier et sous-traitances) ;
– des composants directs non fabriqués c'est-à-dire les matières premières et fournitures incorporées directement dans cet OF (on parle des composants de « bout de branche », par identification avec la notion d'arbre et d'arborescence de la nomenclature) ;
– des autres coûts directement affectés à cet OF.

24.5 Méthode CPM (Critical Path Method)

La méthode CPM (ou Critical Path Method ou Méthode du chemin critique), variante de la méthode PERT a été mise au point dans les mêmes années que celle-ci pour le pilotage et le contrôle des plannings de maintenance de l'industrie chimique (DuPont en particulier).

1. Cf. chapitre 23.
2. Cf. section 23.5.2.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La méthode CPM est basée sur la relation entre durée d'une tâche et coût. Elle a pour objectif de réduire au maximum la durée pour une augmentation minimale du coût.

Le coût du projet est défini de la façon suivante :

– le coût direct est constitué par les coûts affectables à chacune des tâches du projet;
– les coûts indirects sont représentés par les coûts qui ne sont fonction que de la durée totale du projet (personnel de gestion, location de matériel, pénalités de retard, etc.).

Les coûts indirects ne sont donc pas liés aux tâches mais à la durée totale du projet.

La méthode CPM utilise alors le vocabulaire suivant :

– Durée normale : durée correspondant au coût minimal du projet. Le coût minimal est aussi nommé coût normal.
– Durée accélérée : cycle le plus petit possible pour réaliser le projet. Le coût associé à ce cycle est appelé coût accéléré.

Si on connaît les durées normales et accélérée et les coûts correspondants, on peut en général établir les coûts intermédiaires.

On établit alors pour chaque tâche une courbe de variation du coût direct en fonction de sa durée (figure 24.13).

Le premier objectif du CPM sera dès lors la détermination du coût direct minimum du projet en fonction de sa durée.

Les coûts indirects, qui sont fonction de la durée du projet, varient en général de façon linéaire avec cette durée. Des seuils peuvent toutefois apparaître (par exemple avec l'apparition de pénalités de retard). Les fonctions de coût en fonction de la durée sont en général assez simples à établir pour chacune des tâches. La complexité provient de leur combinaison au sein du réseau.

Le coût total du projet est la somme des coûts directs et indirects (figure 24.14).

L'objectif de la méthode est alors la détermination du coût global du projet en fonction de sa durée.

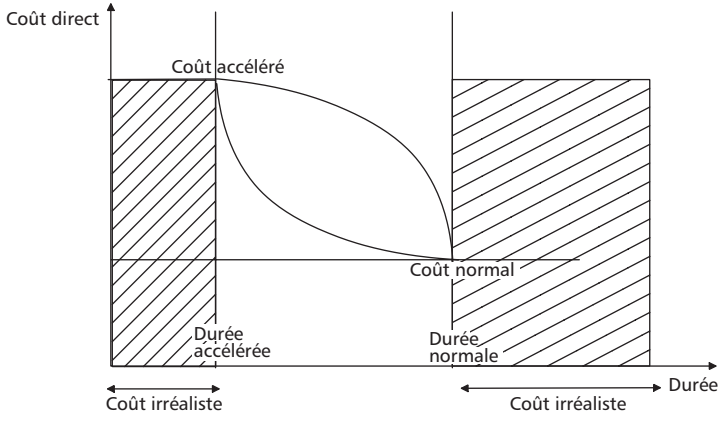


Figure 24.13 – Coût direct du projet (CPM).

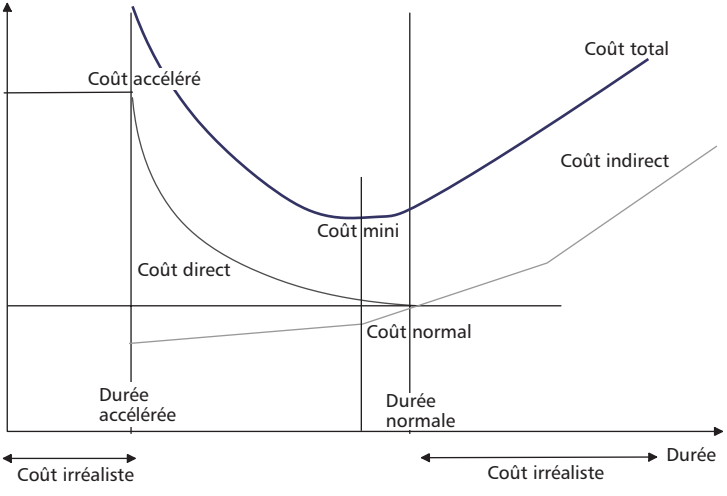


Figure 24.14 – Coût global optimum du projet (CPM).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La diminution de la durée du PERT-temps en vue de l'optimisation du coût peut changer le chemin critique. Il faut alors raisonner sur le nouveau chemin critique pour les diminutions de cycle ultérieures.

D'un point de vue plus général, on peut noter que les apports des méthodes PERT et CPM tiennent autant à la mise en évidence visuelle des problèmes qu'aux calculs eux-mêmes.

24.6 Gestion des projets d'industrialisation

24.6.1 Devis technique

Le devis technique intervient le plus souvent en amont de la définition de l'article.

Les nombreuses expériences d'implémentation d'ERP que j'ai réalisées m'ont montré dans les dernières années que cette fonction était souvent peu ou mal intégrée avec l'ensemble des autres fonctions de gestion industrielle. C'est une des fonctions qui utilise le plus des fichiers Excel plutôt que le système d'information global de l'entreprise.

Un devis technique est établi pour un article, un client, une quantité. Le devis commercial ou offre de prix précisera d'autres paramètres tels que le délai, qui n'intervient pas à ce stade.

Le devis technique a un numéro, une date, des hypothèses de calcul (mode de valorisation des composants par exemple).

Il s'appuie sur une nomenclature qui peut varier selon les options de chaque devis technique :

Exemples

Devis pour un produit liquide avec conditionnement en fûts de 50 litres ou en fûts de 200 litres.

Devis avec fourniture de cartons d'emballages ou utilisant des emballages durables fournis par le client.

Elle est définie pour des paramètres d'entrée qui peuvent être conditionnels pour le devis :

Exemples

Indice matière première à la date du devis et formule de révision de prix.
Paramètres d'amortissement outillages ou études fonction de la quantité.

Il s'appuie également sur une gamme et, idéalement, sur un certain nombre d'éléments complémentaires regroupés sous l'appellation « coûts divers », par exemple :
– coûts logistiques (optimisation transport selon la fréquence et la quantité expédiée),
– coûts administratifs,
– coûts d'étude,
– coûts relatifs à des stocks consignation.

Un devis technique est, comme les coûts de production vus au chapitre précédent, décomposé *a minima* en parts composants achetés, sous-traitance, machine et main-d'œuvre en coûts fixes et variables.
Le devis technique est lié au devis commercial et doit servir de base au commercial dans sa négociation.

24.6.2 Projet d'industrialisation – Affaires

Au sein de l'entreprise industrielle, les projets d'industrialisation occupent une place particulière. Ils ont les caractéristiques suivantes :
– ils sont en général multiples dans une année. À un instant donné, plusieurs projets sont à des degrés d'avancement différents ;
– leur importance est diverse mais ils utilisent des ressources qui sont partagées avec d'autres projets ;
– l'imbrication de ces projets dans le système de gestion de l'entreprise est telle, leur durée est suffisamment longue et leur complexité suffisamment importante pour nécessiter des moyens et outils de gestion particuliers.

On peut compter par exemple parmi ces projets les investissements en nouveaux moyens de production et l'industrialisation de nouveaux produits, à la demande de clients ou non.
Nous allons surtout nous préoccuper ci-dessous de cette dernière catégorie.
On a vu au début du chapitre une décomposition du projet en cinq parties.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Préparation ou définition du périmètre

À ce stade, on crée des données de gestion pour les devis techniques, des offres de prix aux clients, on effectue des appels d'offres auprès des fournisseurs pour les investissements (études, prestations, outillages, logistique, etc.), on élabore des devis commerciaux et des contrats. Les différentes composantes du projet ne sont pas toutes au même stade d'avancement au même moment. Il est donc important de pouvoir disposer de visualisations synthétiques des différentes actions en cours avec leur état d'avancement. Un code affaire ou projet est à ce stade incontournable et permet de regrouper les différentes actions dans un ensemble identifié.

Lorsque le projet est validé par le client, on passe à la phase suivante.

■ Planification

La commande client donne lieu à des commandes pour des articles divers, à des demandes d'achats et commandes fournisseurs. On peut utiliser les méthodes PERT ou CPM vues plus haut si le projet utilise ses ressources propres, mais souvent le projet donne de préférence lieu à des ordres de fabrication tant pour la partie conception (OF de CAO par exemple) que pour la partie exécution (OF de fabrication de prototypes, planifiés avec les autres dans l'atelier et impactant le plan de charge général). Les OF de semi-finis sont calculés *via* la méthode MRP.

Par contre, il est important de connaître de façon synthétique la charge jalonnée et le planning pour ce projet, via le code affaire.

Au niveau des coûts, l'affaire est également une section analytique sur un axe particulier, et les demandes d'achat sont des pré-engagements, les commandes fournisseurs et les OF sont des engagements. Il est important à ce stade que l'ensemble des objets de gestion relatifs à cette affaire soient bien imputés à la même section analytique.

■ Exécution

Elle se réalise au travers des réceptions et factures fournisseurs, des suivis sur OF et déclarations de production. Le planning est mis à jour automatiquement au travers des outils qui sont utilisés pour la gestion quotidienne. La comptabilité analytique est de même mise à jour.

■ Contrôle

Les états relatifs à l'affaire, les comparatifs entre-temps alloués, temps alloués réalisés et temps passés, entre coûts prévus et coûts comptabilisés, permettent de gérer au plus prêt la suite du projet.

25 • PRODUCTION AU PLUS JUSTE ET PRODUCTION AGILE

Pour terminer le panorama complet de la gestion industrielle, deux concepts, nés aux États-Unis méritent un détour. Il s'agit de la notion d'« *agile production* » qu'on peut (mal) traduire par « production flexible » ou « agile », et de celle de « lean production », littéralement production maigre, en français « production au plus juste ».

25.1 Production au plus juste (lean production)

25.1.1 Introduction

La démarche production au plus juste (ou « lean production ») (figure 25.1) est d'abord une généralisation et extension du Juste-à-temps[1]. Elle se veut une démarche globale visant une qualité élevée et stable, une grande flexibilité, des délais courts et des coûts de revient bas.

Par rapport au Juste-à-temps, cette démarche est beaucoup plus orientée autour des coûts de revient en distinguant d'abord dans le processus de production les opérations apportant de la valeur ajoutée au produit et celles qui n'apportent que des coûts supplémentaires.

1. Et d'origine Toyota ?, disent un certain nombre de conférenciers.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

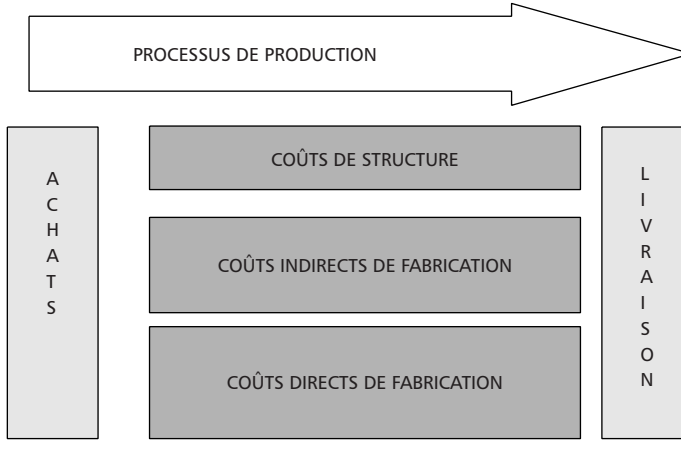


Figure 25.1 – Production au plus juste et coûts.

La démarche consiste alors en l'étude des axes suivants :
1. Étude du processus et standardisation de celui-ci.
2. Élimination des opérations sans valeur ajoutée.
3. Fluidification de la production et augmentation du débit.
4. Optimisation de l'utilisation des équipements (cellules de production et indicateurs de performance[1]).
5. Réduction des dysfonctionnements.
6. Allègement (« lean ») et décloisonnement de l'organisation.

25.1.2 Définition des standards de fabrication

Les voies d'amélioration proposées comprennent :
– la spécification des composants (analyse de la valeur, « design to cost ») ;
– la standardisation des composants, le regroupement des articles en familles et la conception modulaire des produits (voir TGAO)[2] ;

1. Pour les indicateurs de performance, cf. chapitre 21.
2. Cf. section 1.4.1.

– la spécification et standardisation des opérations[1]. Les industriels de la mécanique en particulier précisent l'importance de symboliser le flux sur un diagramme (Flow Chart)[2], de développer les représentations par diagrammes pour l'assemblage.

La simulation en particulier devient un outil important de la définition des processus. En tant qu'outil d'amélioration (kaizen), c'est un outil puissant d'évaluation de la performance, de l'importance du débit, du temps de cycle, des expéditions, des coûts, des goulots d'étranglement dans le processus. Elle permet au responsable concepteur d'évaluer des solutions alternatives.

Elle ne comporte pas en général de programmation spéciale, mais requiert une vision dynamique et non statique du process (donc une interface comportant des animations). Il est souhaitable qu'elle comporte une possibilité d'importer les plans ou mieux les arbres conceptuels de la CAO.

25.1.3 Élimination des opérations sans valeur ajoutée

L'analyse de départ consiste à distinguer au sein du processus quatre types d'opérations :

– Fabrication.
– Contrôle.
– Inspection.
– Stockage.

Les trois dernières n'apportent pas de valeur à l'élaboration du produit mais seulement des coûts supplémentaires.

La démarche tend à la suppression des opérations sans valeur ajoutée en :

– réorganisant les manutentions, les transferts. Le principe est alors d'inciter à la création de cellules ou îlots de fabrication (cf. paragraphe suivant) ;
– diminuant les temps de changement de série (cf. méthode SMED[3]) ;
– diminuant les coûts de non-qualité[4] ;

1. Cf. chapitres 3 et 4.
2. En utilisant les symboles ISO.
3. Cf. chapitre 9 « Juste-à-temps ».
4. Cf. chapitres 7 et 9.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– diminuant les stocks en diminuant les tailles de lot (pour une production à flux tirés)[1], et les cycles de fabrication.

La diminution de coût résultant de l'élimination des opérations n'apportant pas de valeur ajoutée est souvent répertoriée comme un gisement de productivité.

25.1.4 Fluidification de la production et augmentation du débit

■ Définition

L'initialisation de cette phase consiste en un diagnostic.

La première variable est le « takt time ». Le « takt » est la traduction allemande de la cadence déterminée par la baguette du chef d'orchestre, qui lui permet entre autres de donner le rythme. Le « takt time » est la vitesse à laquelle les pièces doivent être produites pour satisfaire la demande client.

Pour le calculer :

– déterminer la cadence journalière nécessaire pour l'article concerné ;
– déterminer le temps de travail de la journée (généralement en minutes) ;
– diviser le nombre de minutes disponibles par le nombre de produits.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Temps disponible pour la fabrication}}{\text{Volume (en nb unités) de production requis}}$$

Le « takt time » est alors l'objectif à atteindre pour satisfaire la demande client.

La deuxième variable est le temps de cycle ou temps minimum requis pour un cycle global de production. Ce temps est mesuré directement dans l'atelier.

Quand on mesure ce temps, on doit mesurer à la fois le cycle total pour chaque opérateur (le temps entre le début et la fin de l'opération) et le temps de chaque opération en proportion dans la construction du cycle complet. Le cycle ne pourra pas être diminué si on ne comprend pas en détail ce qui le constitue et souvent il est possible de modifier la gamme

1. Cf. chapitre 13.

pour en redistribuer certaines opérations. Une fois ces observations faites, il est important de les modéliser sous forme graphique (histogramme des temps par opérations en général) (figure 25.2).

■ Exemple

Supposons une journée de 7 heures soit 420 minutes et un débit requis de 210 pièces par jour. Le « takt time » est alors de 420/210 = 2 minutes.

Six opérateurs produisent une pièce toutes les 2 minutes et la répartition de leur travail est la suivante.

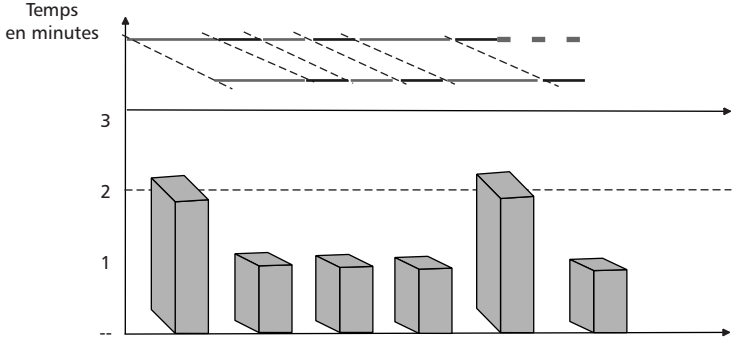


Figure 25.2 – Équilibrage des opérateurs dans un îlot de production.

Les pièces sont produites au rythme du plus lent des opérateurs, donc on obtient une pièce toutes les 2 minutes mais le cycle global d'une pièce est d'au total 8 minutes (temps de travail des six opérateurs).

On peut analyser le temps perdu et tenter de réduire le cycle total de 8 à 6 minutes. Si cela est possible, on divise le nouveau cycle par le « takt time ». Trois opérateurs seraient alors suffisants et l'histogramme des temps opératoires serait alors celui de la figure 25.3.

Ceci entraîne bien évidemment des modifications dans le processus de production et la gamme associée. Les capacités des opérateurs libérés sont alors réemployées sur des tâches à valeur ajoutée. Entre l'idéal (trois

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

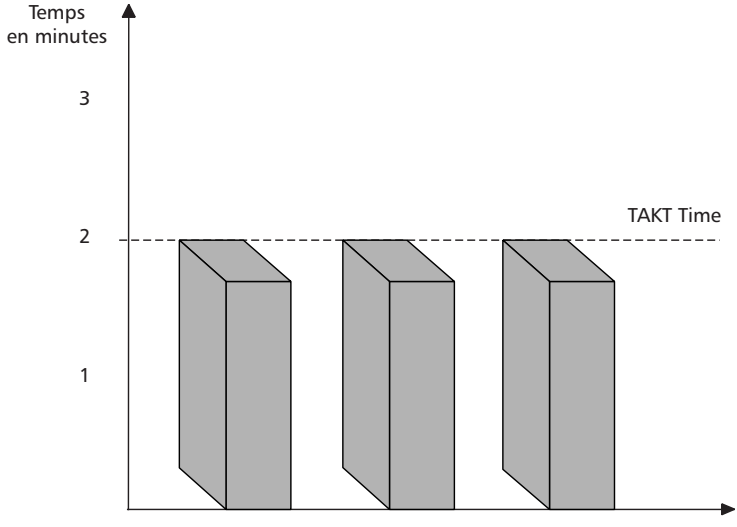


Figure 25.3 – Nombre de « takt-times » nécessaires pour le cycle.

opérateurs) et la situation initiale (cinq opérateurs), une première action d'amélioration consiste à arriver à quatre opérateurs.

Il va de soi que ce genre de technique ne peut être appliqué que dans un contexte déjà rodé aux pré-requis du Juste-à-temps et de la production par l'aval[1]. Cette technique concerne des ateliers à fabrication discrète en quantité régulière et quotidienne (assemblage à la commande, fabrication pour stock mais pas fabrication ou conception à la commande).

25.1.5 Cellules de production

La production traditionnelle raisonne sur le mode :

un homme = une machine = une cadence

1. Cf. chapitres 9 et 13.

La production au plus juste à la fois pour réduire les transferts, les manutentions, diminuer les surfaces de stockage, faciliter le flux et responsabiliser les personnels propose une organisation en îlots ou cellules de production.

Dans les îlots de production[1] les personnels, les équipements, les processus sont organisés dans des espaces fermés (les cellules). Le produit reste durant tout le process à l'intérieur de l'aire de production au lieu d'être transporté de place en place. La plupart du temps, les cellules sont implantées en U, et leur implantation doit être propice à la simplification de l'arrivée et de la sortie des produits. Le but de l'organisation de la cellule est d'abord l'efficacité du nombre de produits sortis plutôt que celle de tel ou tel poste à l'intérieur de cette cellule.

Les en-cours de production sont alors « stockés » en entrée et en sortie des îlots de production et concourent à la diminution globale des stocks.

À l'intérieur des cellules, le process est organisé de façon à charger les opérateurs de manière équivalente afin d'augmenter le débit de production (notion d'équilibrage des postes de travail).

En termes de résultat, l'implantation en cellules (figure 25.4) doit permettre d'obtenir[2] :

– des gains de l'ordre de 50 à 70 % sur le cycle de production ;
– des expéditions régulières et quotidiennes plutôt qu'un accroissement du flux en fin de mois ;
– une réduction des stocks et en-cours (de l'ordre de 50 %) ;
– la possibilité de facturer les clients de manière quotidienne plutôt qu'en fin de mois (diminution du besoin en fonds de roulement) ;
– une réduction importante des heures indirectes (de l'ordre de 50 %) ;
– un gain de productivité en heures directes pour le même résultat (de l'ordre de 10 %) ;
– un accroissement de la capacité disponible (en général 40 à 50 %) ;
– un accroissement du résultat de l'ordre de 20 à 25 %[3] ;

1. On parle aussi de ZAP (zones autonomes de production), équipes autonomes, unités élémentaires de travail…
2. D'après les expériences relatées tant aux États-Unis qu'en France de 1997 à 1999.
3. Source : International Lean Manufacturing Conference, 16 mai 1997, Jerry W. Hoskins, Manufacturing Engineering, Inc.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

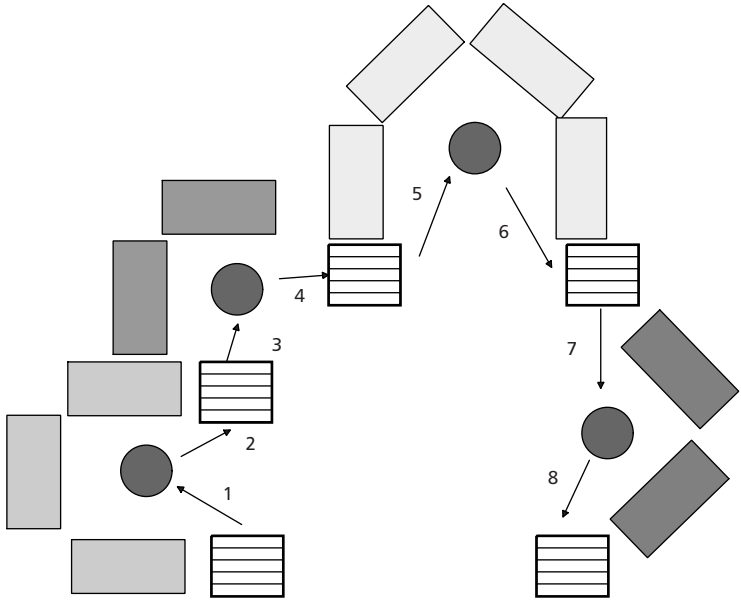


Figure 25.4 – Implantation de cellules de production.

Exemple

Au-delà des exemples des consultants toujours un peu prosélytes, notons parmi d'autres le doublement du CA entre 1991 et 1999 d'une usine d'un équipementier automobile de la région lyonnaise (converti dans l'intervalle à ce système de production) sans agrandissement des locaux.

À propos de l'implantation des machines en cellules, on peut noter la remarque de Philip Marris[1] : « Si l'on reste dans le cadre d'une analyse comptable traditionnelle, il sera impossible de justifier les investissements nécessaires pour passer de l'implantation taylorienne à celle en cellule.

1. *Le management par les contraintes en gestion industrielle*, Philip Marris, Les Éditions d'Organisation, page 239.

En effet, les seuls bénéfices reconnus seront quelques économies du côté de l'effectif de manutentionnaires ainsi qu'une légère diminution des frais financiers découlant de la réduction des stocks. En somme, si l'organisation en cellules a fait ses preuves, il n'existe pas de raisonnement détaillé et rigoureux et on est obligé de l'aborder de manière qualitative. Il est impossible de choisir entre deux solutions ayant des coûts, des capacités et des performances différents autrement que par un genre d'acte de foi ».

À cette implantation physique correspond un rôle différent de l'équipe de production, qu'on peut schématiser ainsi.

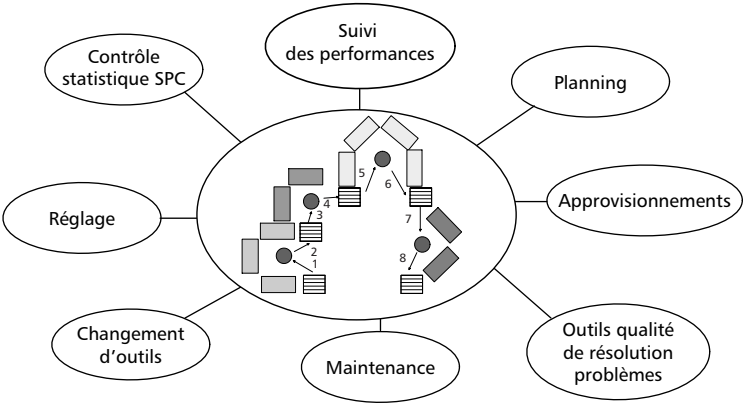


Figure 25.5 – Rôle de l'équipe autonome dans un îlot de production.

Le rôle de l'opérateur de production est alors transformé :

– il est responsable du segment de process et de la conduite des automatismes présents dans la cellule de production ;

– il effectue des tâches plus complexes et moins répétitives ;

– sa polyvalence a été augmentée dans la phase de formation préalable à la création des cellules de production. Les qualifiants principaux relatifs à ses tâches sont responsabilité et autonomie ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

– les tâches qui ne correspondent pas directement à un accroissement de la valeur ajoutée ont été transférées sur des services périphériques (méthodes, contrôle, maintenance de premier niveau, contrôle).

25.1.6 Réduction des dysfonctionnements

On y retrouve les « recettes » du Juste-à-temps décrites au chapitre 9.

25.1.7 Allègement (« lean ») et décloisonnement de l'organisation

En termes généraux d'organisation, les principes adoptés ci-dessus se conjuguent à :

– une réduction des tâches administratives, et une compression des frais généraux;
– une diminution du nombre de niveaux hiérarchiques;
– un travail orienté vers la notion d'équipe et celle de projet;
– l'injonction de se rappeler que la valeur ajoutée est créée dans les ateliers. Les autres services de l'entreprise doivent donc considérer que les ateliers sont leurs clients et qu'ils sont à leur service.

25.2 Production agile ou flexible (Agile Manufacturing)

Le mouvement « Agile Manufacturing » est issu des acteurs de l'industrie automobile japonaise et américaine et peut s'exprimer par le manifeste « Manufacturing 21 »[1] dont les neuf objectifs sont :

1. casser la dépendance entre échelle et économies d'échelle;
2. produire des véhicules en petit volumes à un coût raisonnable;
3. garantir la livraison d'une voiture en 3 jours;
4. remplacer les usines par des ateliers de montages situés près des clients finaux;

1. Ou production du XXI^{e} siècle.

5. être capable d'utiliser les mêmes composants dans différentes configurations ;
6. faire en sorte que le travail soit stimulant ;
7. transformer le consommateur (« consumer ») en membre actif (« prosumer ») : signifie par exemple que le client est un acteur du process en configurant les variantes et options de sa voiture lorsqu'il passe sa commande chez le garagiste ;
8. augmenter le débit des commandes et établir une véritable relation avec le client final ;
9. gérer le volume des données de gestion issues du système de production et être capable de les analyser rapidement et efficacement (traçabilité).

Pour illustrer cette évolution[1], on décrit l'organisation de la production par les caractéristiques des différentes étapes menant vers la production flexible :

■ Production traditionnelle

– Systèmes complexes.
– Organisation par départements, implantation par fonctions.
– Pas d'implication des employés.
– Opacité du contrôle de gestion.
– Niveau de stocks élevé.
– Manque de stratégie.
– Retards de livraison.
– Cycles de production importants.
– Manque de fiabilité des procédures.
– Vérification de la conformité par test d'échantillon statistique.
– Focalisation sur les fin de mois.

1. Voir en particulier Brian H. Maskell, *Software and the Agile Manufacturer,* Productivity Press, 1994 et *Performance Measurement for World Class Manufacturing : A Model for American Companies*, Productivity Press, 1994 ainsi que différentes conférences, 1996-1999.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Production contrôlée

– Utilisation d'un système ERP ou MRP 2.
– Amélioration du service client.
– Réduction du niveau de stocks de 10 à 25 %.
– Baisse des coûts de production.
– Augmentation de la flexibilité.
– Meilleure efficacité du pilotage de l'atelier.
– Planification des tâches.
– Amélioration de la communication.

■ Production au plus juste

– Production au plus juste.
– Juste-à-temps.
– Qualité totale.
– Abaissement significatif des coûts.
– Plus de responsabilité.
– Profitabilité sur le long terme.
– Gains de productivité.
– « Time to market ».
– Zéro défaut.
– Inventaires tournants.

■ Production flexible (« Agile Manufacturing »)

– Intérêt du client.
– Compétitivité par la coopération.
– Organisation en vue du changement et de l'incertitude.
– Prise en considération des personnels et information.
– Haut degré de flexibilité pour le client.
– Intégration de la flexibilité dans le processus.
– Personnel de fabrication bien formé et entraîné.
– Structures d'encadrement flexibles.
– Entreprises virtuelles.

Dans la pratique, cette philosophie doit trouver sa traduction non seulement dans l'organisation des ateliers mais aussi dans la conception et l'utilisation des différentes fonctions des progiciels intégrés de gestion. La difficulté de mise en place et la rigidité ont fait l'objet de vives critiques à l'égard de la première génération d'ERP à la fin des années 1990.

ANNEXES MATHÉMATIQUES

Les mathématiques ont été utilisées dans cet aide-mémoire avec parcimonie eu égard à leur importance réelle dans la transmission de la compréhension des phénomènes observés. Citons à ce propos Alan Selby et son livre *Three Skills For Algebra*[1].

« Le premier service que les mathématiques rendent aux autres disciplines consiste à fournir des descriptions de calculs qui peuvent être faits et répétés aussi souvent que nécessaire. Différents calculs ou mesures peuvent donner les mêmes résultats, en accord avec les règles et propriétés que définit l'arithmétique. On aura recours à un système de notation pour décrire ces règles. Cette codification joue donc ici un deuxième rôle. Un calcul peut en remplacer un autre, lorsque les deux donnent le même résultat. Cette notion de substitution permet d'obtenir le même résultat à partir de différents calculs et de décrire ces divers calculs. »

A Suites et séries

A.1 Suites

■ Définitions

On appelle suite toute fonction de l'ensemble des nombres naturels **N** dans un ensemble E (qui est le plus souvent l'ensemble **R** des réels).

1. *Three Skills For Algebra*, Alan Selby, 1995.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On peut écrire :

$$n \to f(n) = U_n$$

ou plus simplement $(U_1, U_2, \ldots U_n)$ ou encore (U_n).
On dit que :
– (U_n) est **constante** si $\forall\ n$, $(U_n = U_{n+1})$;
– (U_n) est **croissante** si $\forall\ n$, $(U_n \leq U_{n+1})$;
– (U_n) est **strictement croissante** si $\forall\ n$, $(U_n < U_{n+1})$;
– idem pour les suites **décroissantes**.
– (U_n) est **majorée** (respectivement **minorée**) s'il existe une borne supérieure (respectivement inférieure) à l'ensemble des images de la suite.
– Une suite majorée et minorée est dite **bornée**.

■ Suite arithmétique et suite géométrique

□ Suite arithmétique

On appelle **suite arithmétique** de **raison** « r », une suite du type :

$$\boldsymbol{U_{n+1} = U_n + r}$$

– Si U_0 est alors le premier terme de la suite, on aura : $U_n = U_0 + nr$.
– Si U_1 est le premier terme de la suite, on aura : $U_n = U_1 + (n - 1)r$.

□ Suite géométrique

On appelle **suite géométrique** de **raison** « q » une suite du type :

$$\boldsymbol{U_{n+1} = q\ U_n}\ (q \text{ est un nombre réel})$$

– Si U_0 est alors le premier terme de la suite, on aura : $U_n = q^n U_0$.
– Si U_1 est le premier terme de la suite, on aura : $U_n = q^{n-1} U_1$.

■ Convergence

Les suites qui tendent vers un nombre réel bien défini lorsque l'indice croît sont dites **convergentes** (par exemple, $(1/n)$ tend vers 0 lorsque n croît). Une suite non convergente est dite **divergente**.

Propriétés

1. Toute suite possède au plus une valeur limite ;
2. Si U_n est une suite croissante majorée, alors U_n converge. Si U_n est une suite décroissante minorée, alors U_n converge ;
3. Si U_n converge vers ℓ et si f est continue en ℓ, alors $\ell = f(\ell)$ est un point fixe de f ;
4. Soit f_n une suite de fonctions à valeurs réelles (ou complexes) définies sur une partie A d'un espace vectoriel normé E. Une suite de fonctions f_n converge sur A vers une fonction f si et seulement si :

$$f(x) = \lim_{n \to \infty} f_n(x)$$

■ Suites récurrentes

Soit f une fonction de **R** dans **R**. On appelle suite récurrente la suite définie par la relation de récurrence :

$$U_{n+1} = f(U_n)$$

A.2 Séries

La Somme S_n des « n » premiers termes d'une suite (U_n) s'appelle **série finie**.

$$S_n = \sum_{i=1}^{n} U_i = U_1 + U_2 + \ldots U_n$$

Si on choisit une suite infinie (U_n) alors la somme n'est pas définie algébriquement, car le nombre de termes est infini.
Le plus simple est alors de définir la série en utilisant les propriétés de récurrence par :

$$S_n = U_1 \text{ et } S_{n+1} = S_n + U_{n+1}$$

■ Séries convergentes

Pour que la série (S_n) soit convergente, une condition nécessaire (mais non suffisante) est que la suite (U_n) converge vers 0.
Une série à termes positifs converge si et seulement si elle est majorée.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Exemple :

La série $S_n = \sum \frac{1}{\nu!}$ converge car :

$$S_n \leq 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \ldots + \frac{1}{2^{n-1}} < 2 \quad \forall\, n$$

■ Séries alternées

Si la suite (U_n) est une suite de termes alternativement positifs et négatifs alors la série correspondante est dite **alternée**.
Une série alternée converge si $(|U_n|)$ décroît et tend vers zéro.

■ Rayon de convergence

Si une série entière converge ailleurs qu'en zéro mais ne converge pas sur l'ensemble de toutes les valeurs réelles (**R**), alors il existe un réel $r > 0$ tel que la série converge pour tout $|x| < r$ et diverge pour tout $|x| > r$.
On peut prouver que :

$$r = \frac{1}{\lim \sqrt[n]{|U_n|}}$$

r s'appelle **le rayon de convergence** de la série et $]-r, +r[$ l'intervalle de convergence. Certaines séries sont convergentes et d'autres divergentes pour la valeur $x = \pm r$.
Les suites et les séries sont largement utilisées en analyse numérique pour les approximations de fonctions à valeurs complexes suivant en cela le théorème de Weierstrass (« toute fonction à valeurs complexes continue sur un segment est limite uniforme d'une suite de fonctions polynomiales »).

B Probabilités et analyse statistique

B.1 Définitions élémentaires

Soit E un ensemble de n éléments (ou données) : $E = \{X_1, X_2, \ldots X_n\}$ appelé également **population**[1]. Le cardinal de E est n.

1. Voir annexe D « éléments de théorie des ensembles ».

Pour chaque ensemble, une caractéristique est :
– **quantitative** si le caractère ne prend que des valeurs numériques (par exemple une quantité en stock) ;
– **qualitative** si elle ne prend pas de valeurs numériques (par exemple Oui ou Non) ;

Une variable est dite :
– **discrète** si elle ne prend que des valeurs isolées (par exemple des valeurs entières) ;
– **continue** si elle peut prendre toutes les valeurs d'un intervalle (par exemple l'ensemble **R**).

L'**effectif** est le nombre d'individus concernés par une valeur du caractère.
La **fréquence** est le quotient de l'effectif de la valeur du caractère par l'effectif total.

Exemple

On effectue 30 mesures. L'effectif total est égal à 30.
Sur ces 30 mesures, 12 ont pour résultat la valeur 1,45.
12 est donc l'effectif des éléments dont le caractère « valeur de la mesure » est égal à 1,45 (caractéristique quantitative).
La fréquence associée à cette valeur particulière du caractère choisi est : 12/30.

Ces notions sont en particulier utilisées en gestion de la qualité ou en gestion de stock

B.2 Moyenne, médiane et mode

■ Moyenne

La moyenne est une valeur caractéristique représentative d'un ensemble de données. On peut définir plusieurs types de moyenne.

□ Moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique ou moyenne $\overline{X}$ (on lit X barre) est égale à :

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

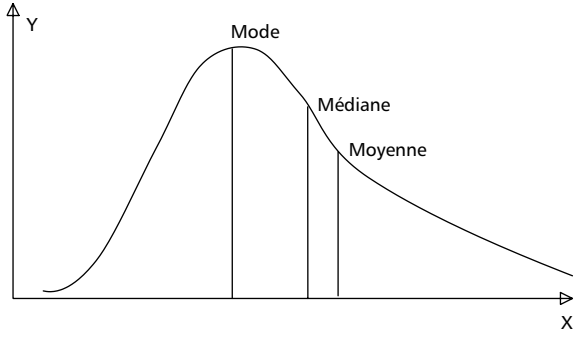


Figure B.1 – Moyenne, médiane et mode.

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + \ldots X_n}{n} = \frac{\sum_1^n X}{n}$$

La moyenne arithmétique peut être pondérée par un coefficient tenant compte de l'importance apportée à chaque valeur :

$$\overline{X} = \frac{a_1 X_1 + a_2 X_2 + \ldots a_n X_n}{n}$$

Exemple

Calcul de la note aux examens en tenant compte des coefficients propres à chaque discipline.

La moyenne arithmétique pondérée est utilisée en gestion de stock, dans les prévisions de vente, dans les optimisations de tournées, etc.

☐ Moyenne géométrique

La moyenne géométrique G d'un ensemble de n nombres (X_1, … X_n) est la racine n-ième du produit de ces nombres.

$$G = \sqrt[n]{X_1 X_2 \ldots X_n}$$

En général, on calcule la moyenne géométrique à l'aide de logarithmes.

■ Médiane

La médiane d'un ensemble de nombres rangés en ordre croissant est la valeur du milieu (si l'ensemble est de cardinal impair) ou la moyenne arithmétique (si l'ensemble est de cardinal pair) des valeurs centrales.

Exemple

E = {3,4,5,**6**,**8**,8,9,10} a pour médiane (6 + 8)/2 = 7.
E = {3,4,5,6,**8**,9,10,11,17) a pour médiane 8.

Géométriquement, la médiane est la valeur de X (abscisse X) correspondant à la verticale qui divise un histogramme en deux parties d'aires égales.

■ Mode

Le mode d'un ensemble de nombres est le nombre que l'on rencontre le plus fréquemment. Le mode peut ne pas exister. Si le mode existe, il peut ne pas être unique.
Le mode est généralement désigné par X*.

Exemple

E = {3,4,5,6,**8**,**8**,9,10} a pour mode 8.

■ Relation empirique entre la moyenne, la médiane et le mode

Pour des courbes modérément asymétriques, on vérifie la relation empirique suivante :

$$(\text{Moyenne} - \text{Mode}) = 3 \times (\text{Moyenne} - \text{Médiane})$$

Dans le cas de courbes symétriques, moyenne, médiane et mode coïncident.

B.3 Dispersion

Un ensemble de données numériques s'étale généralement autour d'une valeur centrale. On appelle cet étalement **dispersion** ou variabilité des

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

données. Les mesures les plus courantes de la dispersion sont l'étendue, l'écart moyen, l'écart type.

■ Étendue

L'étendue d'un ensemble de nombres est la différence entre le plus petit et le plus grand des nombres.

■ Écart moyen ou écart à la moyenne

L'écart moyen ou écart à la moyenne est défini par :

$$\text{Écart moyen} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left| X_j - \overline{X} \right|}{n} = \overline{\left| X_j - \overline{X} \right|}$$

On peut aussi définir l'écart moyen en fonction des écarts absolus à la médiane ou à tout autre indicateur de tendance centrale.

Par rapport à la médiane, l'écart moyen est minimal et donc inférieur à tout indicateur de dispersion.

■ Écart type

On définit **l'écart type** σ d'un ensemble des nombres $X_1, \ldots X_n$ par la racine carrée des écarts à la moyenne c'est-à-dire par :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} (X_j - \overline{X})^2}{n}}$$

L'écart type est aussi la racine carrée de la variance (ou écart quadratique moyen).

B.3 Loi normale ou de Laplace-Gauss

La distribution de probabilité continue la plus courante est la distribution **normale** ou de **Laplace-Gauss**. Une variable aléatoire x suit une

loi normale lorsque sa densité de probabilité est la fonction ρ définie par :

$$\rho(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(X-\overline{X})^2/\sigma^2}$$

avec $\overline{X}$ = moyenne, σ = écart type.

Cette loi est souvent qualifiée de loi du hasard ; elle est très fréquente dans des mesures répétées d'une même grandeur.

La surface totale comprise entre la courbe $Y = \rho(X)$ et l'axe des X vaut 1 : l'aire comprise sous la courbe entre les deux points d'abscisse $X = a$ et $X = b$, avec $a < b$ représente la probabilité pour que X se trouve entre a et b. On écrit $P(a < X < b)$.

Lorsque la variable X est centrée et rapportée à son écart type, $Z = (X - \overline{X})/\sigma$, la fonction de distribution s'écrit sous la forme usuelle suivante.

$$\rho(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}Z^2}$$

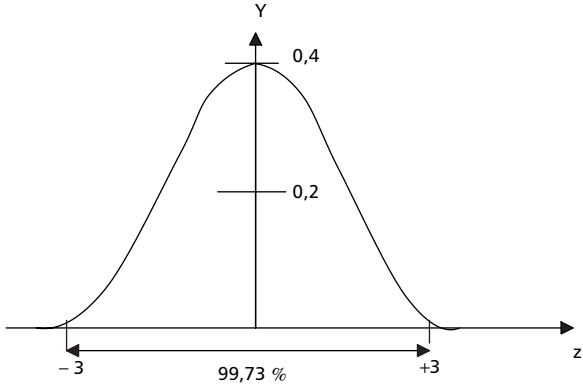


Figure B.2 – Distribution normale ou de Laplace-Gauss.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

On dit alors que z est distribué selon une loi normale centrée réduite de moyenne nulle et de variance 1.
Cette fonction admet l'axe des Z comme asymptote car $\rho(Z) \to 0$ lorsque $Z \to \infty$.
ρ est maximale lorsque la dérivée ρ' est nulle.

$$\rho'(Z) = \frac{-Z}{\sqrt{2\pi}} e^{-1/2Z^2} \Rightarrow Z = 0 \Rightarrow X = \overline{X}$$

et l'ordonnée est alors $Y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \approx 0{,}4$

Pour une distribution normale,
- 68,27 % des cas sont compris entre $\overline{X} - s$ et $\overline{X} + s$ (un écart type de part et d'autre de la moyenne) ;
- 95,45 % des cas sont compris entre $\overline{X} - 2s$ et $\overline{X} + 2s$;
- 99,73 % des cas sont compris entre $\overline{X} - 3s$ et $\overline{X} + 3s$.

C Régression et méthode des moindres carrés

C.1 Position du problème

Dans le monde réel on constate très souvent qu'il existe une relation entre deux ou plusieurs variables (par exemple ; la taille et le poids d'une personne, le volume des ventes et le montant des commissions représentants, le montant de consommation annuelle de composants et la taille des magasins de stockage, etc.). On peut le plus souvent exprimer cette relation sous forme mathématique d'une équation liant les variables.
Un des problèmes en gestion consiste en la détermination de cette fonction.
Dans ce but, on commence par collecter des données et on place ces données sur un repère d'axes rectangulaires. On obtient alors un « nuage de points » ou diagramme de dispersion. À partir de ces points il est sou-

vent possible de trouver une courbe continue approchant les données (on parle de courbe d'ajustement).
Si la courbe ainsi trouvée est une droite, on dit qu'il existe une relation linéaire entre les variables.
Lorsque la fonction n'est pas une droite on parle de relation non linéaire.
Les fonctions suivantes sont classiques :

- $Y = aX + b$ droite
- $Y = aX^2 + bX + cY$ parabole
- $Y = \dfrac{1}{aX + b}$ hyperbole
- $Y = ab^X$ ou $\log(Y) = \log(a) + X\log(b)$ fonction exponentielle
- $Y = aX^b$ ou $\log(Y) = \log(a) + b\log(X)$ fonction puissance

C.2 Méthode de régression linéaire

Si on fait passer une droite à travers un nuage de points, pour chaque point a_i de coordonnées (x_i,y_i) on peut mesurer la distance entre le point ai et le point (x_i,y'_i) de même abscisse x sur la droite.

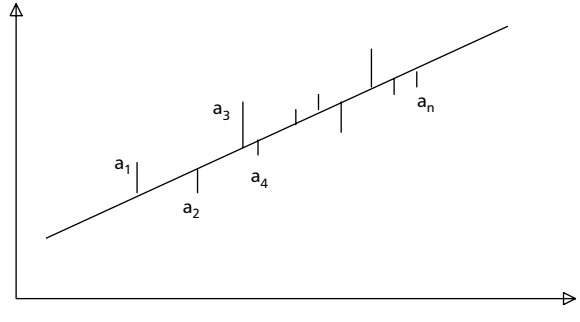


Figure C.1 – Ajustement d'un nuage de points par une droite des moindres carrés.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

La distance $D_i = (y'_i - y_i)$ mesure la différence des ordonnées entre le point constaté et le point issu de la fonction d'ajustement. D_i est appelée écart, erreur ou résidu. Elle peut être positive négative ou nulle.

Puisque D_i peut être négative, la meilleure mesure de la distance minimale consiste à utiliser le carré de cet écart. La droite qui ajuste le mieux le nuage de points sera donc celle qui minimise la somme des carrés des distances à la droite : $(D_1)^2 + (D_2)^2 + \ldots (D_n)^2$. Lorsqu'une courbe vérifie la propriété de minimisation de la somme des carrés des écarts, on dit qu'elle ajuste les données au sens des moindres carrés. S'il la courbe est une droite, on parle de droite des moindres carrés. Mais il peut aussi s'agir par exemple de la parabole des moindres carrés, etc.

C.3 Coefficients de la droite des moindres carrés

Soit n le nombre de points (x,y) pris en compte.

- $y_1 = ax_1 + b$;
- $y_2 = ax_2 + b$;
- …
- $y_n = ax_n + b$.

Si $y = ax + b$, on détermine a et b en résolvant les équations suivantes, dites équations normales de la droite des moindres carrés.

$$\begin{cases} \sum y = nb + a\sum x \\ \sum xy = b\sum x + a\sum x^2 \end{cases}$$

On obtient alors :

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \text{ et } b = \frac{\sum y - a\sum x}{n}$$

La droite passe par le point $(\bar{x}, \bar{y})$ appelé barycentre ou centre de gravité du nuage de points.

Cette méthode est utilisée en particulier dans le cadre des prévisions de vente par extrapolation, du *statistic process control* appliqué en gestion de la qualité, etc.

D Éléments de théorie des ensembles

D.1 Ensemble

Un **ensemble** est une collection d'objets déterminés et distincts ayant une caractéristique commune (propriété définissante), appelés **éléments** de cet ensemble.

Le nombre d'éléments de l'ensemble est le cardinal de l'ensemble.

On distinguera entre autres les types d'ensembles suivants :

– **ensemble dénombrable** : ensemble qui comprend autant d'éléments qu'une partie de l'ensemble des nombres naturels ;
– **ensemble de nombres** : ensemble dont tous les éléments sont des nombres. On distingue entre autres les ensembles de nombres complexes **C**, réels **R**, rationnels **Z**, décimaux **D**, entiers **Q** et naturels **N** ;
– **ensemble fini** : ensemble dont le cardinal est un nombre naturel. Les ensembles finis peuvent être décrits en décrivant tous leurs éléments, généralement entre accolades (par exemple, semaine = {lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche}) ;
– **ensemble infini** : ensemble dont le cardinal n'est pas un nombre naturel ;
– **ensemble ordonné** : ensemble dans lequel on a défini une relation d'ordre total ;
– **référentiel** ou ensemble **univers** : dans le cadre d'une théorie ou d'un problème, ensemble de tous les éléments considérés ;
– **solution** : ensemble des valeurs qui vérifient une équation ou une inéquation ;
– **ensemble vide** : ensemble qui ne contient aucun élément. Il est symbolisé par $\varnothing$;

Des ensembles quelconques peuvent être décrits par des propriétés caractéristiques : On écrit alors de manière simplifiée $\{x \mid E(x)\}$, pour l'ensemble des x vérifiant $E(x)$.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

Ceci signifie alors que :

$$y \in \{x \mid \mathrm{E}(x)\} \text{ si et seulement si } \mathrm{E}(y) \text{ est vrai.}$$

■ Ensembles égaux

Deux ensembles sont dits **égaux** si et seulement si ils contiennent exactement les mêmes éléments. On peut alors écrire :

$$\mathrm{A} = \mathrm{B} \Leftrightarrow \forall\, x\, (x \in \mathrm{A} \Leftrightarrow x \in \mathrm{B})$$

L'ordre des éléments n'a donc aucune importance. La relation d'égalité entre les ensembles est une relation d'équivalence.

■ Sous ensemble

Un sous-ensemble A est un ensemble dont tous les éléments appartiennent à l'ensemble E.
On écrit alors :

$$\mathrm{A} \subseteq \mathrm{E} \Leftrightarrow \forall x\, (x \in \mathrm{A} \Rightarrow x \in \mathrm{E})$$

■ Représentation d'un ensemble

On peut représenter un ensemble sous forme de points d'un plan entourés d'un cercle ou de toute autre courbe fermée (représentation d'Euler ou diagramme de Venn).

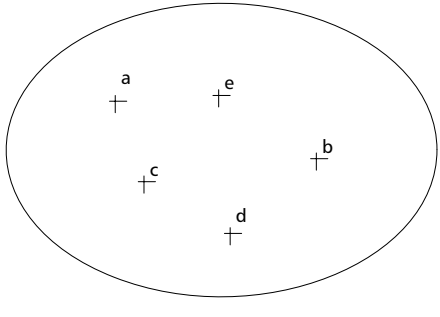


Figure D.1 – Diagramme de Venn.

D.2 Opérations algébriques sur les ensembles

Les opérations algébriques sur les ensembles sont d'une grande importance pour la manipulation des données de gestion.
Ainsi l'intersection et la réunion sont des propriétés commutatives, associatives et distributives.

■ Soustraction

A \ B se lit A moins B. Cet ensemble contient tous les éléments de A qui ne sont pas éléments de B.
Si A $\tilde{O}$ E alors E \ A est appelé le **complémentaire** de A dans E.

■ Réunion

A $\cup$ B est la réunion des ensembles A et B, c'est à dire de tous les éléments qui appartiennent à A ou à B.

Attention

Le « ou » utilisé n'est pas le « ou » du langage courant :
Dans la langue française le terme « ou » possède deux sens différents ; il peut signifier soit l'un, soit l'autre (c'est le « ou » inclusif) mais aussi soit l'un, soit l'autre, mais pas les deux simultanément (c'est le « ou » exclusif).
En mathématiques, le « ou » est inclusif.

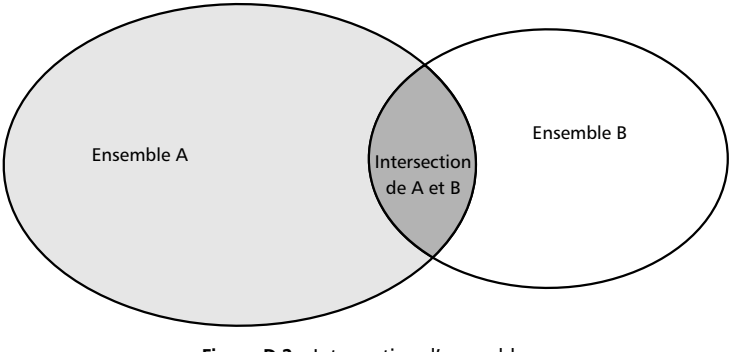


Figure D.2 – Intersection d'ensembles.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit.

■ Intersection

A ∩ B est l'intersection des ensembles A et B. Il contient tous les éléments qui appartiennent **à la fois** à A **et** à B.
Si A ∩ B = ∅ on dit alors que les ensembles A et B sont disjoints.

D.3 Algèbre de Codd (1970)

C'est un ensemble de concepts pour formaliser la description d'articles de fichiers non organisés, utilisant les propriétés de la théorie des ensembles.

■ Produit cartésien

Le produit cartésien $D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$ est l'ensemble des t-uplets ou n-uplets tels que :

$$<V_1, V_2, \ldots V_n> \text{ avec } V_i \in D_i$$

Exemple

D_1 = {article A, article B, article C}
D_2 = {magasin 1, magasin 2}

$D_1 \times D_2$ =	
article A	magasin 1
article A	magasin 2
article B	magasin 1
article B	magasin 2
article C	magasin 1
article C	magasin 2

Une relation est un sous-ensemble d'un produit cartésien d'une liste d'ensembles ou domaines. Une relation est caractérisée par un nom.

Adaptée au stockage des données (notion de table), une relation est une table à deux dimensions, dans laquelle une ligne est un ensemble de colonnes. Un nom est associé à chaque colonne afin de la repérer indépendamment de son numéro d'ordre.

Exemple : relation « articles stockés »

Article	N° de magasin	Qté en stock
A	1	10
B	1	35
B	2	27
C	2	04

■ Clé

La clé est le groupe d'attributs minimum qui détermine un t-uplet unique dans une relation. Dans l'exemple précédent le couple (article, numéro de magasin) sera la clé.

Les lignes ci-dessus peuvent servir d'introduction aux notions décrites en informatique par le langage SQL servant à la définition, au stockage et la manipulation des données.

INDEX ALPHABÉTIQUE

A

ABC (analyse) 170, 171
achats 217
activités (ABM)
  management basé sur les 466
Activity based costing (ABC) 462
affaire 495
affectation 313
  des coûts 454
allotement 240
AMDEC 136
andon 188
approvisionnements 218
article
  de prestation 32, 221
  de substitution 42
  fantôme 46
  type 4
assortiment 53
autonomation 188
avis d'expédition 234

B

besoins
  aléatoires 336
  bruts 337, 346
  dépendants 336
  externes 336
  indépendants 336
  induits 336
  informations en sortie 355
  internes 336
  nets 352
  projets d'OF ou OA 342
  souplesse 354
  traçabilité des 355
bon de planning 381
bon de sortie matières 381
bon de travail 381

C

calendrier 63
capabilité 139
capacité finie 65, 386
capacité infinie 65, 386
carte de contrôle 139
cas d'emploi 46
casier 158
Cegos 453
cellules 110
  de production 504
certificat d'analyse 438
CGI
  code général des impôts 151
chaînons (méthode des) 118
charge
  directe 451
  fixe 450
  indirecte 451
  maîtrisée 461

non maîtrisée 461
variable 450
chemin critique 378, 487
chevauchement 88
5M 134
clé de répartition 451, 455
coassemblage 270
codification 21
codification article 21
coefficient d'emploi 65
commande
client 348
fournisseur 223, 351
interne 363
ouverte 224
composant 37
composé 37
concédé 125
configurateur 43
conteneur 186, 252, 255
capacité du 256
contrainte 479
contraintes (théorie des) ou TOC 192
contremarque (article en) 218
contribution 459
cotraitance 269
coupe 14
coût
achat 314
complet 453
direct 451
indirect 451
lancement 314
possession 315
première acquisition 314
rupture 315
standard 176
variable 459
CPM (Critical Path Method) 491
critère d'ordonnancement 262, 389
Crolais (Michel) 297
cross-docking 238
CRP (capacity requirement planning) 359
cycle 88, 123, 186
réseau PERT 487

D

date de validité
nomenclature 42
déchets industriels
banals (DIB) 284
spéciaux (DIS) 284
déclaration de production 369
déclaration échanges de biens (DEB) 245
délai
d'un OF 369
dans le MRP 346
proposé 406
demande d'achat 223
démérite 439
dépannage 275
dérogation 145
détérioration entretenue 281
diagramme d'enclenchement 377
différentiation retardée 57
disponibilité 279
double bac 332
DRP (Distribution Resources Planning) 359

E

EAN 13 8
ECR (Efficient Consumer Response) 246
EDI
message 208
segment 208
traducteur 210
emplacement 158
e-procurement 227
état d'avancement 369
étiquette 204

évaluation 295
extrapolation 294

F

fabrication
  à la commande 106
  assemblage à la commande 105
  pour stock 105
famille article 25
fiabilité 278
fiche d'instructions techniques 83
fiche suiveuse 379
FIFO (First in, First out) 177
flexibilité 115
flow shop 107
flux tendu 189
Ford Dickie (H.) 170
formule 52
freinte 166

G

gamme
  en-tête 87
  enveloppe 120
  lignes 94
gamme de fabrication 85
gamme de remplacement 86
gamme-mère 86
Gantt (diagramme de) 91, 377
gisement 158

H

horizon
  de lissage 394
  de planning 394
  gelé 292
  planification 291
  prévision 292

I

identification 3
implantation 114
imputation des coûts 454
Incoterms 243
indicateur
  de processus 430
  de production 429
  de résultat 429
inducteur
  de coût 465
  de performance 430
industrialisation (projet d') 495
inventaire 173
ISO
  9000 146
  14000 287

J

jalon 370
jalonnement
  amont 371
  au plus tard 371
  au plus tôt 371
  aval 371
  avec chevauchement début-début 89
  avec chevauchement fin-fin 89
  enchaîné 90
  marge de sécurité pour chevauchement 93
  parallèle 90
  progressif 371
  régressif 371
  successeur 89
JAT 181
jikoda 188
job shop 110
jugement d'allure 80
Just in Time 181

K

kanban
  générique 254
  spécifique 253
kit 52

L

Lauzel (Pierre) 60
lien (de nomenclature) 37
LIFO (Last In, First Out) 177
lissage en série 388
lissage parallèle 388
liste à servir 381
liste de rupture 324
lot 10
lot d'engagement 256

M

magasin 157
maintenabilité 278
maintenance
  corrective 275
  échelons 277
  prédictive 276
  préventive 276
manquant 339
marché 224
marge
  globale de couverture 459
  libre 480
  particulière 459
  totale 480
  unitaire 459
marquage 200
MEFO (Most Expensive, First Out) 178
MEN (méthode exponentielle normale) 302
MOD (main-d'œuvre directe) 462
mode d'éclatement 349
MOI (main-d'œuvre indirecte) 462
moindres carrés (méthode des) 299, 522
MRP_2 (Manufacturing Resources Planning) 357
MTM (Methods Time Measurement) 80
multimodal 236

N

niveau
  plus bas 41, 352
nomenclature 37

O

OA 340
OPT 192
option 43
ordonnancement
  partie 1 291
  partie 2 335
  partie 3 383
  partie 4 407
ordre d'achat 357
  projet 340
ordre de fabrication 351, 358, 363
  projet 340
Orlicky (principe d') 336
outillage
  article 32
  charge 62

P

par combien (PCB) 29, 229
Pareto (Vilfredo) 170
PCB (par combien) 29, 229
période d'amortissement 303
PERT 479
perte d'engagement 124
PERT-tâches (diagramme) 392
picking 161
plan directeur 304
planning à gouttières 381
plus bas niveau 41, 352
point de commande 321
poka-yoke 188
post-consommation 167
poste
  de charge 59
  de travail 59
ppm (parties par million) 142

pré-consommation 167
prévisions
  mode d'éclatement 349
prix de vente 177
prix moyen pondéré (PMP) 175
procédures (manuel de) 147
production
  agile 508
  au plus juste 499
productivité 429
  gisement (de) 502
programme de production 348
projet d'OF ou d'OA 342

Q

qualité (assurance de la) 146
qualité (manuel) 147

R

RCM (Reliabilility Centered Maintenance) 280
rebut 166
reconstitution du consommé réel (RCR) 247
RECOR (recomplètement consommation réelle) 255
régulateur 154
reliquat 226
remplacement global 47
Renard 304
rendement 429
réparation 275
Rimailho (de) 60
rossignol 155

S

saisonnalité 297
SCM (Supply Chain Management) 211
SCOR (Supply Chain Operations Reference model) 211
section
  auxiliaire 454
  homogène 60
  principale 454
  taux de section 68
série 363
seuil de réapprovisionnement 321
six sigma 142
SMED (Single Minute Exchange Digit) 186
sous par combien (SPC) 229
sous-traitance
  capacité 269
  spécialité 269
SPAO (Suivi de production assisté par ordinateur) 188, 419
splittage 373, 384
SSCC (n° séquentiel de colis) 203
stock
  affecté 313
  coût possession 315
  disponible 311
  dormant 318
  en commande 312
  moyen 169
  réservé 311
  virtuel 312
stocks (méthodes de gestion)
  méthode P 326
  méthode Q 321
supervision d'atelier 420
Supply Chain 211
sûreté de fonctionnement 280

T

tableau de bord 431
takt time 502
taux de couverture 170
taux de rebut
  nomenclature 40
taux de rotation 169
taux de service 317

temps
  alloué prévu 78
  alloué réalisé 78
  opératoire 77
  passé 78
  transfert 81
TFB (taux de fonctionnement brut) 426
TFN (taux de fonctionnement net) 426
TOM (règle) 390
top (de production) 415
TPM (Total Productive Maintenance) 281
TQC (Total Quality Control) 128
traçabilité 200
  besoins 355
  dossier de 381
  sous-traitance 273
Trade Data Element Dictionary 27
trend 294, 300
TRS (taux de rendement synthétique) 427
types de temps 411

U

unité
  d'œuvre 455
  de stockage 27
  de tarification 27
  logistique 29

V

variante promotionnelle 8
variantes 42

W

workflow 144

Z

zéro défaut 183

049685 - (I) - (1,2) - SCM - CHD
Dépôt légal : octobre 2006
Imprimerie CHIRAT - 42540 Saint-Just-la-Pendue
N° 2518

Imprimé en France

AIDE-MÉMOIRE DE L'INGÉNIEUR

François Blondel

GESTION INDUSTRIELLE

2e édition

Cet aide-mémoire est un outil de travail indispensable aux ingénieurs et techniciens d'ordonnancement, gestionnaires de stock, achats et services logistiques, et consultants ERP métier et fonctionnels. Il est organisé en trois parties :

- La partie **Quoi ?** définit précisément les objets (articles, nomenclatures, gammes, etc.) utilisés dans l'entreprise.
- La partie **Comment ?** fournit toutes les définitions et méthodes des différentes fonctions de gestion industrielle (stocks, Juste-à-temps, ECR, maintenance, etc.).
- La partie **Combien ?** donne les moyens de contrôle de gestion et décrit les techniques d'aide à la décision ainsi que leur contexte d'utilisation.

Cette **nouvelle édition** prend en compte les derniers développements de la gestion industrielle, en particulier l'intégration dans les **ERP** de pratiques nouvelles (assurance de la qualité **ISO 9000 version 2000**, comptabilité de gestion, développement durable, etc.).

FRANÇOIS BLONDEL

Centralien de Lyon, est directeur général et cofondateur de la société Kardol, spécialisée dans la conception, l'intégration et la mise en œuvre de progiciels de gestion intégrée (PGI ou ERP) dans les entreprises industrielles. Depuis le création de l'entreprise, il a ainsi encadré ou participé à la mise en place d'environ 250 installations d'ERP.

Il est également professeur associé à l'École centrale de Lyon, responsable des enseignements de gestion industrielle depuis de nombreuses années.

9 782100 496853

L'USINE NOUVELLE

ISBN 2 10 049685 9

www.dunod.com

DUNOD