

# Outils d'analyse de la logistique

par **Alain DUMORTIER**

*Ingénieur de l'École Centrale de Paris*

*Responsable du Plan d'Amélioration de la Productivité des Fournisseurs de PSA*

<b>1. Prise en compte des définitions de la logistique. Enjeux .....</b>	<b>A 9 040 - 2</b>
<b>2. Présentation de l'exemple .....</b>	<b>— 2</b>
<b>3. Définition du système de production .....</b>	<b>— 3</b>
<b>4. Objectifs et objet d'une analyse du fonctionnement logistique .....</b>	<b>— 10</b>
<b>5. Identification du processus de production et analyse logistique des flux physiques .....</b>	<b>— 10</b>
<b>6. Analyse détaillée des flux physiques .....</b>	<b>— 13</b>
<b>7. Identification du processus de programmation .....</b>	<b>— 14</b>
<b>8. Analyse détaillée des flux d'informations .....</b>	<b>— 15</b>
<b>9. Formalisation des résultats de l'analyse logistique .....</b>	<b>— 17</b>
<b>10. Formalisation des conditions de satisfaction du contrat fournisseur-client .....</b>	<b>— 20</b>
<b>11. Assainissement du fonctionnement logistique .....</b>	<b>— 21</b>
<b>12. Mise en œuvre d'une recherche permanente de progrès .....</b>	<b>— 24</b>

**L'**objectif de cet article est, en s'appuyant sur l'exemple d'une usine décrite dans une première partie, de présenter une méthode et des outils utilisables pour l'analyse logistique des flux de matière et d'informations avec pour ambition de connaître puis de maîtriser le fonctionnement logistique d'une entreprise, d'y découvrir des gisements de productivité et de proposer des améliorations aux processus utilisés dans l'entreprise.

# 1. Prise en compte des définitions de la logistique. Enjeux

Parmi les nombreuses définitions de la **logistique**, nous en retiendrons trois pour introduire l'objet et les enjeux de l'**analyse logistique**.

■ **La fonction logistique** réalise une couverture transversale de l'outil industriel dépassant les limites géographiques des usines et des transports, et instituant, sur le circuit des produits, des relations Fournisseurs-Clients.

■ **La fonction logistique** a une fonction d'organisation. Elle recouvre :

- les attributions et la localisation des fabrications ;
- la définition du mode opérationnel de management du système industriel ;
- l'organisation des circuits de transport et de manutention ;
- le choix des caractéristiques d'exécution en commençant par l'interface finale de l'entreprise et de ses clients.

■ **La fonction logistique** a un rôle opérationnel : préparation, déclenchement, coordination et surveillance des opérations relevant de sa compétence.

En conséquence, l'**analyse logistique** doit prendre en compte la totalité de la chaîne de traitements d'informations, qui part de la prise d'ordres des clients jusqu'à sa satisfaction, et la totalité de la chaîne d'activités physiques qui couvre les circuits des produits depuis les matières jusqu'aux produits finis mis à disposition des clients.

Son but est d'apporter une aide à une meilleure organisation des flux, et aussi, de mettre en évidence les mauvaises utilisations des ressources humaines ou matérielles, de décélérer les incohérences ou de situer les aléas de fonctionnement, donc d'être le point de départ de gains de productivité.

L'**analyse logistique** a enfin pour objectif l'optimisation de l'utilisation de la seule ressource non économisable qu'est le temps.

## 2. Présentation de l'exemple

Au cours de cet article, nous nous appuierons sur un même exemple en lui donnant un aspect concret pour le rendre exploitable dans le contexte industriel (figure 1).

Le cas est fictif. Il réunit plusieurs types d'activités pour permettre d'illustrer les aspects multiples et transversaux de la logistique.

L'usine fictive F comporte plusieurs types d'activités :

- une fonderie d'aluminium sous pression avec un équipement de 13 presses d'injection, alimentées par 2 fours de fusion et 1 four de maintien ;
- une zone de parachèvement comportant 2 installations de grenailage et 8 presses mécaniques pour détourer les produits ;
- un atelier d'usinage constitué de centres à commande numérique et de quelques machines spécifiques ;
- un atelier de finition pour :
  - contrôler et conditionner les produits parachévés,
  - assembler des constituants mécaniques.

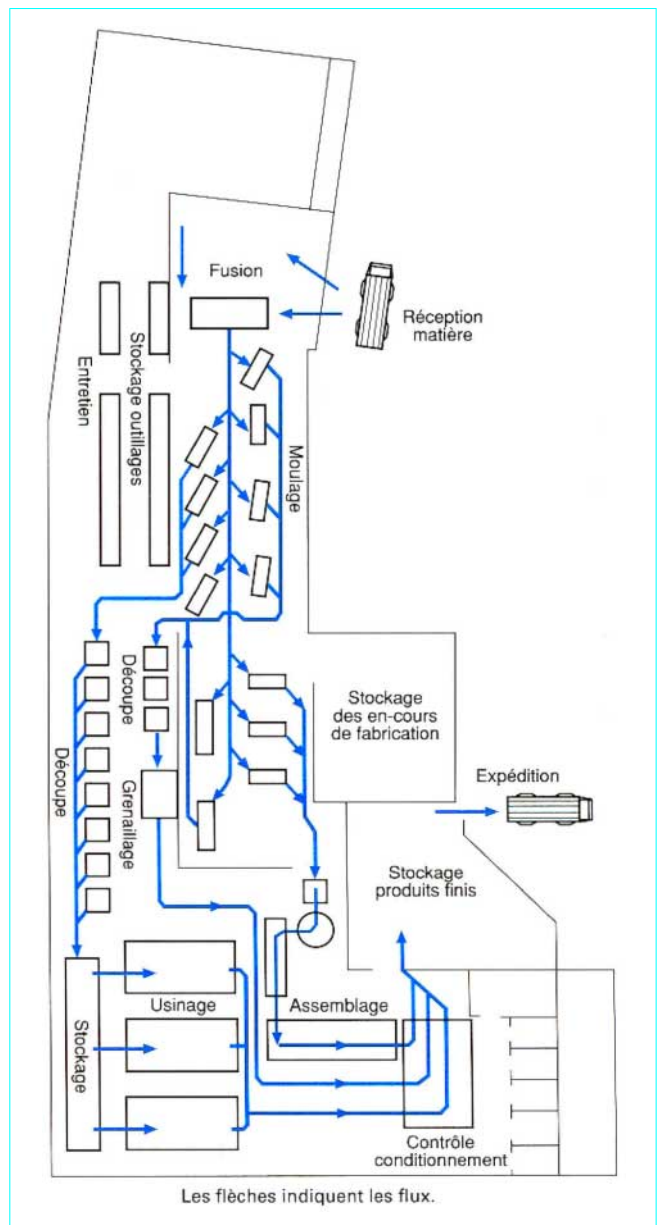


Figure 1 – Plan d'implantation et circuits des flux de l'usine fictive F

La multiplicité de ces activités et la polyvalence des matériels permettent à cette entreprise de fournir plusieurs types de clients avec une large variété de produits :

- des produits de fonderie parachévés sans usinage ;
- des produits de fonderie, usinés ;

— des produits de fonderie usinés, assemblés avec d'autres éléments approvisionnés de l'extérieur, constituant des sous-ensembles terminés.

En particulier pour ces derniers produits, l'entreprise a choisi d'étendre ses activités à la clientèle des constructeurs automobiles pour fournir des sous-ensembles complets comportant une valeur ajoutée plus forte.

La variété de la clientèle conduit l'entreprise à adapter ses comportements en fonction des exigences de chaque client, donc à avoir une organisation flexible.

En effet, nous trouvons 3 grands types de clients :

- les clients des produits assemblés représentant un grand volume de produits très diversifiés ; ceux-ci exigent des produits livrés à fréquence quotidienne pour un volume total globalement stable, mais variable dans le mix, avec préavis de livraison court ;
- les clients des produits de fonderie usinés appelant, à des fréquences allant de l'hebdomadaire au mensuel, des quantités importantes de pièces peu diversifiées avec préavis de livraison de l'ordre de la semaine ;
- des clients de produits de fonderie usinés demandant, ponctuellement, des produits divers avec préavis de livraison, long et négociable, de l'ordre du mois.

## 3. Définition du système de production

L'activité industrielle a pour mission de produire des objets physiques. Le système de production comporte des flux physiques, des modules d'activité physique, des familles de produits physiques, un processus décisionnel et des systèmes d'environnement qu'il convient d'examiner pour pouvoir les décrire complètement.

### 3.1 Flux physiques

#### Exemple

Considérons une famille de produits moulés usinés de l'entreprise F. Ces produits sont d'abord moulés sous forme d'une seule référence dans l'atelier de fonderie, ébavurés sur presse et enfin usinés sur centre d'usinage avec pour résultat 4 références finales.

La ligne de flux physique de cette famille a pour origine la fusion. La référence du produit est créée à la presse d'injection. La ligne de flux parcourt ensuite le stockage des produits, passe par le centre d'usinage. En ce point, la référence du produit se subdivise en 4 sous-références. Le point final de la ligne de flux se trouve pour l'entreprise à l'expédition vers le client. Il peut être considéré pour ce champ d'examen comme point d'extinction de la ligne de flux.

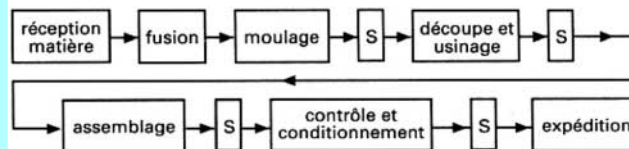
En réalité, les produits de la famille ne disparaissent que dans l'entreprise cliente au point d'assemblage des pièces avec d'autres sous-ensembles pour constituer des produits plus complexes.

Une **ligne de flux physique** est le circuit effectivement parcouru par un produit physique ou une famille de produits au cours de son élaboration. Elle prend en compte toutes les opérations industrielles concernant le produit depuis sa création jusqu'à son extinction.

### 3.2 Module d'activité physique

#### Exemple

Les produits assemblés A ont un circuit très long qui peut se schématiser ainsi :



Chaque rectangle ainsi que les symboles → pour la manutention et S pour le stockage représentent des modules d'activité (figure 2).

Le module activité « découpe-usinage » a une unité opérationnelle composée :

- d'une presse de découpe ;
- de 2 machines d'usinage ;
- du matériel d'extraction des pièces ;
- des moyens de contrôle.

Chaque machine est conduite par un homme réalisant des opérations de prise et de dépose de pièces, de réglage, de contrôle et de conditionnement.

Il est important de remarquer que dans ce module d'activité, des opérations différentes sont pratiquées. Elles sont organisées et gérées par un seul ensemble de gammes et de consignes de fabrication. De plus, à un instant donné, pour un lot de produit donné, toutes ces opérations sont déclenchées par un seul ordre de fabrication. De même, la succession des lots à fabriquer dans ce module est définie par un seul plan de production.

Le **module d'activité physique** est caractérisé par :

- la réalisation d'une ou plusieurs opérations de transformation, de stockage, de manutention ou de transport ;
- des ressources humaines et des ressources matérielles (machines, installations, moyens de transport, etc.) ;
- une capacité de réalisation fonction du dimensionnement des ressources et de l'horaire de travail ;
- des produits affectés : produits en entrée, produits en sortie ;
- des règles et des procédures communes organisant l'ensemble du module d'activité : gamme, consignes de contrôle, répartition des postes de travail, etc. ;
- des ordres de fabrication et des plans de production uniques déclenchant la réalisation des opérations pour la totalité du module et ce pour chaque produit ou lot de produit.

Le mode de fonctionnement du module peut être :

- **continu** : déclenchement spontané d'opérations par l'arrivée du produit en entrée ;
- **discontinu** : dans ce cas, un ordre de déclenchement, éventuellement un ordre d'affectation et, en général, un préavis sont nécessaires à l'exécution de l'opération.

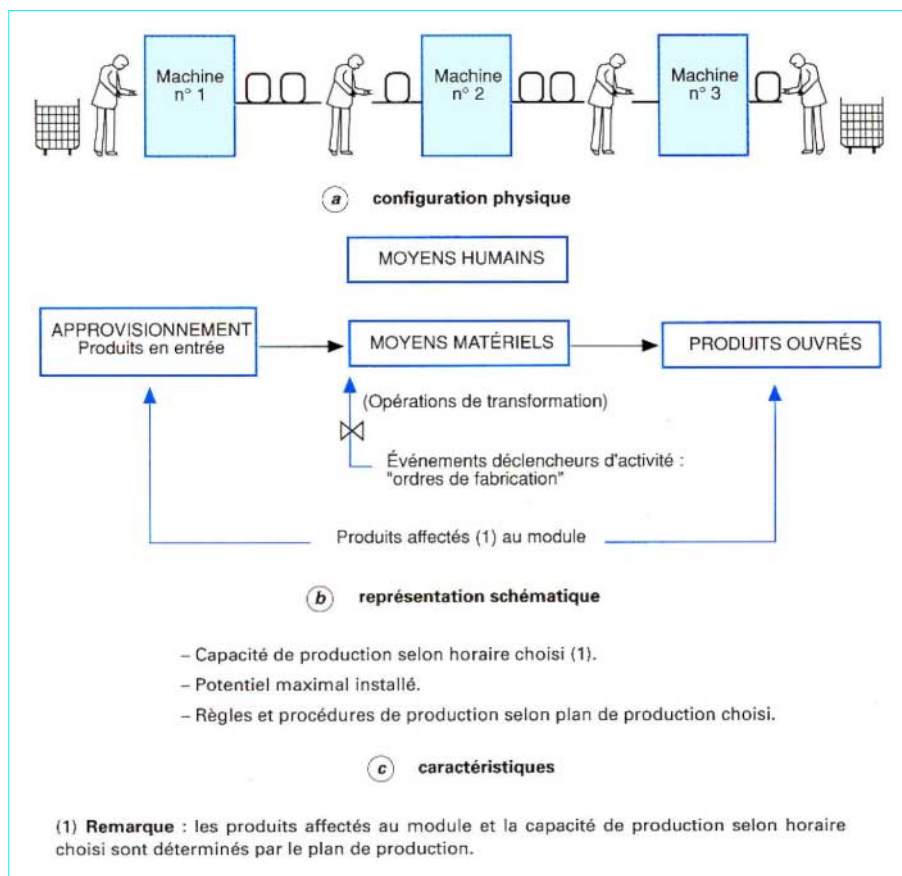


Figure 2 – Module d'activité

#### Exemple

Les presses d'injection ont, pour la plupart d'entre elles, un **fonctionnement discontinu** par campagne de fabrication.

— Un programme hebdomadaire affecte les produits à fabriquer à chaque machine.

— Le chef d'équipe déclenche la fabrication selon le programme et l'état des urgences.

— Le préavis d'exécution du moulage est le temps nécessaire au lancement d'une nouvelle campagne de fabrication : changement des outillages, réglage des paramètres de fabrication, mise au point du procédé.

### 3.3 Familles de produits physiques

On définit une famille de produits physiques comme un ensemble de produits différents ayant une même gamme d'élaboration, un même circuit physique, c'est-à-dire traversant successivement les mêmes modules d'activité.

#### Exemple

La famille des produits A moulés, usinés et assemblés de l'entreprise F.

### 3.4 Processus physique de production

#### Exemple

La figure 3 présente le **processus de production de l'entreprise F**. Il comprend :

- des modules de fabrication : fusion, moulage, usinage, assemblage, etc. ; chaque module est représenté par un rectangle ;
- des modules d'activité de manutention (d'aluminium liquide et de pièces moulées), de réception, d'expédition, etc. ;
- des modules d'activité de stockage.

Ces derniers modules, non représentés, réalisent la manutention et le conditionnement des pièces.

Tous ces modules peuvent être considérés comme traversés par des circuits  $\rightarrow$  de produits qui sont les flux physiques de chaque famille de produits de l'entreprise.

Le **processus physique de production** peut être défini comme l'ensemble organisé des modules d'activité de production, liés entre eux par des échanges de produits physiques, donc traversés par des flux.

Le processus de production est régi par des décisions et des règles caractérisant le processus décisionnel que nous allons analyser dans le paragraphe 3.5.

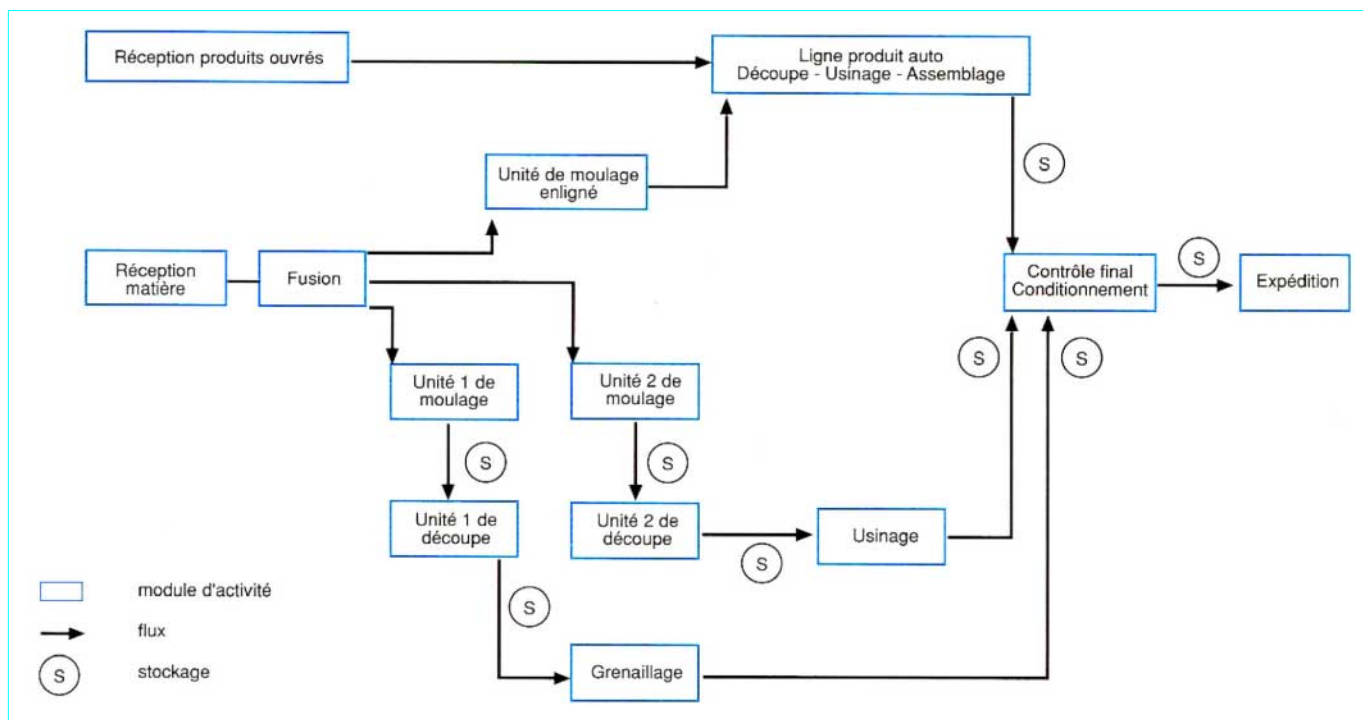


Figure 3 – Processus physique

### 3.5 Processus décisionnel

#### Exemple : processus de programmation décisionnel de l'atelier de moulage (figure 4)

Prenons en considération la partie de cet atelier fonctionnant par campagne de fabrication.

■ **Chaque 20<sup>e</sup> jour du mois**, en fonction des programmes reçus des clients, des carnets de commandes restant à exécuter et de l'état des stocks, un **volume de production pièce par pièce est défini pour le mois suivant**.

Ce programme est utilisé par les responsables de fabrication pour déterminer les charges des machines, les horaires à pratiquer, les effectifs à mettre en place.

Le service d'approvisionnement calcule les quantités de produits à approvisionner, les dates de livraison en tenant compte des objectifs de stocks à respecter.

Le service d'ordonnancement d'atelier réalise un plan de charge prévisionnel de l'atelier (figure 5).

Ce plan détermine, pour chaque machine, les pièces affectées, jour par jour, les quantités à fabriquer, les durées de chaque campagne.

Il est complété des arrêts de fabrication programmés pour entretien préventif.

Par ailleurs, le nombre de machines affectées à la production en continu des pièces usinées et assemblées pour l'automobile est confirmé.

Le chef d'atelier porte, sur le plan de charge prévisionnel, le nombre et les noms des personnes affectées à chaque équipe de production.

■ **Chaque jeudi**, pour la semaine suivante, le responsable de l'ordonnancement organise une réunion de production ayant pour objet de définir le **plan de production** (figure 5).

Pour cela, il utilise :

- les dernières informations reçues des clients (les derniers ordres de livraison, les relances, les programmes prévisionnels à jour) ;
- l'état des stocks, des avances et des retards de livraison.

Le plan de production définit, pour chaque machine, les campagnes de fabrication par machine, par jour et par heure (pièces à fabriquer, quantités). Il confirme également l'affectation du personnel dans les différentes équipes de travail et son placement sur les machines de production.

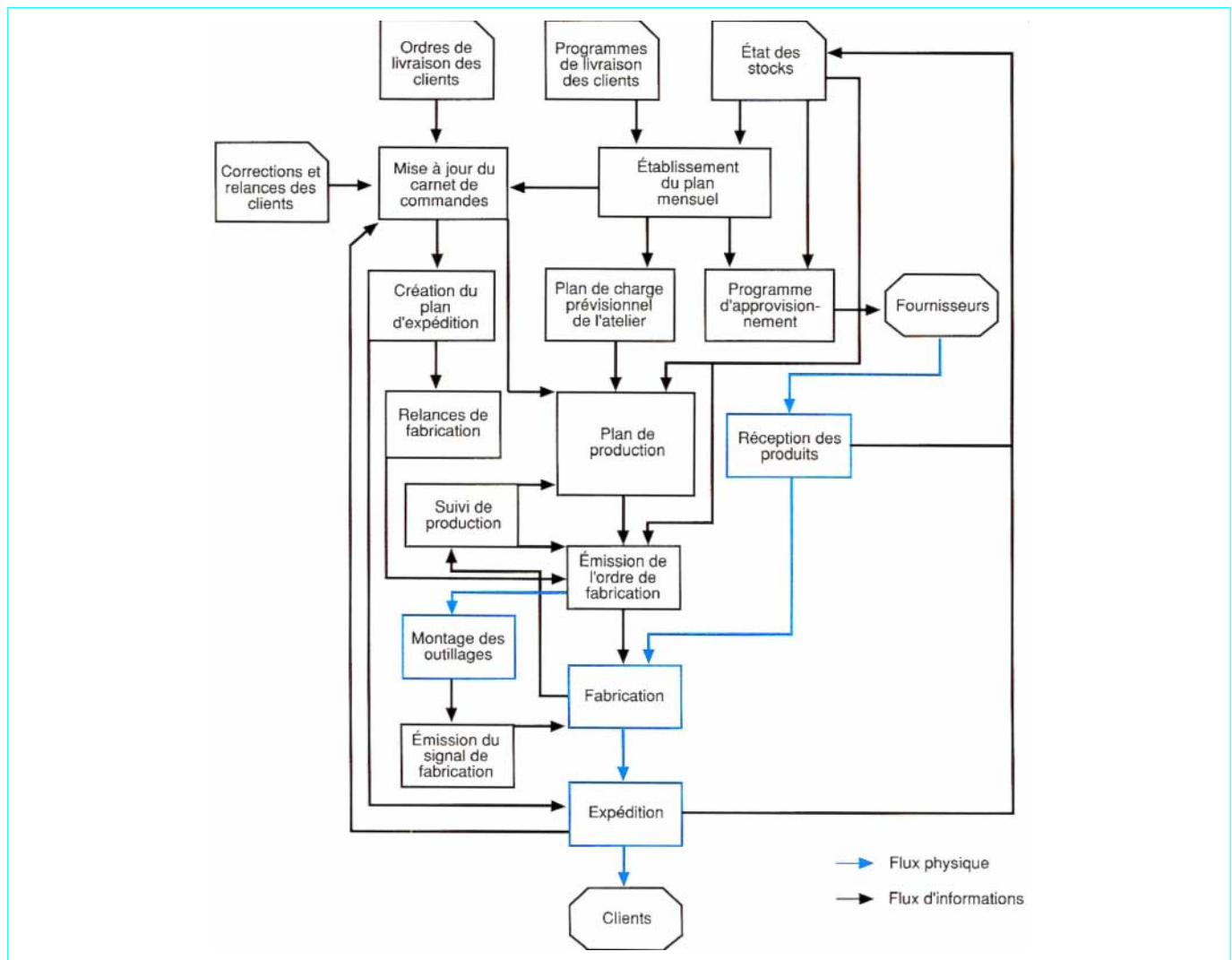
■ **Lancements de fabrication quotidiens** : ils sont de la responsabilité du chef d'équipe. Au cours de la journée, il suit l'avancement des campagnes de fabrication. Le plan de production est son programme guide qu'il doit *a priori* respecter mais des incidents se produisent (pannes de machines ou de moules, problèmes de qualité) et des relances lui parviennent du service expédition résultant, en particulier, de modifications de dernière minute des programmes de livraison des clients.

Ces derniers éléments obligent le chef d'équipe à corriger en temps réel le plan de production.

Le chef d'équipe détermine les ordres de fabrication de l'atelier de moulage : en quantités et délais, en respectant au mieux le plan de production et les contraintes de dernière minute. Il déclenche, pour cela, les démontages et les montages d'outils et affecte les hommes aux postes.

■ Ces décisions directement liées aux opérations à réaliser sont inscrites dans un **cadre industriel** préparé antérieurement :

- des plans industriels annuels définissent l'évolution des capacités de l'atelier et aboutissent à des investissements (rénovation et achats de machines) ;
- la confirmation de commandes de pièces par les clients déclenche la confection des gammes de fabrication et de contrôle, l'étude et la réalisation des moules, l'étude et l'aménagement des postes de fabrication.



**Figure 4 – Processus de programmation décisionnel de l’atelier de moulage**

Le **processus décisionnel** organise et gouverne le processus physique de production à plusieurs niveaux.

■ **Décisions opérationnelles ou ordres** : prévues pour exécuter une opération à un instant déterminé ou sur un signal déterminé, ces décisions sont des ordres :

- d'affectation de personnes ;
- d'affectation de produits ;
- de mise en fabrication.

■ **Décisions de préparation du processus** : elles sont prises une à quelques semaines avant fabrication. Elle ont pour but de se mettre

en position de produire et pour objet de définir les affectations de produits, les ressources humaines nécessaires, les ressources d'approvisionnement, les horaires et les calendriers de travail, en fait, de définir et de préparer les capacités d'exécution face aux besoins prévisionnels.

■ **Décisions d'industrialisation** : préalables à la mise en œuvre du processus, elles ont pour but de se donner la capacité industrielle de fabriquer certains types de produits et pour objet la définition des gammes, des capacités industrielles maximales, des règles de fonctionnement des systèmes informatiques, etc.



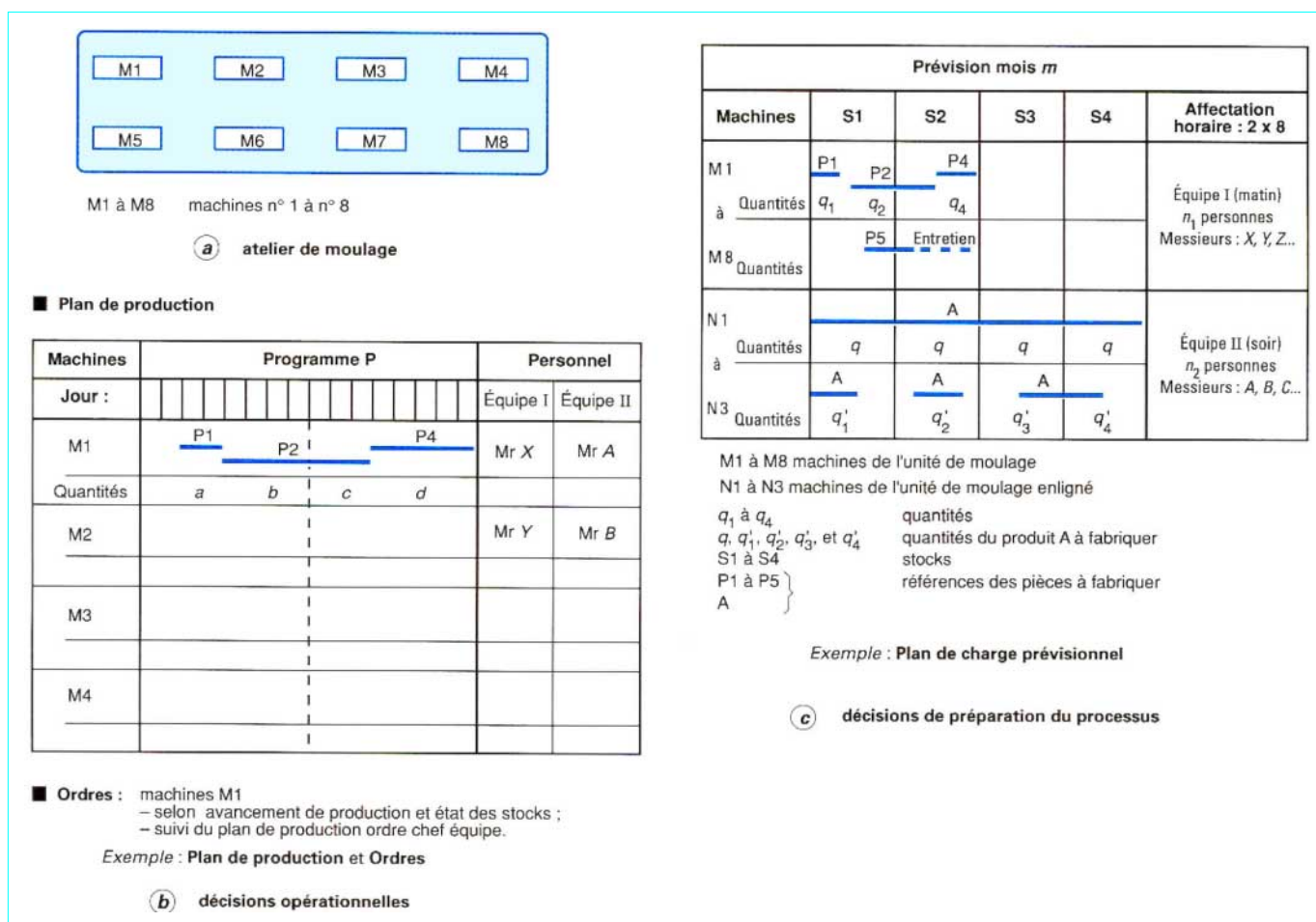


Figure 5 – Décisions industrielles

**Exemple**

Considérons les activités de programmation de l'atelier de moulage c'est-à-dire celles qui définissent dans quel ordre les produits sont fabriqués et qui lancent la fabrication proprement dite pour un lot de produit donné.

Ces activités peuvent être représentées sous forme d'un schéma logique indiquant les enchaînements des tâches ainsi que les informations reçues, créées et transmises.

Nous voyons que les informations transitent de traitement en traitement : elles s'organisent en flux. Elles peuvent être également classées en familles d'informations : ordres de fabrication du moulage, plans de fabrication, etc.

Finalement, il est possible de dire que l'ensemble des décisions est le résultat d'activités portant sur des informations (à l'exemple des modules d'activité physiques) dont l'organisation constitue le processus décisionnel de production, connecté au processus physique.

### 3.6 Processus des activités d'environnement

**Exemple**

D'autres processus organisent, dans l'entreprise, les autres activités. Le processus de préparation des moules et des équipements de postes de travail dans l'atelier de moulage est présenté figure 6. Le plan de production émis par le service ordonnancement permet, en particulier, de déterminer le programme de révision des moules qui doit être achevé avant le lancement des campagnes.

Le signal de fin de fabrication et l'ordre de fabrication, émis par le chef d'équipe de fabrication, déclenchent le montage des moules préalable à la mise en fabrication.

De nombreuses **activités d'environnement** permettent à l'atelier de fonctionner et participent aussi au contrôle de son fonctionnement.

— **Activités de prestations** : maintenance, formation, information du personnel, montage et réglage des outillages, stockage des outillages, etc.

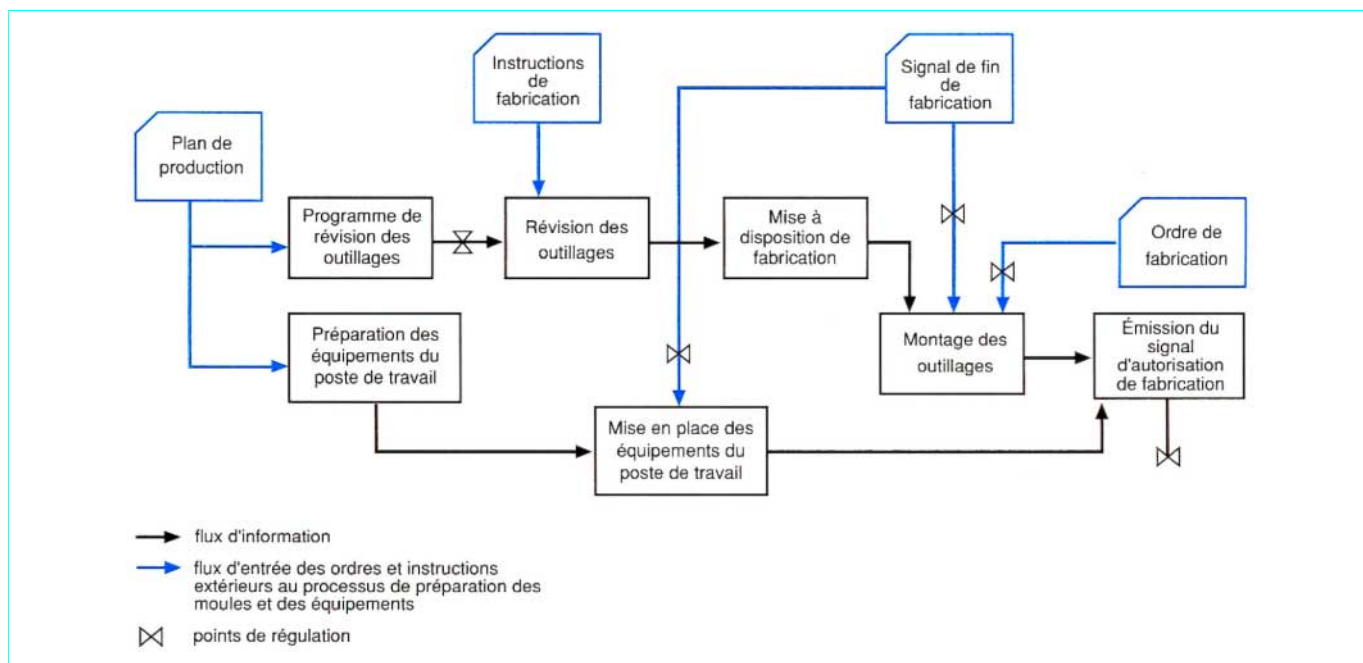


Figure 6 – Processus de préparation des moules et des équipements

— **Activités de gestion centrale** : suivi et comptabilisation des flux et des coûts, gestion de la qualité, gestion du personnel, etc.

— **Activités de résolution d'anomalies**.

— **Activités d'industrialisation**.

Les processus des prestations et des traitements d'informations sont définis, comme pour les processus physiques, comme des ensembles organisés d'activités d'environnement de la production des produits physiques, échangeant des prestations et des informations, donc traversées également par des flux.

Ces processus sont connectés au processus physique de l'entreprise qui les appelle.

### 3.7 Système de production

Le **système de production** est constitué par l'assemblage des différents processus.

— **Processus physique** : ensemble organisé des modules de production et des flux physiques.

— **Processus de décisions** déclenchant, contrôlant et organisant le processus physique, spécifiques ou communs à plusieurs modules d'activité.

— **Processus d'activités d'environnement** (maintenance, méthodes, qualité, etc.) en général communs à l'ensemble des activités ou à des groupes d'activités.

Le système de production peut ainsi être décrit sous forme de plusieurs schémas de processus, reliés entre eux.

La figure 7 présente une partie du système de production de l'atelier de moulage.

— Le processus de programmation :

- ordres de fabrication (attachés à un module) ;
- plan de production hebdomadaire (du moulage) ;
- plan d'expédition des produits ;
- suivi de production.

— Le processus physique de l'atelier de moulage.

— Le processus général de préparation des postes de fabrication.

Le temps est la seule variable de description possible permettant de mettre en parallèle les défilements physiques et informationnels en faisant abstraction des distances.



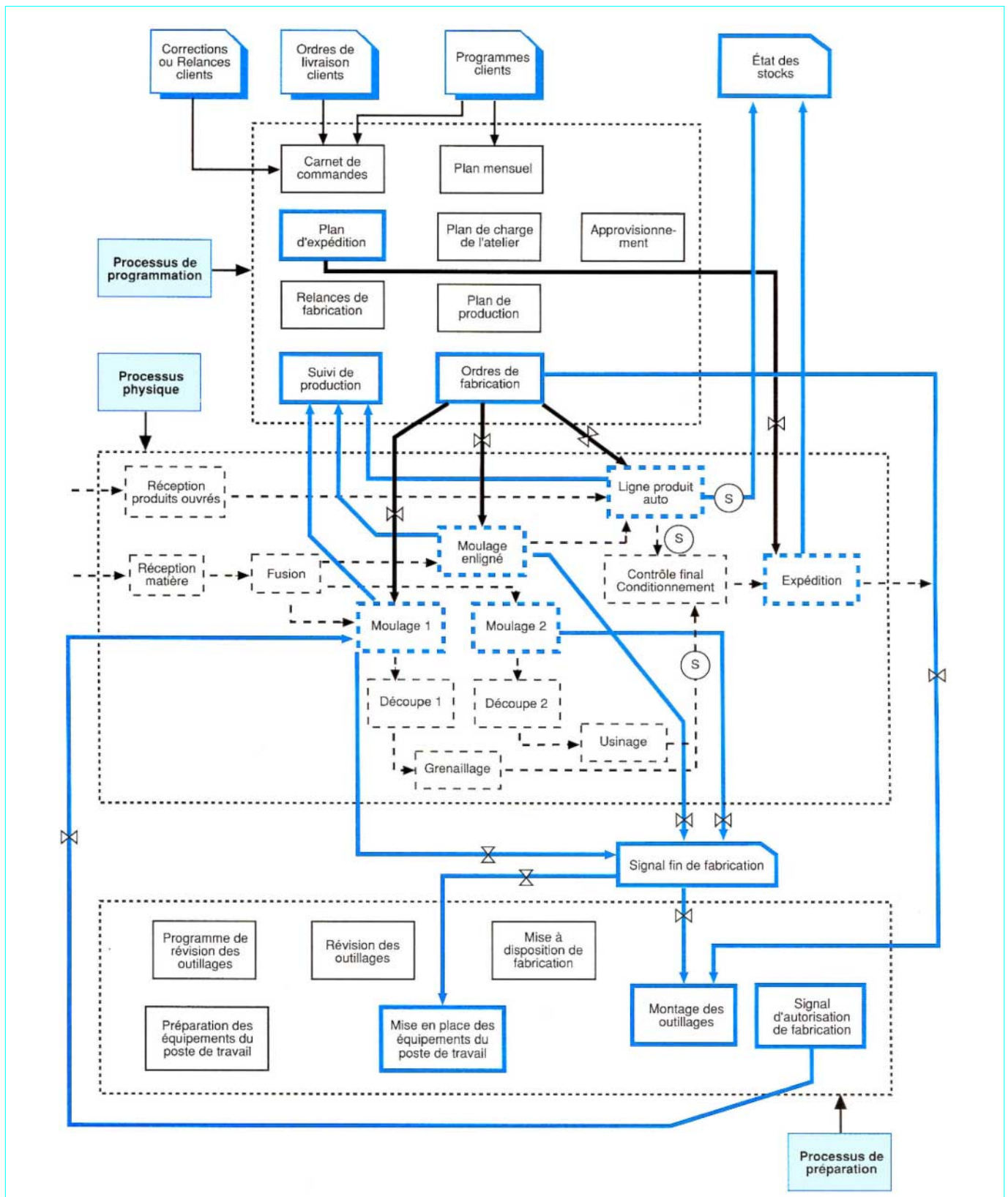


Figure 7 – Système de production

## 4. Objectifs et objet d'une analyse du fonctionnement logistique

### 4.1 Objectifs

Il s'agit d'améliorer la connaissance de la situation existante en matière de flux physiques et d'informations pour :

- mieux définir et mieux respecter le contrat liant le fournisseur au client ;
- assurer aux flux de production, progressivement et durablement :
  - une meilleure régularité,
  - les délais de défilement les plus courts ;
- améliorer la compétitivité interne sur les plans des coûts, des délais et de la qualité, et mieux répondre à la demande du client par :
  - une flexibilité améliorée,
  - la suppression des fonctions inutiles et des aléas de production,
  - l'amélioration des implantations et éventuellement du procédé de fabrication ;
- relever les indications nécessaires permettant une meilleure coordination et l'amélioration de l'ensemble des flux ;
- introduire en atelier des méthodes et des indicateurs permettant une conduite performante.

### 4.2 Objet

Tous les flux de produits et d'informations sont analysables par la méthode décrite dans cet article. Ce document ne sera toutefois consacré qu'à l'analyse des flux opérationnels de production : flux physiques et flux d'ordres. La même méthode est utilisable partout.

### 4.3 Étapes de l'analyse

- Identification du processus de production et analyse logistique des flux physiques (§ 5).
- Analyse détaillée des flux physiques (§ 6).
- Identification du processus de programmation (§ 7).
- Analyse détaillée des flux d'informations (§ 8).
- Formalisation des résultats de l'analyse logistique (§ 9).
- Formalisation des conditions de satisfaction du contrat fournisseur-client (§ 10).
- Assainissement du fonctionnement logistique (§ 11).
- Mise en œuvre d'une recherche permanente de progrès (§ 12).

## 5. Identification du processus de production et analyse logistique des flux physiques

### 5.1 Identification des modules d'activité

Le premier stade de l'analyse consiste à réaliser le découpage de l'atelier de production en modules d'activité couvrant l'ensemble des opérations concernant opérationnellement les produits physiques depuis la réception jusqu'à l'expédition.

Les critères de découpage sont :

- autonomie des modules les uns par rapport aux autres ;
- ordre de fabrication unique pour chaque produit ou lot de produit traversant le module ;
- séquençement des produits ou des lots de produits, unique pour toutes les opérations à l'intérieur d'un module ;
- règles d'organisation communes.

### 5.2 Identification des familles de flux

Les familles de flux sont représentées par tous les circuits différents de produits : successions identiques de passage dans les différents modules d'activité, mêmes gammes d'élaboration de l'entrée à la sortie.

### 5.3 Identification des familles de produits

Nous avons vu la définition des familles de produits dans le paragraphe 3.

L'identification des différents flux détermine simultanément celle des familles de produits.

L'identification des flux et des familles de produits doit se faire en prenant en considération de façon exhaustive tous les produits finis livrés par l'entreprise.

### 5.4 Tableau de synthèse du processus de production

À partir de cet inventaire général, il est possible d'établir un tableau de synthèse (tableau 1).

### 5.5 Plan synthétique des flux physiques

Le plan synthétique des flux physiques (figure 1) peut permettre un premier repérage des lignes de flux physiques avant l'engagement d'analyses détaillées en atelier.

Nous reprenons, à titre d'exemple, le schéma d'implantation de l'entreprise F en y portant les 3 grandes familles de flux :

- les flux des produits moulés et parachevés ;
- les flux des produits moulés, parachevés et usinés ;
- le flux de l'ensemble A livré à un constructeur automobile.

Tableau 1 – Synthèse du processus de production

Famille de produits	Opérations	Fusion	Moulage			Découpe			Grenail-lage	Usinage		Assem-blage	Contrôle	Expédi-tion
	Modules d'activité	Fours F	Groupe M1	Groupe M2	Moulage enligné	Presses P1	Presses P2	Ligne L	Installat-ion G	Groupe U	Ligne L	Ligne L		
<b>Produits de fonderies parachevés :</b>		•	•			•			•				•	•
— Produit $a_1$ .....		XXX (1)												
— Produit $a_2$ .....														
— Produit.....														
<b>Produits de fonderies usinés :</b>		•		•			•			•			•	•
— Produit $b_1$ .....														
— Produit $b_2$ .....														
— Produit.....														
<b>Produits assemblés A :</b>		•			•			•			•	•	•	•
— Produit A1 .....														
— Produit A2 .....														
— Produit.....														

(1) Il est possible d'indiquer dans les différentes cases quelques caractéristiques d'utilisation des moyens : temps de cycle, cadences, nombre de pièces réalisées par cycle, etc.

Une représentation plus fine par famille de produits peut être parfois nécessaire.

Notons que, à ce stade, les distances parcourues sont les premières caractéristiques mesurables.

## 5.6 Matrices d'élaboration des produits

Pour chaque module d'activité de fabrication, une matrice présentée sous forme d'un tableau (produits en entrée - produits en sortie) peut compléter utilement la description synthétique du processus (tableau 2).

Tableau 2 – Matrice d'élaboration du produit A

Composants		Références n°				
		A1	A2	A3	A4	A5
Corps inférieur		1	1	1	1	1
Corps supérieur	CS1	1	1	1	.....	.....
	CS2	.....	.....	.....	1	1
Composants	C1	1	1	1	1	1
	C2	2	2	.....	2	.....
	C3	.....	.....	2	.....	2
	C4	4	4	4	4	4
	C5	.....	.....	.....	1	1

## 5.7 Schémas logiques des flux physiques

La démarche doit être menée de façon exhaustive :

- en remontant chaque flux depuis les points de l'aval jusqu'aux points de l'amont ;
- en identifiant l'enchaînement de toutes les opérations et de toutes les ramifications existantes, pour chaque module d'activité parcouru.

Cette analyse peut être formalisée sous forme de schémas logiques (figure 8).

## 5.8 Catégories de flux physiques et points caractéristiques

La figure 8 permet de repérer les catégories de flux physiques et les points caractéristiques.

### 5.8.1 Flux physiques

■ **Flux terminaux** : ce sont les flux des produits finis, souvent extérieurs à l'usine de production, qui suivent le produit jusqu'à sa consommation chez le client (circuits de transports, de manutention pour stockage et déstockage, et circuits d'acheminement vers le point de montage de l'usine cliente).

■ **Flux principaux d'élaboration** : ce sont les flux des produits se retrouvant sur le produit vendu, c'est-à-dire :

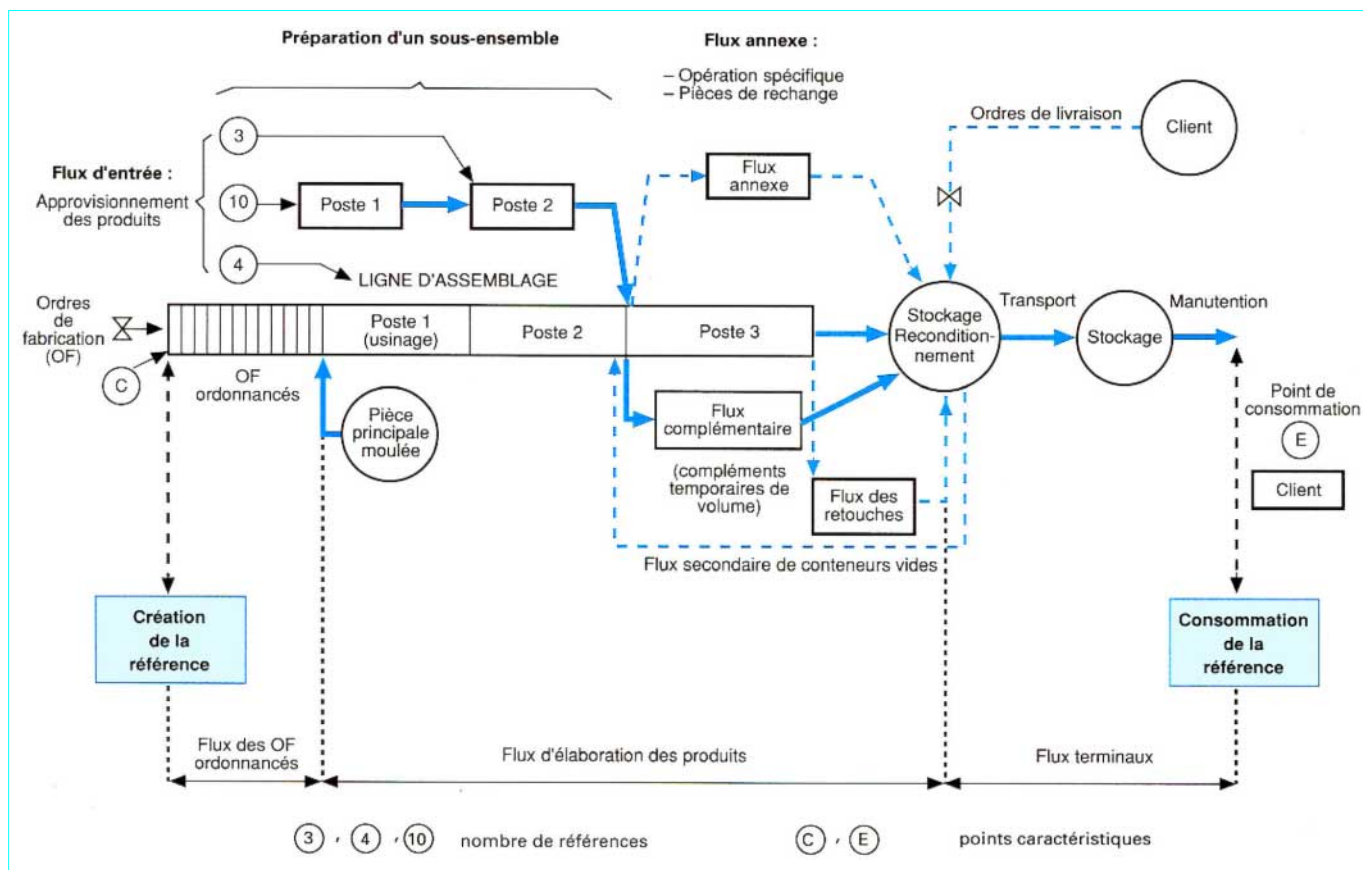


Figure 8 – Schéma logique de l'assemblage de l'ensemble A

— le **flux menant** qui est le flux par lequel transite la majorité des composants du produit terminé et autour duquel s'organise la production ;

#### Exemple

La ligne d'assemblage de l'ensemble A représente le flux menant (figure 8). Elle est constituée de 3 groupes de postes principaux avec des manutentions intermédiaires.

Si l'on considère la totalité de l'entreprise, ce flux menant remonte vers la fusion de l'aluminium en passant par l'usinage, la finition-découpe sur presse et les presses d'injection.

— les **flux dépendants** : le principal flux dépendant de notre exemple (figure 8) est l'assemblage d'un sous-ensemble de l'ensemble A réalisé sur un poste de préparation annexe de la ligne.

Le fonctionnement de ce poste est subordonné à celui de la ligne d'assemblage.

Nous trouvons également comme **flux dépendants** :

- les **flux annexes** pour opérations particulières sur certaines spécificités du produit final destinés à la rechange en après-vente du produit ;
- un **flux complémentaire** aménagé pour réaliser des suppléments de demande occasionnels ;
- le **flux des retouches** réalisées après le contrôle final.

■ **Flux entrants** : il s'agit des flux des différents produits consommés par le flux d'élaboration analysé (et faisant partie d'autres dossiers d'analyse). En particulier, les produits constitutifs

de l'ensemble A moulés et usinés dans l'entreprise, mais aussi la totalité des produits approvisionnés à l'extérieur, montés sur l'ensemble livré.

■ **Flux secondaires** : ils sont représentés par :

- les flux des produits ne se retrouvant pas sur le produit vendu (huiles de coupe, papiers, masques de protection, etc.) ;
- les flux de conteneurs vides et des outillages de production dont l'analyse peut être nécessaire pour expliquer des anomalies ou des contraintes sur les flux de produits.

### 5.8.2 Points caractéristiques

■ **Point de création du produit** (repère (C), figure 8) : pour le cas présent, il est représenté par le premier poste de la ligne de montage. Dans la plupart des cas, il s'agit de l'entrée en ligne de fabrication, point où le produit à réaliser prend son identification.

Dans des cas particuliers, il peut s'identifier par un **point de création immatériel**. Par exemple en montage automobile, la tête de flux peut intégrer le portefeuille d'ordres de fabrication classés avant assemblage effectif.

■ **Point d'extinction du produit** (repère (E), figure 8) : il s'agit du point de consommation soit chez le client final (produit final de l'entreprise mis à disposition du service commercial), soit dans un flux aval pour un sous-ensemble intégré dans un ensemble plus important. La référence d'identification du produit disparaît à ce point.

■ **Point de régulation** (symbole  $\bowtie$ , figure 8) : point où il est nécessaire de recevoir un ordre pour déclencher l'opération de fabrication ou de transport.

## 6. Analyse détaillée des flux physiques

### 6.1 Préambule sur les délais et les stocks

Les délais de défilement et la régularité des flux dépendent essentiellement :

- du volume actif des stocks et des en-cours régulateurs ;
- du niveau de fiabilité de fonctionnement des machines et des installations ;
- de la coordination des flux dans le temps.

La connaissance de l'indicateur *temps de défilement* étant assujettie à la mise en place de points de comptage et de moyens humains souvent trop importants, il est utile de prendre en compte le seul indicateur *niveau des en-cours*.

Les délais sont déduits des stocks par calcul.

#### ■ Remarques

Les **temps de défilement** sont les délais moyens de production, de transport et de stockage, mesurés hors aléa.

Les **variations de temps**, liées à ces aléas, doivent faire l'objet d'une indication complémentaire (plage de variation, écarts-types, etc.).

Les **fréquences d'exécution**  $f$  des opérations (transport, campagnes de fabrication) peuvent être converties en temps  $t = 1/(2f)$ .

Les **stocks**  $S$  d'un produit valorisés en nombre de pièces sont convertis en temps :

$$t = S/CMJ$$

avec  $CMJ$  consommation moyenne journalière du produit.

### 6.2 Étapes de l'analyse détaillée des flux

#### 6.2.1 Détails des étapes de l'analyse

■ **Suivi du circuit physique** en distinguant les pièces immobiles et en mouvement.

■ **Enregistrement de la succession et de la nature des opérations concernant le produit** :

- transformation physique (emboutissage, moulage, usinage, montage, assemblage) ;
- attentes entre les opérations, les manutentions (continues-discontinues), les transports ;
- contrôles, retouches, réparations.

Ne pas omettre de mentionner les opérations annexes telles que les enregistrements, les affûtages, etc.

■ **Identification des attentes**, dans le flux, nécessaire à la synchronisation des opérations, aux changements d'outillages, aux arrêts technologiques, etc.

■ **Établissement du schéma logique d'enchaînement de toutes les opérations en atelier** y compris celles de stockage, de manutention, d'attentes, etc.

■ **Exemple** : schéma logique des opérations d'assemblage (figure 8).

■ **Classement hors flux des pièces immobiles et identification sur les emballages de leurs causes d'arrêt** : magasinage entrée/sortie, sécurisation pour aléa, etc.

#### ■ Identification des caractéristiques de défilement :

- horaires de travail, cadences de fabrication ;
- rythmes de travail soit continu, pièce à pièce ou par lot, soit par campagne de *fabrication à quantité fixe* ou à *couverture fixe* ;
- temps : durée des cycles, et de fabrication des lots, délais de passage en installations, délais et fréquences de transport ;
- préavis nécessaires aux mises en fabrication.

**Nota** : les *campagnes* sont dites à *quantité fixe* lorsque le nombre de pièces lancées en fabrication est fixe, invariable d'une campagne à l'autre. Cela peut être le cas lors d'un fonctionnement par KANBAN d'un atelier en campagne.

#### Exemple

Les **horaires pratiqués** dans l'entreprise F sont les suivants :

- moulage et grenailage : 3 équipes de 8 heures ;
- usinage et montage : 2 équipes de 8 heures.

Les **rythmes de travail** sont établis pour les différents ateliers.

**Moulage** : campagnes de fabrication à cycle mensuel. Les campagnes sont à couverture fixe correspondant à 4 semaines de consommation par le client.

Notons que le **grenailage** a un délai de passage en installation correspondant au temps de grenailage d'une charge.

Les lots de fabrication, c'est-à-dire la quantité lancée, dépendent des quantités portées sur le programme client et de la situation de la production : avances, retards, stocks.

**Usinage** : campagnes de fabrication à cycle hebdomadaire, à couverture fixe de 5 jours.

Les lots de fabrication sont déterminés d'après les programmes clients, les appels de livraison, la situation de la production.

**Montage** : fabrication continue, par lots de pièces identiques d'une valeur minimale d'une unité de conditionnement soit 150 pièces.

Les **préavis de mise en fabrication** sont les temps de préparation nécessaires entre le lancement de l'ordre de fabrication et le démarrage effectif de la fabrication.

Le **préavis de moulage** est constitué du démontage du moule, du montage du moule suivant, des réglages et des mises au point avant obtention de la première pièce bonne.

#### ■ Relevé des performances à chaque stade de production :

- qualité : taux de rebuts, taux de retouches, pièces bonnes du premier coup ;
- utilisation matériel : rendement synthétique d'installations, nombre de pièces entre 2 arrêts.

#### 6.2.2 Valorisation de l'analyse

Les observations qui suivent cette analyse détaillée (§ 6.2.1) peuvent donner lieu à deux premières synthèses.

##### ■ Synthèse des stocks par cause

Le tableau de synthèse par famille de produits peut être constitué en s'appuyant sur les informations de détail recueillies au cours de l'analyse et sur l'identification par emballage de leur cause de présence (tableau 3).

##### ■ Valorisation des coûts ajoutés liés à l'organisation logistique

En utilisant un tableau identique à celui employé pour la synthèse de stocks, il peut être également utile de noter les éléments de coûts : effectifs nécessaires, moyens matériels de manutention, surfaces nécessaires aux stockages et aux manutentions des pièces.

Cette synthèse des coûts doit permettre une valorisation des enjeux dans une recherche d'économie prolongeant l'analyse logistique.

#### 6.2.3 Remarque

La mesure et l'identification des stocks en atelier donnent la possibilité d'évaluer l'importance relative des éléments générateurs de



Tableau 3 – Valorisation des stocks du produit A

Produit : A (950 pièces/jour)	Dans le flux				Hors flux			
Stade d'avancement	Cause de stocks				Cause de stocks			
	Attentes	Processus technique	Retouches	etc.	Sécurisation	Pannes	Campagne	etc.
Réception .....								
Moulage .....		250				2 500	450	
Découpe presse .....	500	750				750	450	
Grenailage .....	750	500					450	
Usinage .....	500	530				1 250	450	
Montage .....	250	575	350					
Expédition .....	750				4 750			

dysfonctionnement dans l'écoulement des flux. Il ne s'agit là que d'une évaluation approchée mais souvent suffisante pour donner des priorités aux actions d'amélioration.

La mise hors flux et l'identification par cause des produits hors flux doit permettre un premier réajustement en atelier des stocks vers le juste nécessaire.

- En particulier, la maîtrise d'atelier doit avoir à cœur :
- d'éliminer les contenants pleins dont la présence ne peut être affectée à une cause ;
  - de mettre hors flux et d'identifier les pièces destinées à couvrir les dysfonctionnements (pannes de machines, défauts de qualité) et les campagnes de fabrication ;
  - de suivre l'utilisation effective de ces stocks selon les dysfonctionnements et de les ajuster en permanence au plus juste ;
  - d'agir sur les dysfonctionnements pour les faire disparaître.
- Le stock *visible et identifié* est un des premiers leviers de l'amélioration des performances.

## 7. Identification du processus de programmation

Nous prendrons comme exemple le processus de programmation de l'entreprise F (figure 4).

Ce processus de programmation, établi à partir des informations de programmation reçues des clients, regroupe l'ensemble des informations, des traitements et des transmissions d'informations nécessaires :

- à la préparation des moyens de production ;
  - au lancement des ordres de fabrication.
- Ces informations sont des programmes envoyés régulièrement selon des fréquences précises et des ordres de livraison.

### 7.1 Définition

Par corrélation avec les flux physiques, le **flux d'informations** est le circuit de traitements et de transmission parcouru par une information ou une famille d'informations depuis sa création jusqu'à son extinction.

#### ■ Famille d'informations

Les informations peuvent être regroupées en familles.

Ces regroupements s'effectuent en prenant en considération des notions de similitude, de finalité de l'information, de traitements et, éventuellement, d'identité de points d'application.


- Nous avons vu par exemple, comme familles d'informations :
- les ordres de fabrication ;
  - les plans de production hebdomadaires ;
  - les plans de charge mensuels ;
  - les ordres d'expédition, etc.

#### Exemple

En particulier, si l'on considère l'ordre de fabrication dans l'atelier de moulage :

- il est créé par le chef d'équipe à partir du plan de production hebdomadaire, du signal de fin de fabrication d'une campagne précédente, des relances du service d'expéditions, des relevés de suivi de stocks, etc ;
- il est matérialisé par un jeu d'étiquettes de production, remis au conducteur de la presse d'injection, et par un ordre de montage des moules sur presses ;
- il est éteint par les relevés de fin de fabrication rendus par le conducteur de presse ;
- il est le résultat d'un traitement réalisé par le chef d'équipe qui est sa prise de décision de lancement qu'il effectue en fonction des informations qu'il a collectées et des règles de gestion en vigueur dans l'entreprise.

### 7.2 Identification

Les **points de départ de la démarche d'identification** sont les points d'utilisation des informations repérés par le repère  sur les flux physiques (figure 6).

Pour la programmation, les ordres déclenchant la production dans chaque module d'activité sont ces points de départ. Ils doivent être identifiés soigneusement, ainsi que toutes les informations utilisées pour les lancer.

Pour l'atelier de moulage, ces ordres sont le jeu d'étiquettes remis au conducteur de machine par le chef d'équipe avant lancement de la campagne. Cet ordre de fabrication est identifiable sur les machines dans l'atelier.

- **Les points de création** peuvent, d'une façon générale, être :
- extérieurs à l'usine de production ;

**Exemple** : les ordres d'expédition sont strictement identiques aux ordres de livraisons créés dans les entreprises clientes.



— le résultat d'un traitement ;

**Exemple :** la création d'un plan hebdomadaire de production exploite les informations de programmation des clients, les déclarations de production, les avis d'expédition, l'état des avances et des retards, les objectifs de stocks fixés, des règles d'engagement des machines et des hommes, etc.

Ce traitement est exécuté hebdomadairement par le service d'ordonnement de l'usine ;

— un point physique du flux de production ; c'est le cas des ordres KANBAN générés par la consommation des produits en un point de l'atelier.

■ **Les points d'extinction** des informations sont sur des traitements (traitement des commandes clients pour création de programmes) ou sur des flux physiques (mise en fabrication sur ordres).

**Exemple :** les ordres de fabrication sont éteints par la déclaration de production finale.

Le plan de production est éteint en fin de semaine par le lancement de l'ensemble des ordres de fabrication et le lancement d'un nouveau plan de production.

■ **Les traitements d'informations** ont pour objet de créer, compléter, modifier ou détruire les informations.

## 8. Analyse détaillée des flux d'informations

De façon analogue à l'analyse des processus physiques, il est possible de décrire les processus informationnels (figure 9).

### 8.1 Activités

■ **Traitement des informations et type de traitement :**

- création d'information ;
- transformation, modification d'information ;
- transmission, copie, stockage, attente ;
- destruction.

**Nota :** certains traitements apportent une valeur ajoutée à l'information traitée et d'autres non.

■ **Entités responsables et moyens.**

■ **Entrées et sorties :**

- informations principales traitées : ordres, programmes, etc. ;
- données extérieures consultées ;
- déclencheurs : signaux, événements, décisions ;
- perturbations ;
- règles organisant, régulant, adaptant le traitement.

■ **Caractéristiques d'exécution pour la programmation et les ordres :**

- fréquence ;
- préavis avant lancement de la fabrication ;
- période de fabrication couverte.

**Exemple**

Création du plan hebdomadaire de production de l'atelier de moulage (figure 10).

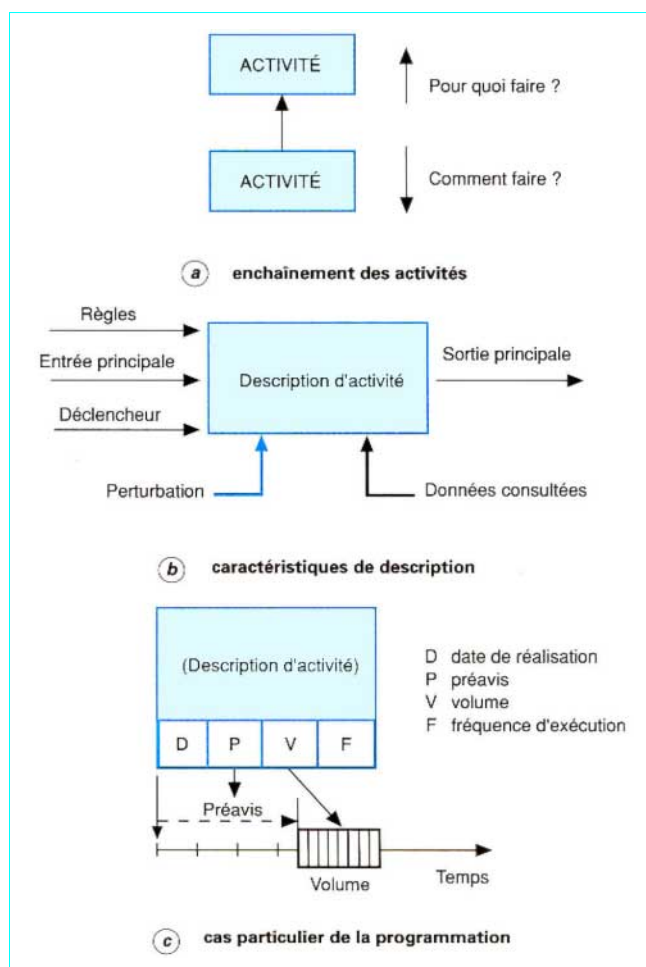


Figure 9 – Représentation d'un traitement d'informations

### 8.2 Mode d'analyse des activités

La **description** part des informations utilisées et identifiées sur le flux physique.

Il est indispensable, en particulier, de décrire le processus de programmation associé au processus physique. Ce processus peut générer, par ses incohérences, un grand nombre de dysfonctionnements. Pour chaque module d'activité, il faut identifier :

- l'ordre de mise en fabrication ;
- les données prévisionnelles pour préparer les effectifs, les moyens, etc. : plans d'affectation des effectifs, gammes de fabrication, consignes d'entretien, etc.

Ensuite, il faut remonter les traitements jusqu'aux informations originelles.

La **démarche de progression** vers le point aval répond à des questions « pour quoi » ? et vers le point amont à des questions « comment » ? ou « que faut-il avoir fait pour accomplir » ?

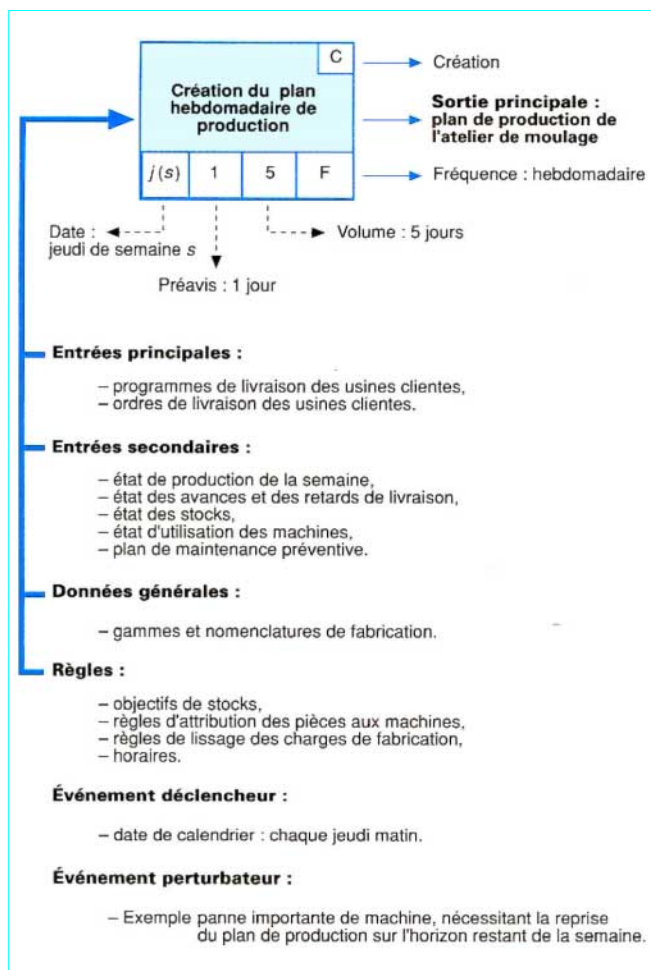


Figure 10 – Création du plan hebdomadaire de production de l'atelier de moulage

Ces questions permettent de définir l'enchaînement des traitements pour lesquels il faut veiller à identifier :

- toutes les informations utilisées et leurs origines ;
- toutes les informations nouvelles ou modifiées générées et leurs destinataires.

Le questionnement doit également porter sur les fréquences des traitements et les règles utilisées pour les exécuter.

La figure 11, portant sur la description et l'enchaînement des flux d'informations et des flux physiques, présente un mode de traitement d'informations.

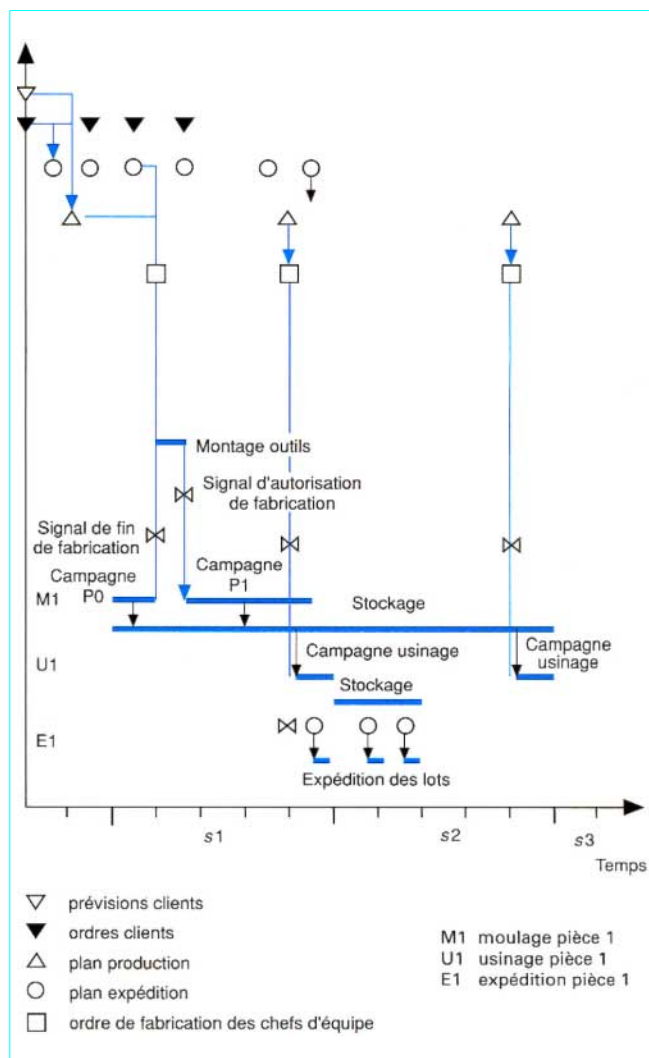


Figure 11 – Enchaînement des flux d'informations et des flux physiques

**Nota :** il est utile de représenter l'enchaînement des processus de traitement d'informations séparément, par fréquence de réalisation (fréquences journalière, hebdomadaire, bi-mensuelle, mensuelle, etc.) et, après avoir identifié les entrées nécessaires, de bien examiner comment se réalise la mise en cohérence des différentes informations utilisées.

## 9. Formalisation des résultats de l'analyse logistique

Nous examinerons la formalisation des résultats de l'analyse sur l'exemple de l'ensemble A fabriqué par l'entreprise F.

La formalisation des analyses comprend :

- le plan de circulation des produits en atelier avec repérage des flux : le chemin parcouru, par les constituants du produit A et les produits A, est schématisé sur le plan d'implantation de la figure 1 ;
- le plan des modules d'activité (figure 3).

Elle comprend également pour chaque flux physique repéré (figures 12 et 13) :

- les schémas logiques d'enchaînement des opérations physiques du produit par module d'activité, avec repérage des opérations, de la réception des produits approvisionnés jusqu'à l'expédition des produits finis ;
- un schéma logique d'enchaînement des traitements de programmation d'ordres de fabrication, plans de fabrication, programmes d'approvisionnement, etc. ; ces schémas logiques ont leurs points de départ sur le schéma des opérations physiques (symbole  $\boxtimes$  sur les figures 7 et 8) ;
- des tableaux de synthèse descriptifs des opérations et des traitements de programmation ;
- les grilles d'élaboration des produits attachées à chaque module d'activité de transformation.

Pour exemple, nous n'avons représenté que la grille liée à la fabrication d'une culasse.

Des tableaux annexes de caractéristiques classées par rubrique de description peuvent être renseignés (tableau 4).

### ■ Caractéristiques de défilement

- **Temps technologiques** : ils correspondent :

- aux temps nécessaires à la transformation des produits (par exemple : temps du cycle d'usinage du corps inférieur du produit A) ;
- aux temps nécessaires aux traitements des produits (temps de trempe, temps de chromage, etc.).

Les temps technologiques sont les seuls pendant lesquels une valeur ajoutée physique est apportée au produit.

- **Temps de déplacements** : ils correspondent aux temps nécessaires aux convoyages, aux manutentions, aux transports, etc.

- **Taille des lots** : elle est définie par le nombre maximal de pièces prises en compte dans une opération :

- de fabrication (par exemple, lot d'usinage de 250 pièces indique que le lancement de l'opération d'usinage ne peut s'effectuer pour moins de 250 pièces) ;
- de manutention interne : en général, il s'agit du nombre de pièces contenues dans le conteneur (par exemple, lot de manutention de 300 pièces : la manutention concerne un conteneur complet de 300 pièces) ;
- de transport (par exemple, palette de 15 cartons de 200 pièces soit 3 000 pièces).

- **Fréquences de réalisation** : elles indiquent la périodicité de réalisation des opérations pour une référence donnée. Par exemple :

- campagne de fabrication réalisée 1 fois par mois ;
- manutention : passage du cariste 1 fois toutes les 2 heures ;
- transport : expédition de produits 1 fois tous les 2 jours.

- **Préavis** : il correspond au temps de préparation nécessaire avant réalisation des opérations (par exemple pour le moulage, un préavis de 2 heures est nécessaire pour démonter les outillages de la campagne précédente, mettre en place les outils de la campagne suivante et effectuer les réglages avant lancement de la fabrication).

- La combinaison de ces différents paramètres de l'entrée à la sortie de l'usine permet une reconstitution du **temps de défilement global des produits**, c'est-à-dire du temps effectivement utilisé par les produits pour parcourir tous les stades de production, attentes et stockages compris, de l'approvisionnement à l'expédition.

### ■ Caractéristiques de capacité

Elles évaluent les capacités de production en nombre de pièces par unité de temps.

- Horaires et calendrier de travail effectivement pratiqués.

- **Cadences théoriques** : en nombre de cycles par heure soit 60/temps (en min) du cycle prévu par la gamme originelle.

- **Cadences instantanées** : en nombre de cycles par heure soit 60/temps (en min) du cycle minimal relevé.

- **Cadences pratiques** : cadences moyennes pratiquement réalisées sur une longue durée sans panne ; la cadence pratique correspond à la capacité réelle maximale de l'installation sur l'horaire de travail pratiqué dans l'atelier.

- **Capacité de l'installation** : elle se détermine à partir de la relation cadence pratique  $\times$  horaire  $\times$  nombre de pièces par cycle.

### ■ Performances logistiques

- Stocks réels, immobiles, mobiles, dans le flux et hors flux.
- Stocks optimaux, ventilation des écarts par cause (§ 6).

### ■ Performances techniques

- **Qualité** : taux de retouches et taux de rebuts pour chaque opération.

- **Fiabilité des matériels** : la mesure des temps de panne, des temps de micro-arrêts, qui, additionnés aux temps nécessaires aux changements de fabrication et à l'entretien des installations, permettent de valoriser les pertes de rendement.

### ■ Caractéristiques de programmation

- Dates et fréquence de réception des informations prévisionnelles, des ordres de livraison.

- Préavis, délais, fréquences de traitement de ces informations.

- Identification de l'utilisation effective de ces informations en atelier.

Performances	Délai $j$	Schéma de flux	Distances $m$	Informations
<p>Capacité 3 équipes</p> <p>• Tronçonnage</p> <p>Fraisage :</p> <p>XU : 1 840</p> <p>XUD : 1 840</p> <p>X : 90</p> <p>TU : 840</p> <p>Z : 4 610</p> <p>• Grenailage : 4 600</p> <p>• Rebuts</p> <p>R2 : 4 %</p> <p>• Retouches</p> <p>h.ret : 15,5 % h allouées</p>	<p>3,0</p> <p>1,2</p> <p>0,5</p>		<p>230</p>	<p>⑨ Programme hebdomadaire fourni par service CPR fonction de la demande client du stock (PF) et position usine de production, complété par un programme oral.</p> <p>⑩ Engagement grenailage d'après stocks en bout de ligne finition. Repérage visuel Nota : programme Tremery Quantités multiples de 96 1 KANBAN à Tremery 48 Diversité : • 6 culasses XU • 3 culasses XUD • 1 culasse X • 3 culasses TU Inventaire 6/06/1990 En-cours fabrication réel à moins 5 % théorique</p>
	1,3			<p>⑪ Expédition d'après demande client</p> <p>• Programme mensuel reçu à <math>j-3</math></p> <p>• Pour Tremery. Programme hebdomadaire mercredi <math>s-1</math> pour <math>s</math></p>
<p>• Défilement en-cours</p> <p>• Défilement + pièces finies (PF)</p> <p>• Défilement + PF + lingots + métal fondu</p> <p>• En-cours qualité</p>	<p>4,8</p> <p>6,1</p> <p>14,2</p> <p>1,3</p>	<p>• Distance début fusion entrée magasin PF</p>	<p>620</p>	<p>Inventaire 6/06</p> <p>Stock réel moins 9 % théorique</p>

Figure 12 – Formalisation de l'analyse des flux

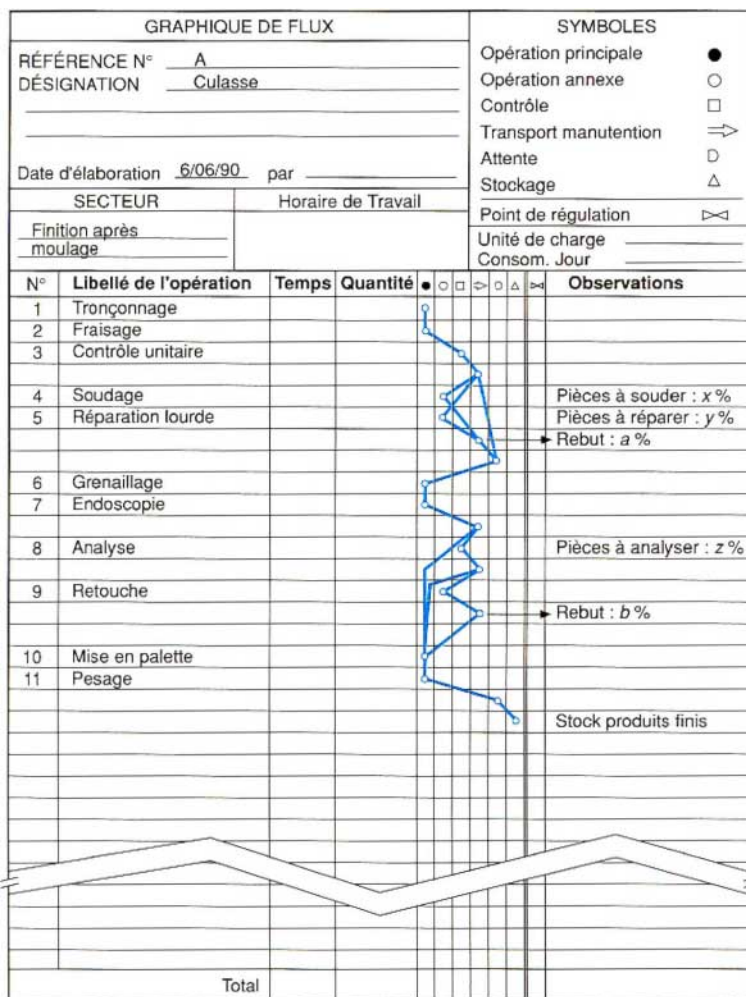


Figure 13 – Formalisation de l'analyse des flux (suite)

Tableau 4 – Tableau de caractéristiques

GRAPHIQUE DE FLUX – VALEURS CARACTÉRISTIQUES										Réf : .....	Désignation : .....	Date : .....			
OPÉRATIONS		TEMPS (min)				STOCKS (nbre de pièces)			LOTS (nbre de pièces)	CAPACITÉ				HORAIRES	PERFORMANCES TECHNIQUES
N°	Repère	Tech.	Dépl.	Attentes	Préavis	Trans.	Attentes	Hors flux		Cad. théo. (c/h)	Cad. inst. (c/h)	Cad. prat. (c/h)	Cap. instal. (P/j)		
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Tech. technologique ; Dépl. déplacement ; Trans. transport Cad. théo. cadence théorique Cad. prat. cadence pratique c/h nbre de cycles par heure ; P/j nbre de pièces par jour.															
										Cad. inst. cadence instantanée		Cap. instal. capacité de l'installation			

10. Formalisation des conditions de satisfaction du contrat fournisseur-client

Un système de production n'est pas indépendant. Il est relié :

- en aval, au système « client » :
  - soit par les services commerciaux et de distribution, si les produits de l'entreprise ont une clientèle publique,
  - soit par des usines clientes, s'il s'agit de produits intermédiaires entrant dans la fabrication de produits plus complexes ;
- en amont, au système « fournisseur ».

En général par l'intermédiaire d'autres entreprises fournissant soit de la matière (exemple : de l'aluminium liquide ou en lingots), soit des produits à un premier stade de transformation (exemple : petites pièces embouties, usinées, etc.).

La formalisation du contrat de service fournisseur-client est indispensable. Les conditions de satisfaction du client, souvent laissées dans le flou, ne permettent pas d'énoncer de façon claire les conditions de performance demandées au système de production et laissent créer un système logistique souvent incohérent, où cohabitent des conditions de performances élevées ou surdimensionnées, donc chères, et des conditions de performances insuffisantes donc génératrices de dysfonctionnement.

La formalisation du contrat de service va donc permettre, après relevé par l'analyse logistique des conditions d'exécution, de bâtir un système globalement cohérent donc moins générateur de perturbations. Elle doit ensuite entraîner la formalisation des conditions de service des fournisseurs de l'entreprise après examen avec ces derniers de leurs propres caractéristiques logistiques.

Le contrat de service est établi entre l'entreprise et chacune des entreprises clientes. Il prévoit d'abord les désignations et les références des articles livrés caractérisant, en particulier, la diversité finale par famille de produits. Pour chaque référence livrée, le contrat de service indique :

- la désignation des ateliers et les quantités moyennes journalières actuelles et prévisionnelles à livrer ;
- le mode de conditionnement : type de palette de livraison, type et nombre de conteneurs par palette, nombre de pièces par conteneur ;
- le mode de transport (routier, ferroviaire, etc.) et les caractéristiques du transport : par exemple, pour un transport routier, le type de camion, l'entreprise de transport, les jours et les horaires de livraison, les itinéraires pratiqués, etc. ;
- les conditions de sécurisation des approvisionnements : par exemple, la mise en place d'un stock de sécurité de x jours, la localisation des stocks ;
- les caractéristiques des ordres de livraison :
  - la fréquence d'émission (mensuelle, hebdomadaire, journalière, plurijournalière),
  - les dates et heures d'émission,
  - les préavis laissés à leur exécution,
  - le mode de transmission des ordres : fax, boîte, minitel, télétransmission, etc. ;

- le mode de programmation prévisionnelle : les caractéristiques à préciser sont :
  - la fréquence, en général, mensuelle,
  - l'horizon : nombre de mois de prévisions fourni par le programme,
  - le préavis : date de communication du programme avant le début du premier mois du programme,
  - le mode de transmission ;
- les conditions de cohérence entre les prévisions et les ordres : elles peuvent indiquer la plage de variation, exprimée en pourcentage, dans laquelle la valeur de l'ordre peut s'inscrire autour de la valeur prévisionnelle.

Exemple : le cahier des charges logistiques du produit : ensemble A (tableau 5).

Tableau 5 – Cahier des charges logistique du produit : ensemble A	
— Usine Fournisseur	Entreprise F adresse
— Usine Cliente	Entreprise C adresse
— Nombre de références : 10 CMJ totale = 950 pièces/jour $a = 550 - b = 150 - c = 100 - d = 75 ; e = 25$ $f - g - h - i - j = 10$ par jour et par référence	
— Conditionnement : <ul style="list-style-type: none"><li>• conteneur type Z 5 = 150 pièces/conteneur</li></ul>	
— Transport : <ul style="list-style-type: none"><li>• fréquence journalière par entreprise T adresse.....</li><li>• horaire de départ ..... 14 h</li><li>• horaire d'arrivée ..... 17 h 30 ± 30 min { magasin M quai Q</li></ul>	
— Sécurisation : <ul style="list-style-type: none"><li>• stock de sécurité 5 j</li><li>• emplacement dépôt : entreprise D adresse.....</li></ul>	
— Ordres clients : <ul style="list-style-type: none"><li>• fréquence journalière</li><li>• transmission : minitel code XXXX ..... j à 9 h pour expédition (j + 1) à 14 h etc.</li></ul>	
CMJ consommation moyenne journalière ; j jour.	

Un cahier des charges précis permet ainsi de définir les objectifs, de comparer les performances et d'analyser les défauts du système de production par rapport aux attentes des clients, puis d'établir un système cohérent, globalement et dans le détail, répondant strictement à ces attentes.



# 11. Assainissement du fonctionnement logistique

## 11.1 Généralités

Le premier facteur de l'assainissement logistique d'une entreprise est le réexamen des conditions de mise à disposition des produits à la clientèle et la formalisation des paramètres avec les clients.

Deux éléments sont primordiaux :

- les conditions d'exécution des commandes qui prennent en compte les préavis d'exécution et les fréquences d'expédition ;
- les conditions de flexibilité.

### Exemple

■ Les temps de réponse nécessaires à l'**exécution des commandes** sont variables selon les produits :

- ensemble A : 2 jours dont 1 jour de transport avec expéditions journalières ;
- produits moulés et usinés : de 1 à 5 jours avec expéditions hebdomadaires ;
- produits moulés : de 1 à 3 semaines avec expéditions mensuelles.

■ Les **conditions de flexibilité** sont elles aussi variables.

● Pour les ensembles A et les produits moulés et usinés, l'entreprise F reçoit deux types d'informations :

- les programmes reçus chaque fin de mois donnant des quantités prévisionnelles semaine par semaine pour le mois suivant ;
- des ordres de livraison :
  - hebdomadaires reçus en semaine  $s$  pour la livraison de  $s + 1$  pour les produits moulés et usinés,
  - quotidiens reçus à  $j - 2$  de la réception chez le client.

Les ordres de livraison diffèrent des quantités prévues dans les programmes. Il est nécessaire de préciser avec le client dans quelles limites ces quantités peuvent s'en écarter. On détermine ainsi les conditions de flexibilité.

Il est clair aussi que les 2 types d'informations ne peuvent être exploités de la même façon. Ce point sera examiné plus loin (§ 11.3).

● Pour les produits moulés, l'entreprise F reçoit 1 seul type d'information des quantités fermes à livrer.

L'assainissement logistique est l'objectif principal de l'analyse des flux.

Nous en décrivons les principales étapes en nous appuyant sur l'exemple de l'entreprise F.

## 11.2 Interprétation des temps de défilement

■ La notation graphique en parallèle des temps de défilement des flux clients et des flux fournisseurs donne une information indispensable au choix des ordres de fabrication dans les systèmes logistiques complexes.

### Exemple

Fabrication du produit A. Situation initiale.

#### Montage :

- la fabrication est en continu avec un temps de cycle d'environ 1 minute ;
- les quantités demandées sont situées entre 800 et 1 100 pièces par jour ;
- le délai total de réalisation est, au maximum, d'une journée de 2 équipes.

#### Usinage :

- campagnes hebdomadaires avec délai compris entre 2 et 6 jours.

#### Moulage :

- campagnes hebdomadaires avec délai compris entre 2 et 6 jours.

Dans ces conditions, il est possible, dans un premier temps :

— d'utiliser, pour l'assemblage, les ordres de livraison du client (le préavis de 2 jours est compatible avec le temps de réponse interne) ; c'est aussi le type d'ordre le mieux approprié à la diversité du produit et à la flexibilité existante de l'assemblage ;

— de mettre en place, à l'usinage, un fonctionnement en KANBAN qui est spécifique au produit ; ce type d'ordre de fabrication est bien approprié à ce mode de fabrication, peu diversifiée à ce niveau et relativement stable en volume ;

— d'examiner, pour le moulage, la totalité des produits et la répartition des charges pour s'orienter vers la solution KANBAN ou MRP.

■ La comparaison des temps nécessaires à la transformation du produit aux délais de défilement (figure 14) met, en particulier, en valeur les attentes dans le flux et les stockages et donne une vision synthétique de l'enjeu de productivité ainsi qu'une orientation aux actions de progrès.

**Nota :** les délais non productifs sont souvent mal connus, non répertoriés en gamme de fabrication et appréciables seulement par l'analyse. Ils couvrent pourtant des coûts souvent importants de manutention, de stockage, de gestion, etc.

En revanche, les temps de transformation font souvent l'objet d'une mise en gamme systématique.

## 11.3 Identification de la flexibilité et confrontation aux variations voulues par les clients

■ La **flexibilité** s'apprécie en regard de la variabilité demandée par le client :

- de façon instantanée :
  - diversité du produit dans l'état existant de définition,
  - variations à court terme du volume, au global et dans le mix ;
- de façon évolutive :
  - évolution dans le temps de la définition et du volume.

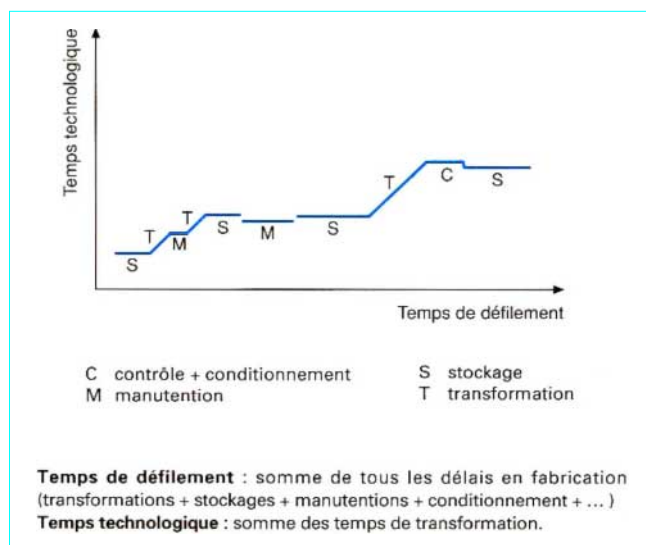


Figure 14 – Temps de défilement et temps technologique

■ Sans entrer dans les détails, les **différents paramètres de flexibilité** sont les suivants.

● **Le mode de construction de la diversité finale dans le processus.**  
Ainsi, la grille d'élaboration du produit B est structurellement plus favorable que la grille du produit A :

Produit A			
stade de processus	I	II	III
niveau de diversité	1	1	10

Produit B			
stade de processus	I	II	III
niveau de diversité	3	6	10

● **La polyvalence instantanée des procédés** avec temps de changement de référence.

● **Les limites de capacité à court terme**, déterminées par l'organisation des hommes et des approvisionnements dans l'atelier avec préavis de mise en place déterminé.

● **Les limites de capacité durables** représentées par les potentiels installés des matériels.

Ces dernières limites s'expriment sur la possibilité :  
— d'évolution des définitions et de la diversité avec préavis d'adaptation ;  
— d'évolution du potentiel total avec préavis d'évolution.

Nous voyons qu'il est nécessaire de connaître et de confronter, entre client et fournisseurs, les paramètres de flexibilité et de variabilité pour déterminer, avec pour objectifs un meilleur service et une flexibilité améliorée :

- les évolutions nécessaires dans l'organisation existante ;
- les orientations industrielles à plus long terme.

**Exemple : usinage de l'ensemble A**

processus	moulage	usinage	assemblage
Diversité	1	4	10

— Grille de diversification du produit dans le processus.  
— Temps de changement de type de produit fabriqué à l'usinage : 45 minutes.

Une analyse technique des opérations de changement de fabrication et des aménagements sur les machines montre qu'il est possible de réduire ce temps de 45 à 3 minutes ; ce qui permet une fabrication par lot de même taille que ceux réalisés à l'assemblage, et autorise une mise en ligne des 2 processus.

Ces 2 premières étapes d'identification et de prise de connaissance autorisent les 2 étapes suivantes d'amélioration.

11.4 Adaptation du système de programmation

Nous avons vu (§ 11.1), que 2 types d'informations sont transmis par les clients :  
— des ordres de livraison ;  
— des prévisions sous forme de programmes envoyés régulièrement.

Des conditions de flexibilité, indiquant dans quelles limites les ordres peuvent varier autour des prévisions, doivent être déterminées.

■ Les ordres de livraison peuvent être utilisés pour fabriquer puis livrer si les conditions de temps de production sont compatibles avec les délais de livraison convenus (c'est le cas de l'assemblage du produit A comme nous l'avons vu dans l'exemple du paragraphe 11.2).

■ Pour toutes les autres fabrications pour lesquelles les délais de production sont supérieurs aux préavis de livraison, il est nécessaire de :  
— lancer les fabrications pour remplacement des pièces effectivement consommées par l'opération suivante (KANBAN) ;  
— lancer les livraisons par anticipation sur la livraison prévue à une date donnée.

Dans ces 2 derniers cas, les dimensionnements du stock de produits fabriqués et des quantités lancées tiennent compte d'un maximum de livraison possible basé sur les conditions de flexibilité fixées.

11.5 Organisation des flux physiques internes de l'usine

Il est nécessaire de considérer, par famille de produits, plusieurs paramètres :  
— les possibilités d'affectation des fabrications selon les moyens ;  
— les charges de production par type de matériel ;  
— les temps cycles de fabrication, les délais et les préavis de fabrication, etc. ;  
— les conditions de livraison aux clients.

Tous ces éléments sont confirmés par l'analyse logistique et permettent de construire un modèle de fonctionnement de l'atelier (flux, modules d'activité, systèmes de programmation) plus performant.

**Exemple**  
Organisation des flux de l'usine F.

■ **Produit A**  
— Mise en ligne des opérations d'usinage et d'assemblage sans mise en magasin des produits en cours de fabrication.  
— La production à l'assemblage est la quantité exacte appelée par le client.  
— La production à l'usinage est « tirée » par KANBAN par l'assemblage. Un en-cours intermédiaire entre usinage et montage est juste dimensionné pour obtenir la flexibilité requise.  
— Le moulage est réalisé sur des machines dédiées au produit A après analyse des charges avec production en KANBAN comme à l'usinage.  
— Les horaires de production en 3 × 8 sont les mêmes pour les 3 opérations.

■ **Produits moulés et usinés à production régulière**  
Des groupes de machines sont affectés à ces produits. L'affectation est revue mensuellement mais avec des retouches mineures.  
La production en KANBAN est organisée en remplacement des produits expédiés chaque semaine.

■ **Produits appelés mensuellement ou irrégulièrement et marchés ponctuels**  
Quelques machines de moulage pour 1 centre d'usinage sont affectées à ces produits.  
Un plan de production est organisé selon les quantités appelées avec un préavis convenu, adapté avec celui du lancement de fabrication.

## 11.6 Amélioration des moyens et des procédés

La connaissance des paramètres des flux permet d'organiser les actions nécessaires à une meilleure tension et à une plus grande flexibilité, selon les priorités dégagées de l'analyse des stocks.

Les domaines d'amélioration sont ceux de la qualité, de la fiabilité des matériels, des temps de changements de campagne, de l'implantation des machines, de la standardisation ou de l'organisation de la diversification dans le flux.

## 11.7 Gestion des stocks et des en-cours

La connaissance permanente des stocks et des en-cours peut être le support d'un processus permanent d'amélioration.

■ **L'état actuel réel** a été mesuré, par phase de processus, depuis le magasin de produits approvisionnés jusqu'aux points de consommation finals. Les stocks hors flux sont identifiés, évalués par cause.

Les stocks jugés superflus lors de la première analyse doivent être éliminés.

■ Un **état objectif** doit être élaboré sous la responsabilité des exploitants avec :

- prise en compte des conditions techniques de fabrication du produit et des exigences de flexibilité ;
- évaluation au plus juste nécessaire des besoins pour sécurisation de flux pour aléa ;
- estimation de gains liés à des aménagements matériels.

L'amélioration, conjointement à l'élimination des stocks, doit être intensifiée par la réduction de la cause de ces stocks.

## 11.8 Construction d'un tableau de bord logistique

### ■ Indicateurs de satisfaction du client

Ils correspondent aux mesures de la ponctualité et de la conformité des livraisons (**taux de satisfaction**) chez les clients. Ces mesures doivent s'appuyer sur le protocole de livraison défini avec le client et en évaluer la bonne exécution.

### ■ Indicateurs de performance logistique par flux logistique (figure 15).

Il faut contrôler régulièrement :

- le **délai de livraison** (entre l'émission d'ordre du client et la livraison du produit), suivi en valeur moyenne et en dispersion ;
- le **délai de défilement** en fabrication ;
- le **ratio en-cours total du flux ramené à l'en-cours optimal** ;
- le **ratio temps de défilement/temps technologique de transformation**.

Pour les délais de livraison et de défilement, par fiches suiveuses et moyens informatiques, la date de passage à chaque stade de fabrication doit être repérée.

Outre les informations d'identification du produit et des quantités, indispensables à la bonne gestion d'atelier, il ne faut pas oublier de repérer les mises en stock immobile pour dysfonctionnement (§ 6).

Une présentation simultanée en colonne de ces indicateurs pour l'ensemble des flux de produits d'une usine de production constitue un tableau de bord logistique opérationnel.

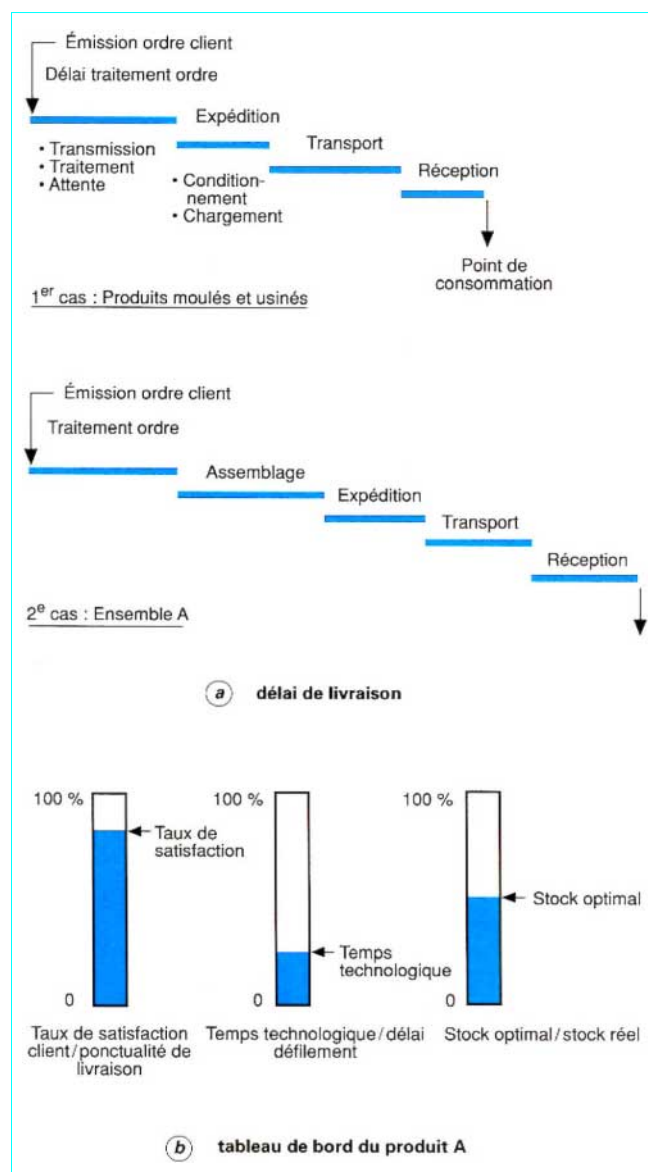


Figure 15 – Indicateurs de performances logistiques

## 11.9 Exploitation des données pour des simulations et des optimisations

La mise en place d'un système de production ayant durablement des performances optimisées repose sur :

- la définition d'une bonne structure de production ;
- la mise en place d'un fonctionnement fiable et cohérent.

De cette façon, les conditions de fonctionnement de chaque secteur de fabrication, nécessairement aléatoires sur le plan des délais de production, de la qualité et de la fiabilité des machines, ne peuvent affecter le fonctionnement général, si ces conditions ont été bien identifiées et correctement prises en compte.

La recherche des meilleures performances recouvre, en particulier :

- le découpage et la diversification des produits dans le processus ;
- la définition des procédés, des moyens et de leurs performances ;
- la répartition géographique des produits et des moyens de fabrication, les implantations ;
- le choix du mode de programmation ;
- le découpage des responsabilités opérationnelles.

Ces critères sont déterminés en regard des caractéristiques de la demande des clients ou du marché qui peuvent être parfaitement connues, évolutives dans le temps, fluctuantes instantanément ou totalement incertaines.

Il est clair que les facteurs énumérés ci-avant sont interdépendants et que l'emploi de techniques de recherche opérationnelles (simulations de fonctionnement, optimisation) peut être nécessaire :

- l'existant après analyse est modélisé par des modules d'activité liés entre eux, dont le découpage est guidé par l'homogénéité des processus et des produits, et l'unicité de l'ordre de fabrication ;
- l'élaboration du produit est représentée par des matrices successives d'entrée/sortie ;
- la valorisation des paramètres est effectuée à partir des caractéristiques de défilement, des performances et des facteurs de coût de chaque tronçon.

## 12. Mise en œuvre d'une recherche permanente de progrès

En conclusion, nous pouvons considérer que l'analyse de la logistique industrielle est une démarche de mise en œuvre aisée préalable à l'amélioration de la performance industrielle.

Elle permet :

- de préciser les conditions de satisfaction du client ;
- de dégager les risques encourus par les dysfonctionnements du processus physique et les incohérences du processus informationnel ;
- de définir les actions immédiates d'adaptation et d'élimination des stocks superflus ;
- d'encadrer et d'orienter les actions ultérieures de diagnostic et d'amélioration du processus après hiérarchisation des causes de stocks ;
- de localiser les « poches » importantes de coûts ajoutés non productifs ;
- de mettre en place au niveau de l'exploitant, des outils simples et visuels de gestion et d'amélioration permanente.