

# Cours de la 4<sup>ème</sup> année 2017-2018

---

Gestion de la Production et GPAO  
L.OUZIZI

# Plan de la matière

- Introduction à la Gestion de Production et Opérations
  - La gestion des stocks
- La gestion des données techniques pour l'élaboration d'une GPAO
  - Planification hiérarchique : PDP, MRP1, MRP2
    - La méthode KANBAN
      - La méthode OPT
    - Les Ordonnancements
  - Ordonnancement d'un projet avec la méthode PERT
    - Ordonnancement de la production
    - Cas d'une machine et 2 machines

# CHAPITRE 1

---

## Introduction à la GPO

# La fonction production

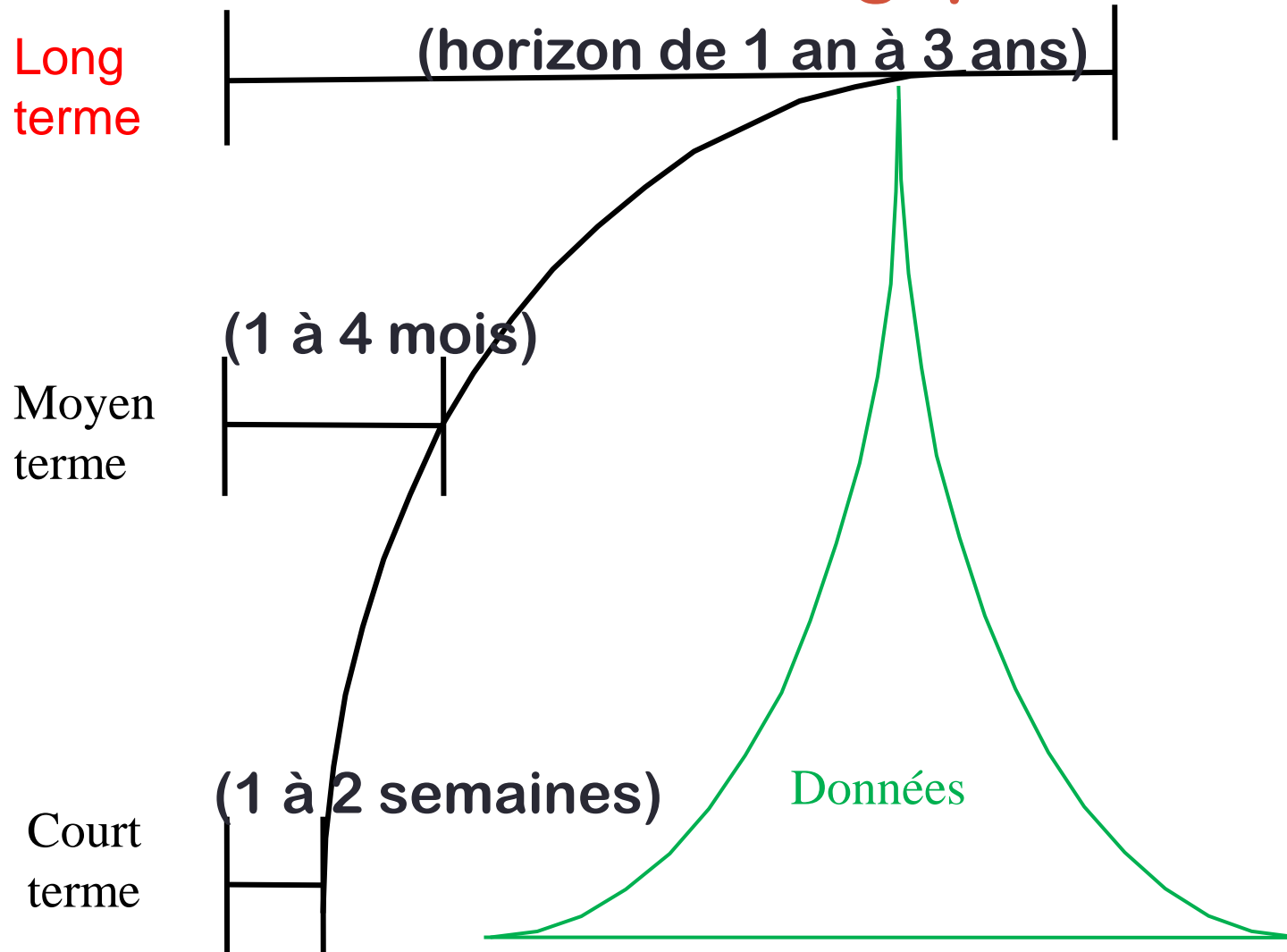
## Gestion de la Production?

**Prendre à tout moment des décisions adéquates concernant la production**

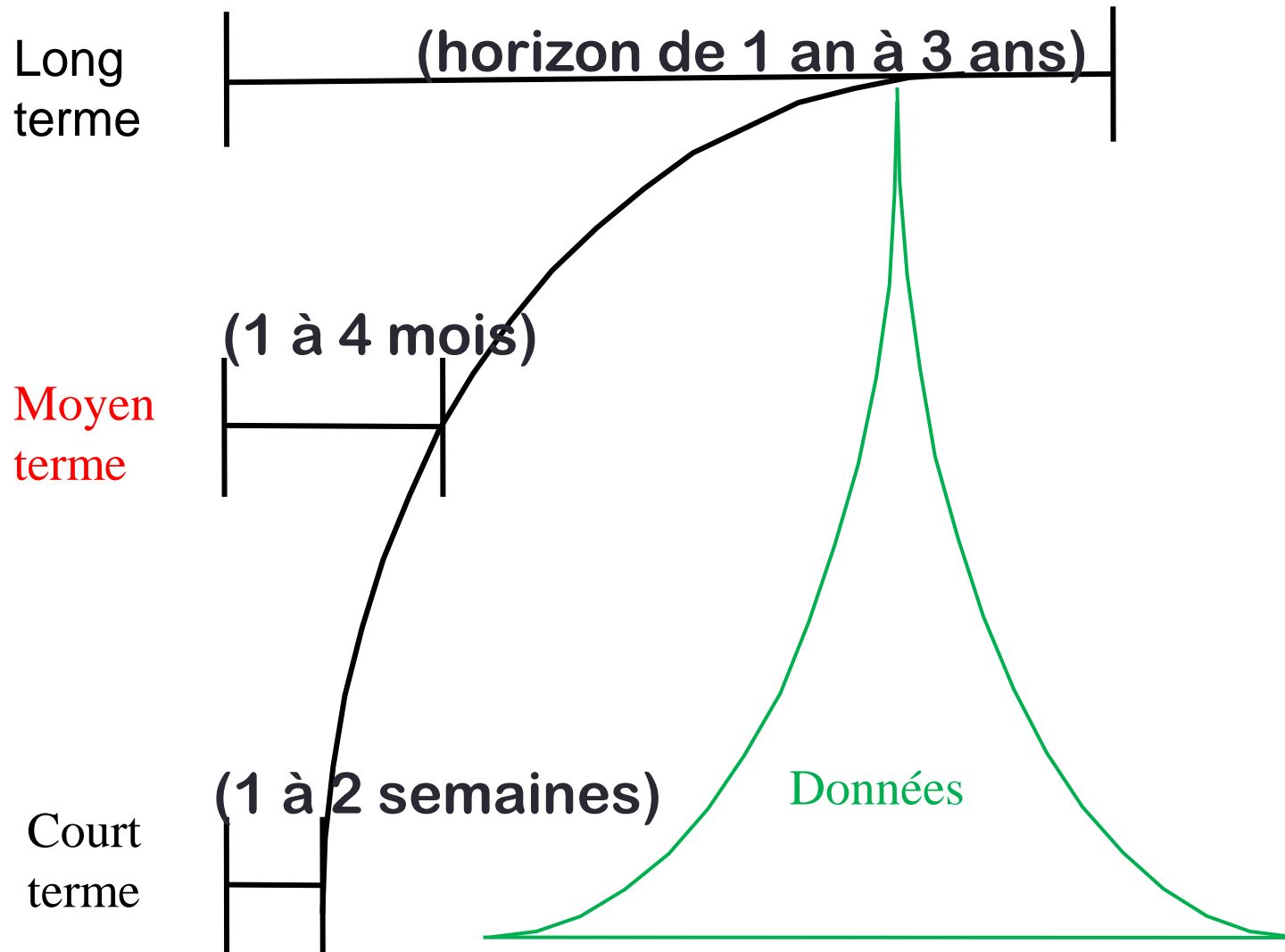
# Niveaux de décisions?

- ▶ **Décisions stratégiques à long terme**
- ▶ **Décisions tactiques à moyen terme**
- ▶ **Décisions opérationnelles à court terme**

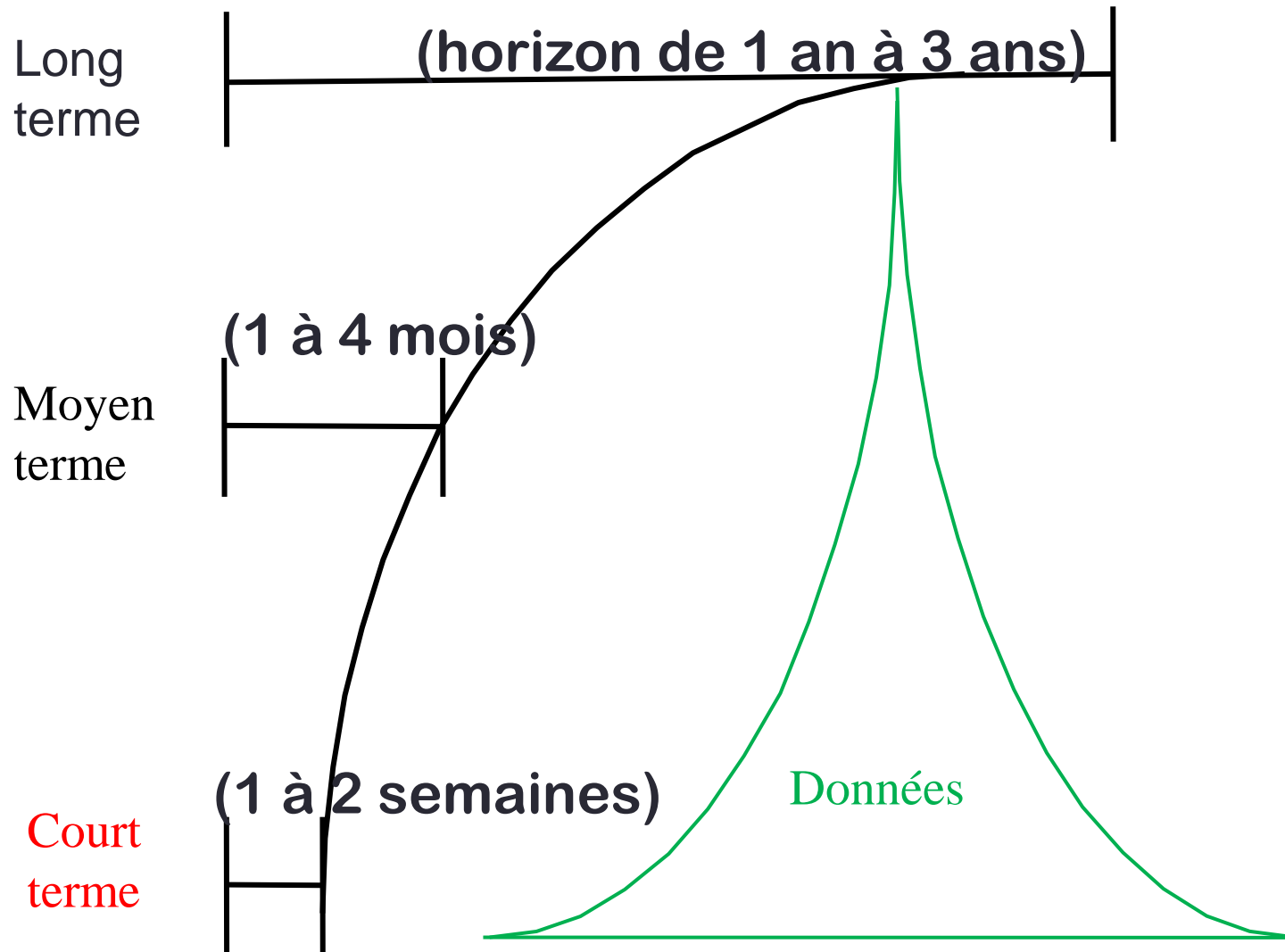
# Niveaux de décisions Stratégique



# Tactique ?



# Opérationnel ?





# Pourquoi la GP est elle si difficile ?

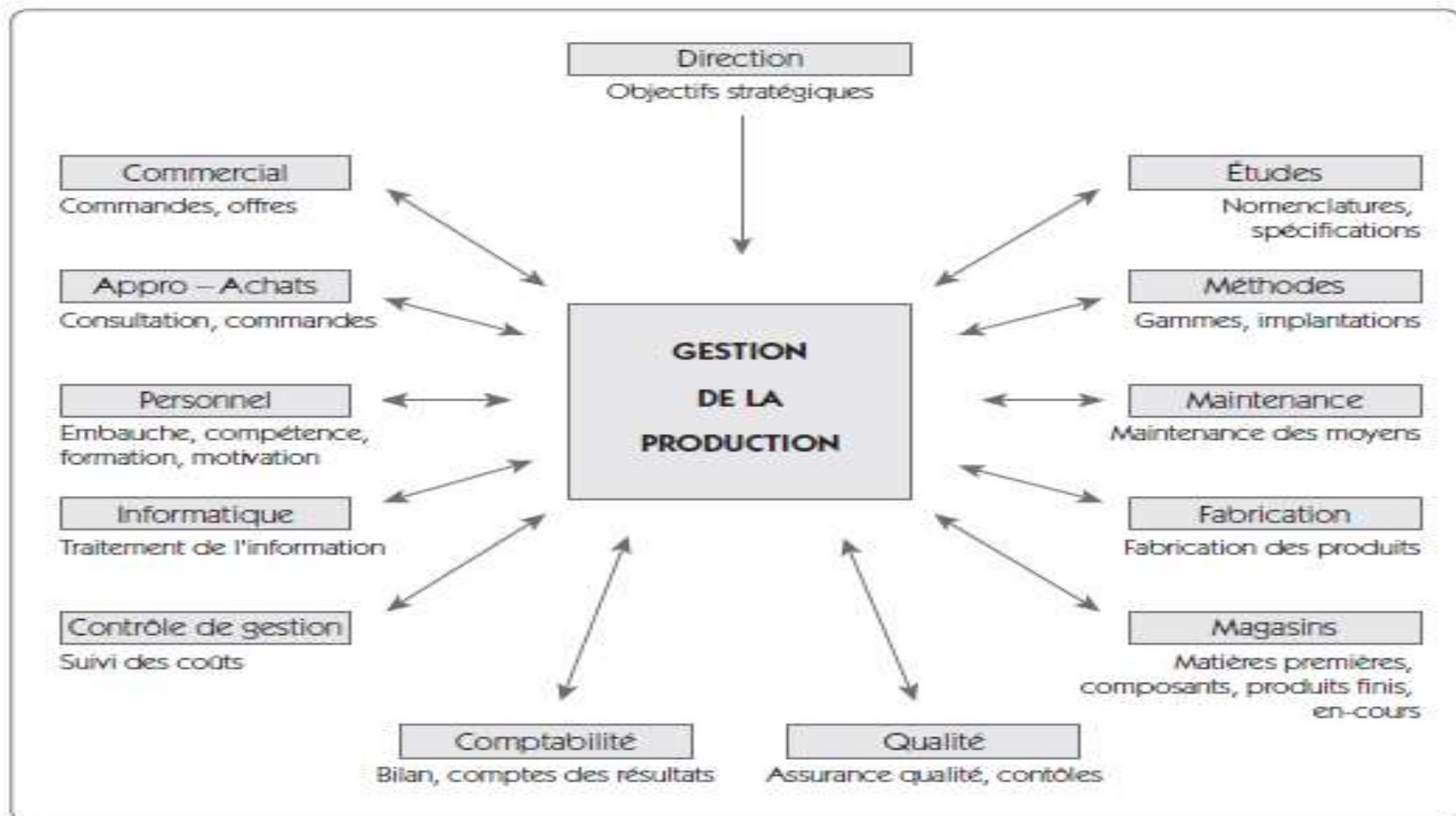
- a) Incertitude des données
- b) Interconnexion des services
- c) Antagonisme des critères
- d) Multiplicité des système de production
- e) Complexité des calculs pour obtenir des solutions

# Pourquoi la GP est elle si difficile ?

## b) Interconnexion des services

La GP intervient dans tous les services traditionnellement présents dans une entreprise :

- **Direction générale**
- **BE**
- **BM**
- **Service de vente**
- **Service d'achats**
- **Services financier**
- **Services d'ordonnancement**



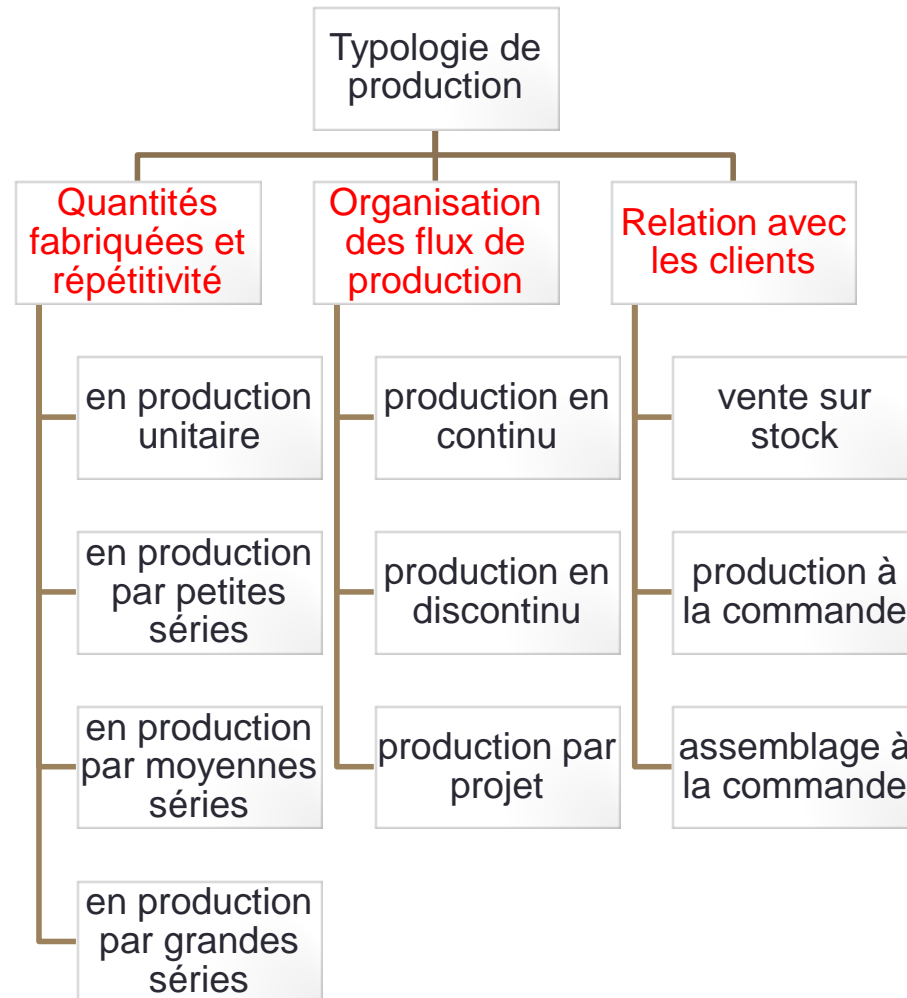
## 2. Pourquoi la GP est elle si difficile ?

### c) Antagonisme des critères

- La maximisation des bénéfices
- La minimisations des en-cours (stocks)
- La minimisation des retards
- La maximisation des charges (utilisation des moyens normaux) équivalent à minimiser les heures supplémentaires et la sous-traitance.
- Le respect de l'environnement...

# Pourquoi la GP est elle si difficile ?

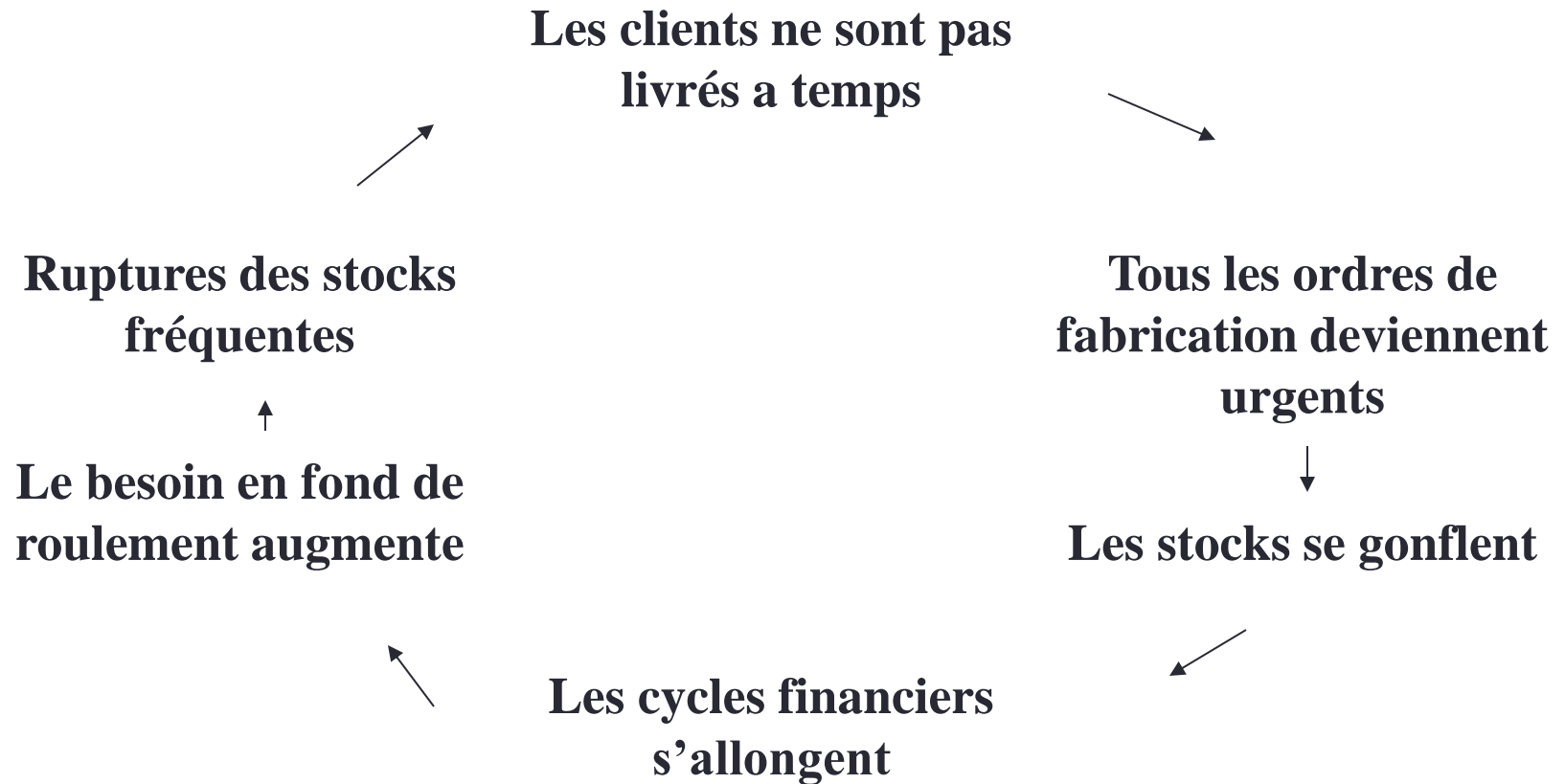
## d) Multiplicité des systèmes de production



# Pourquoi la GP est elle si difficile ?

- d) Complexité des calculs pour obtenir des solutions

# Le cercle vicieux de la gestion de production

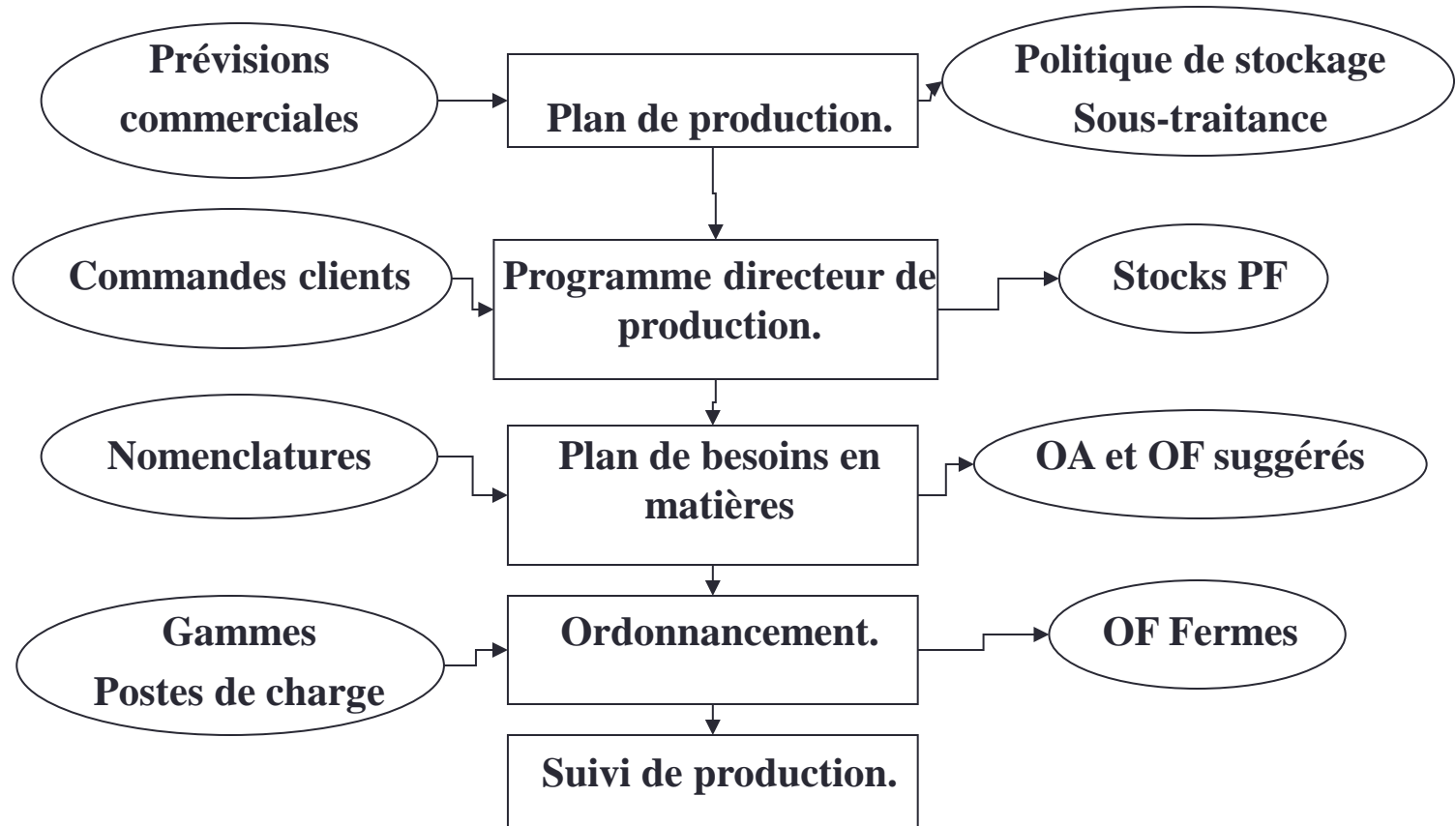


# Planification en entreprise

- Décisions prises au sein de l'entreprise (Commercial, financier, production). Long, moyen et court terme.
- Définir une politique : (orientations générales: capital, construction d'une usine, innovation, Formation ...etc.
- Les décisions relatives à la capacité (Le combien, Le quand, Le comment, Le ou)
  - Établissement du plan de production  $\Rightarrow$  Tactique
- Architecture de planification à quatre niveaux de décision



# Architecture d'un système de planification de production



\* Production and inventory management. D.W.Foraty. 1991

# Le processus de planification : la planification hiérarchisée

**Niveau 0 : Plan stratégique  
à très long terme**



**Niveau 1 : Plan directeur  
Planification de la capacité**



**Niveau 2 : Gestion des flux  
Calcul des besoins  
et gestion des stocks**



**Niveau 3 : Ordonnancement  
Gestion des priorités**

**Nécessité de prévisions pour  
disposer des ressources  
nécessaires à la fabrication**

**Prévisions à long terme pour  
ajustements majeurs des capacités de  
production**

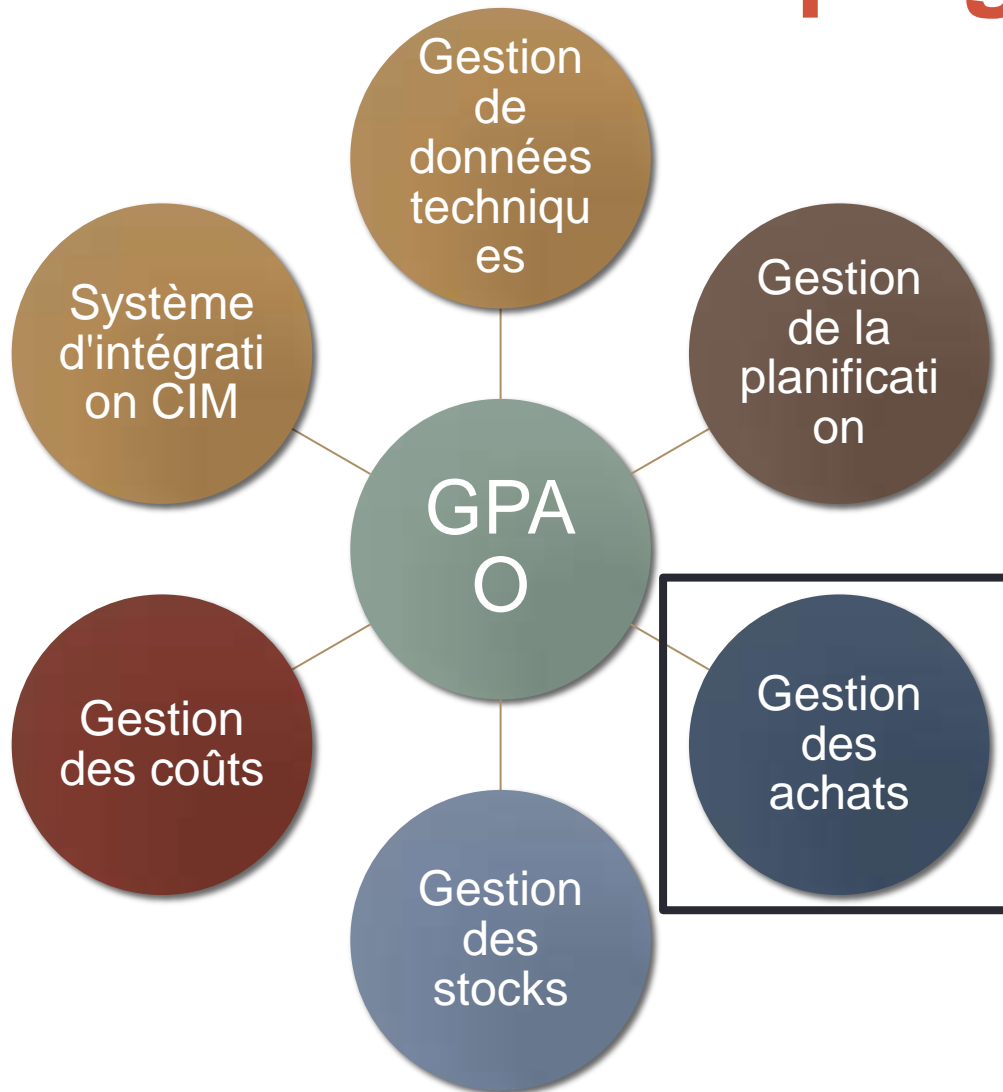
**Prévisions à moyen terme pour  
ajustements mineurs des capacités et  
passation de commandes aux  
fournisseurs**

**Prévisions à court terme pour  
réaffectation des ressources et gestion  
des priorités**

# Fonctions d'un progiciel de GPAO

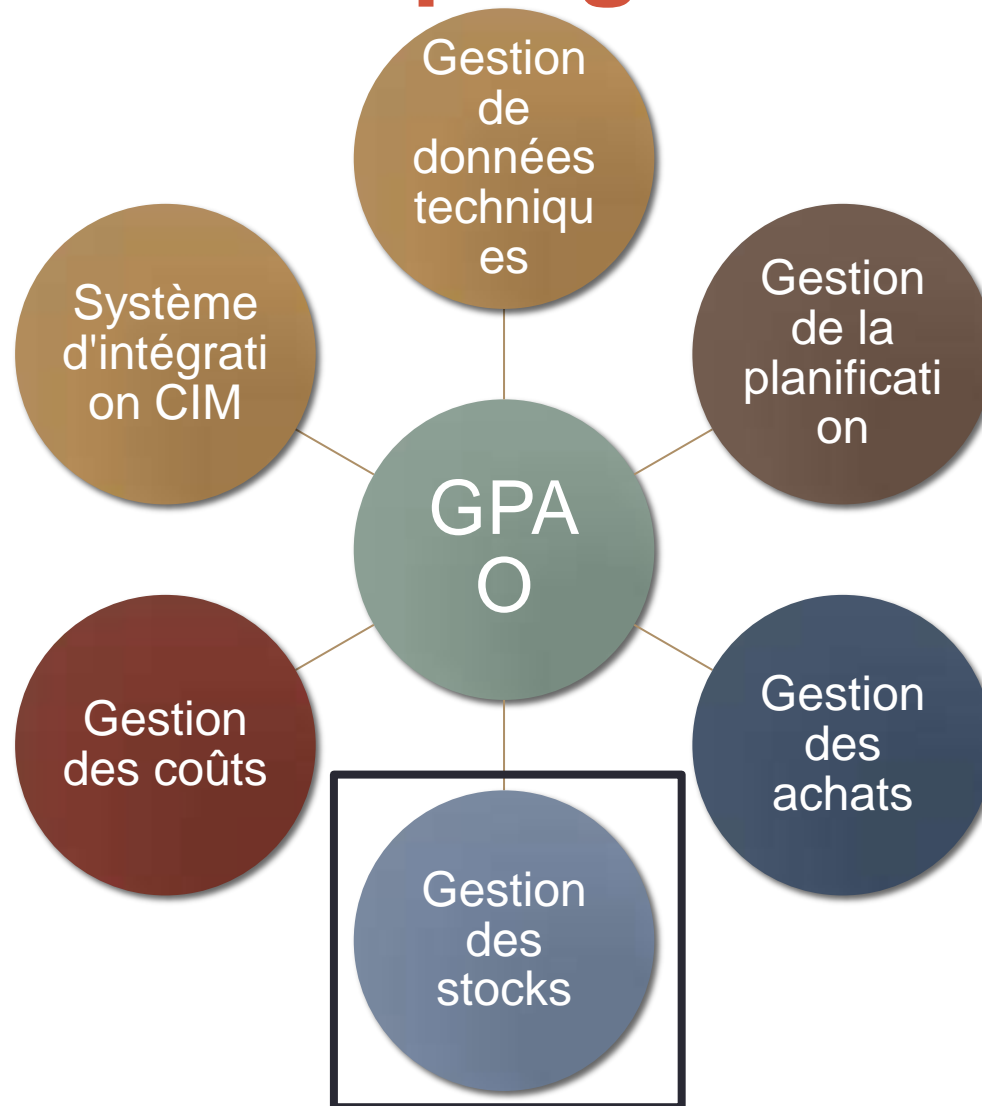


# Fonctions d'un progiciel de GPAO



- ▶ **gestion des appels d'offre**
- ▶ **gestion des tarifs**
- ▶ **achats sur des marchés négociés au préalable,**
- ▶ **gestion des commandes,**
- ▶ **gestion des fournisseurs**
- ▶ ...

# Fonctions d'un progiciel de GPAO

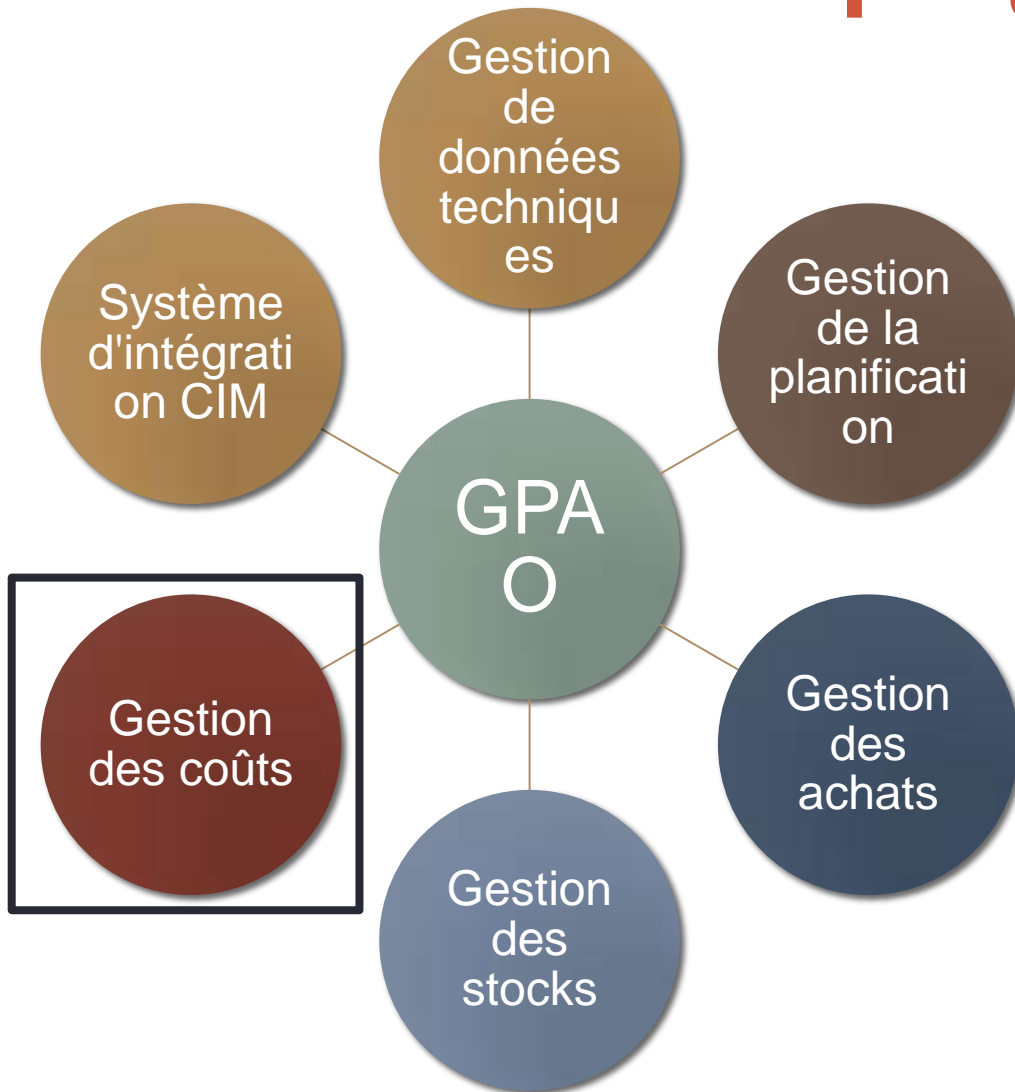


# Gestion des stocks

- ▶ Classification ABC (critère = stock moyen x Prix...)
- ▶ Q économique, formule de Wilson
- ▶ Stock de sécurité :  $SS = SS_c + SS_d$
- ▶ Inventaires
- ▶ Méthode d'approvisionnement

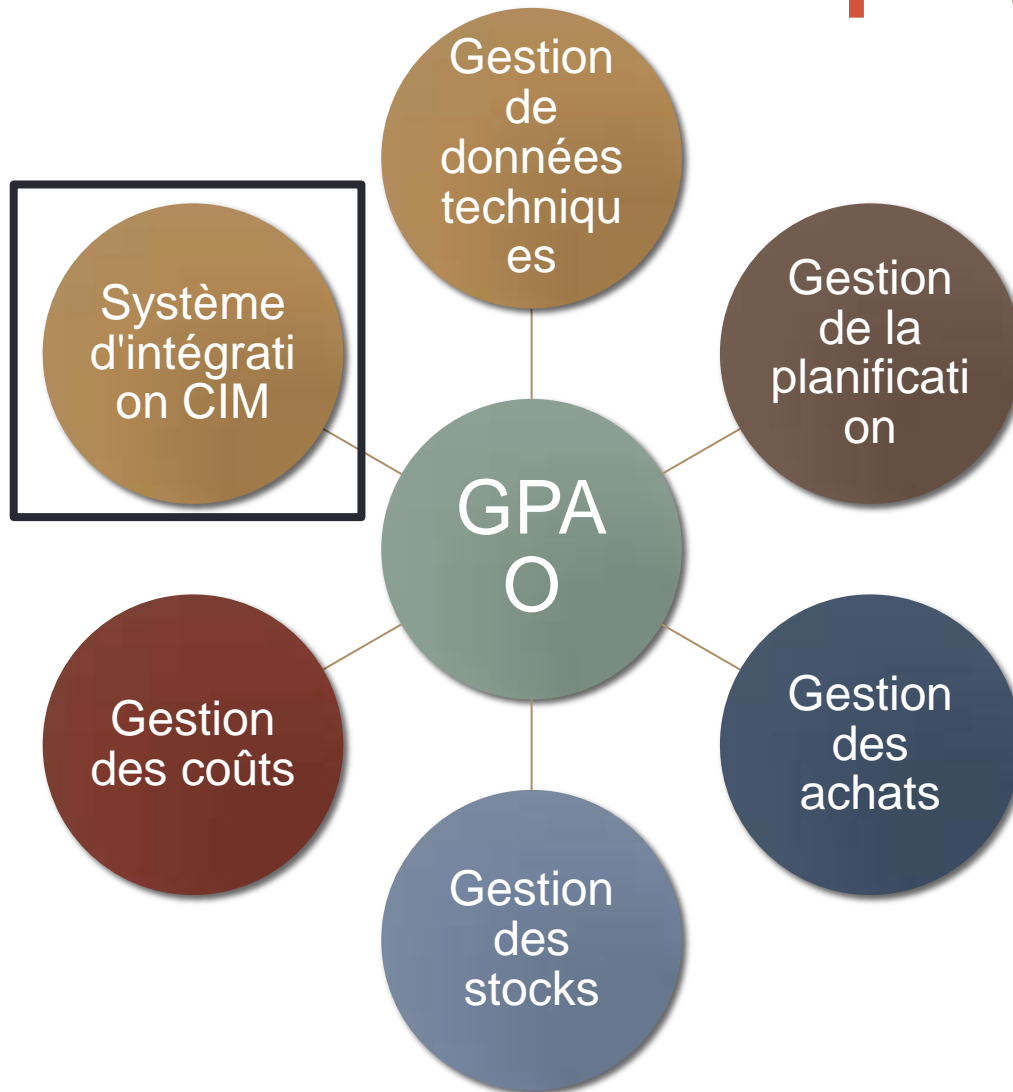
	Q fixe	Q variable
T fixe	Classe : C	Te : période économique NR : $SS + C(Te+D)$ Classe : B
T variable	Qe PC = $SS + C(D)$ Classe : A	Classe : A ++

# Fonctions d'un progiciel de GPAO



- **calculs de coûts directs et indirects,**
- **coûts de fabrication par OF, par articles, ...**
- **des indicateurs de performance etc.**

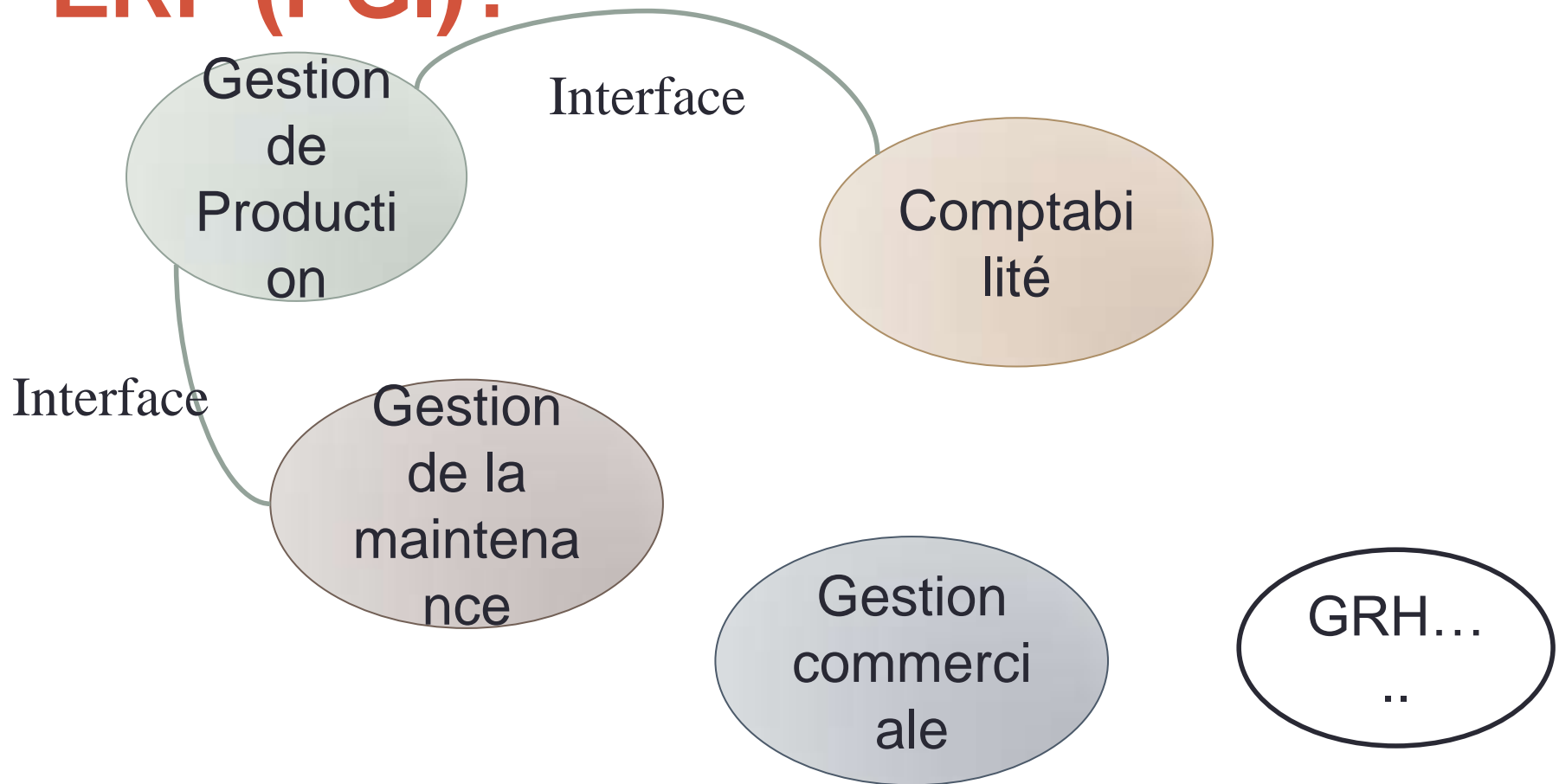
# Fonctions d'un progiciel de GPAO



► **Computer Integrated Manufacturing**

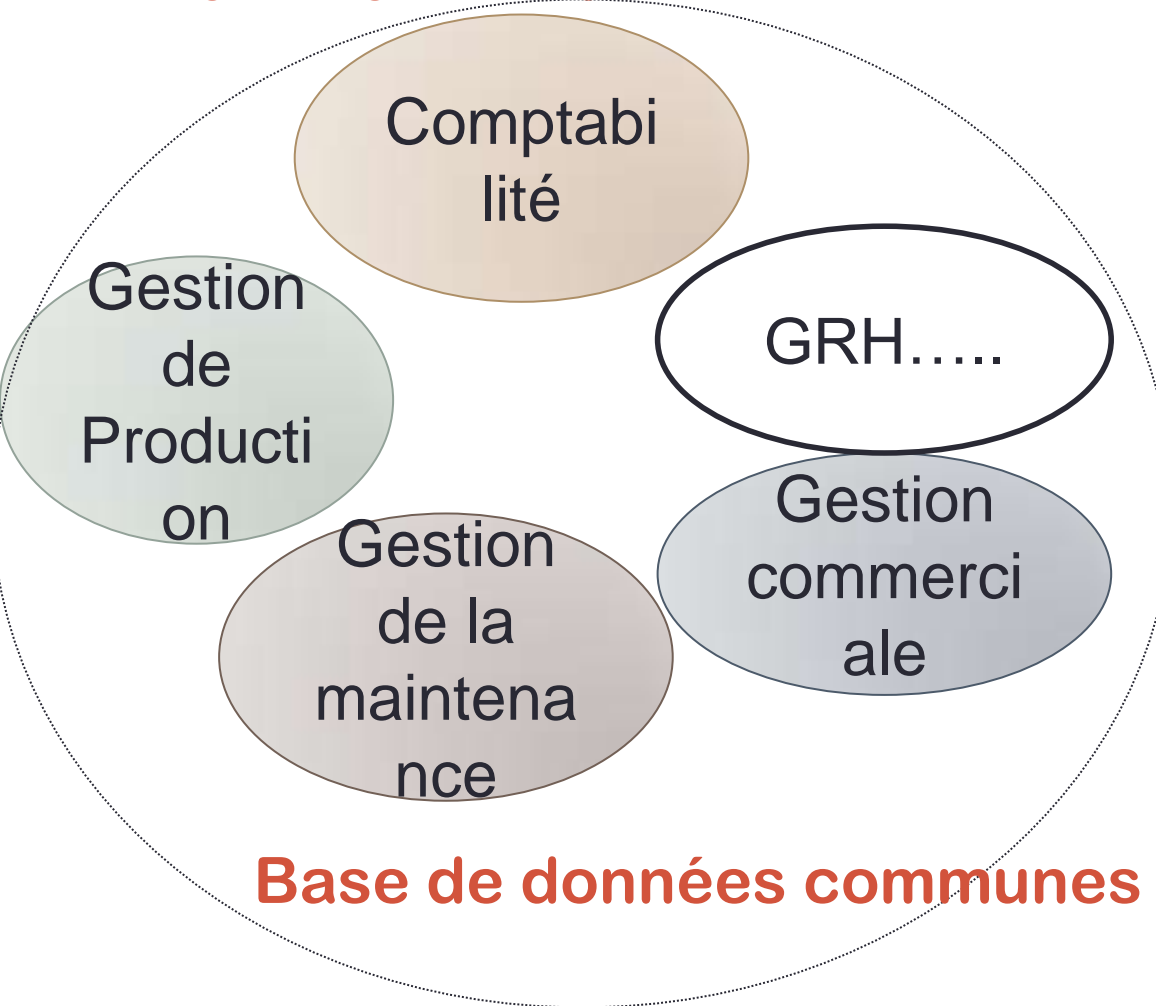


# ERP (PGI)?



# Enterprise Resource Planning

Progiciel de gestion intégré (PGI)



- ▶ l'unicité de la saisie,
- ▶ la grande disponibilité des informations,
- ▶ une interface utilisateur unique,
- ▶ une parfaite liaison entre les différentes applications.

# CHAPITRE 2

---

## La gestion des stocks

# Les types de stocks

- Stock amont(MP)
  - Stock aval (PF)
  - Stock en cours
- Stock de rechange
- Stock de maintenance.

# Coûts de stockage

## **Coût d'Acquisition ( $P_u * C_a$ ).**

$P_u$  :prix unitaire –  $C_a$  :consommation annuelle.

## **Coût de Possession( $Q/2 * P_u * t$ ).**

$Q$ :quantité commandé –  $t$ :taux de possession.

## **Coût de Passation de commande( $F * C_a / Q$ ).**

$F$ :Coût de passation d'une commande.

## **Coût de Rupture.**

## Problème de gestion de stock

Problème est trouver une politique de gestion de stock qui minimise le coût global :

$$C_g = CA + CP + CC + CR$$

Quelle est la quantité à commander?

Quelle est la périodicité de la commande?

	Période fixe	Période variable
Quantité fixe	Plan d'approvisionnement <b>WILSON</b>	Point de commande
Quantité variable	Recomplément	Méthode à quantités et périodes variables

## Modèle de Wilson

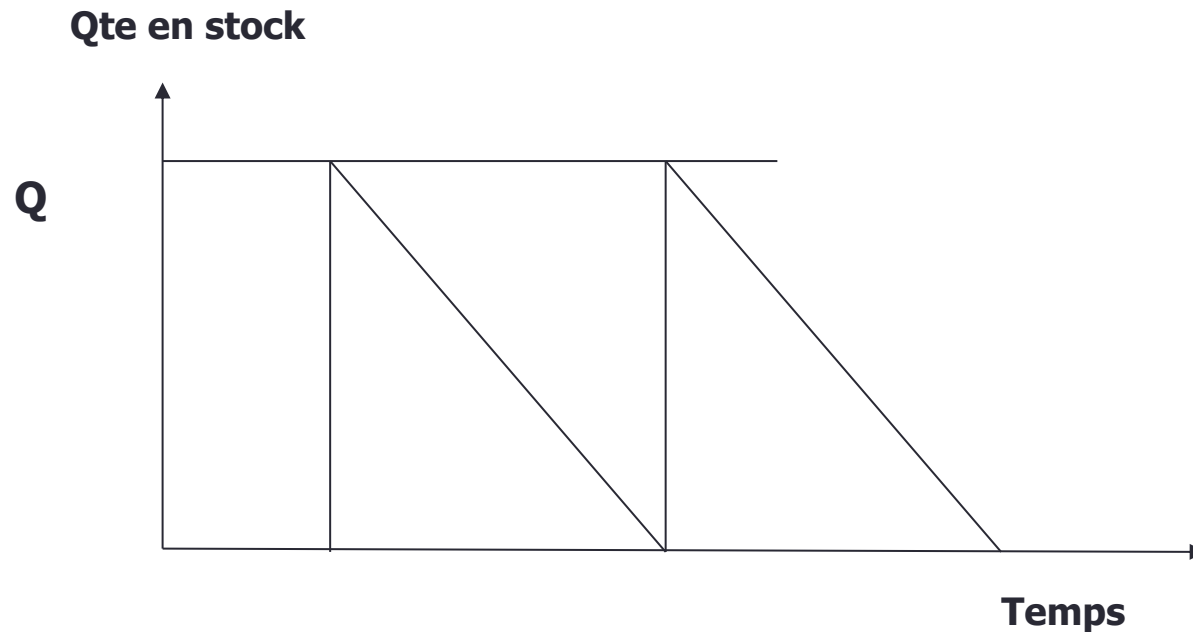
### Hypothèses:

1. Consommation régulière
2. Délai de réapprovisionnement régulier
3. Le réapprovisionnement se fait en une seule fois
4. Rupture de stock interdite
5. Le prix d'achat est indépendant de la quantité achetée

# La formule de Wilson

- La quantité économique  $Q_e$  minimise le coût global  $C_g$ .

$$C_g = P_u C_a + \frac{Q}{2} P_u t + F \frac{C_a}{Q} \qquad Q_e = \sqrt{\frac{2 F C_a}{P_u t}}$$





## Exemple d'application de la Formule de Wilson

Les quantités consommées d'un article sur une année = 6000 unités

Coût de lancement d'une commande = 60 DH

Prix du produit = 8 DH

Taux de possession de cet article par an = 9%

**Question:** quelle est la fréquence de commande pour minimiser le coût de stockage de cet article?

## Fiche de stock n° 14

Rayon : petit électroménager

Désignation : grille pain

Référence : GPP 4325

Unité de vente : 1 pièce

Délai de livraison : 8 jours

Cadence de vente hebdomadaire : 4

Quantité à commander : 10

- ② Stock maximum : 11  
 ③ Stock minimum : 4  
 ④ Stock tampon : 1  
 ⑤ Stock d'alerte : 5

⑥

Commande			Date de livraison		
Date	N°	Quantité	Prévue	Effectuée	Quantité
26/12	C678	10	02/01	02/01	10
09/01	C681	10	17/01	16/01	10

Date	Nature de l'opération	Entrée	Sortie	Stock disponible
01/01	Stock initial ⑦			1
02/01	Bon de livraison n° 4228	10 ⑧		11 ⑩
03/01	Vente		2 ⑨	9
06/01	Vente		2	7
08/01	Vente		1	6
09/01	Vente		2	4
11/01	Vente		1	3
14/01	Vente		1	2
15/01	Vente		1	1
16/01	Bon de livraison n° 6123	10		11
16/01	Vente		2	9

Opération	Résultat
Vente moyenne hebdomadaire : 4	4
Délai de livraison : 8 jours	

Opération	Résultat
Stock minimum : 4 + Stock tampon : 1	5

Opération	Résultat
Stock maximum : 11 - Stock tampon : 1	10

Opération	Résultat
Stock initial : 1 + Entrée : 10	11
Stock disponible : 11 - Sortie : 2	9

# Loi de Pareto et Courbe ABC

20% des articles représentent 80% de la valeur totale du stock.

Distinguer trois classes d'articles :

- *Classe A : articles les plus consommées 80%.*
- *Classe B : classe intermédiaire 15%.*
- *Classe C : articles les moins consommés 05%.*

## Les critères significatifs pour le gestionnaire de stock

- Quantité de commande
  - Stock moyen
- Analyse sur les prix unitaires,
- Analyse des consommations en quantités/périodicité
  - stock moyen x prix

# Les étapes d'une analyse ABC

- **Première étape :**

- Classez les articles par ordre décroissant du critère retenu.

- **Deuxième étape :**

- Faire le cumul du critère retenu à partir du tableau obtenu grâce à l'étape précédente.

- **Troisième étape :**

- Calculer le % du cumul du critère par article.

- **Quatrième étape :**

- Détermination des classes (Classe A, articles représentant 80 % du total cumulé, Classe B, représentant 95 % et Classe C, reste.

# Application

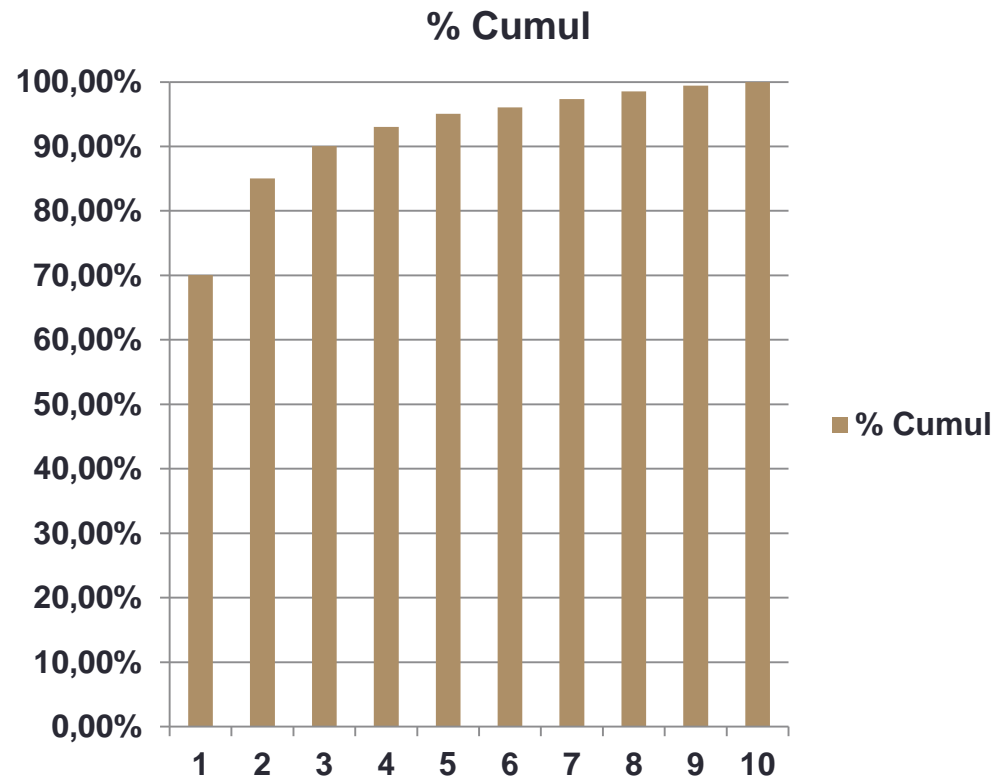
- La consommation trimestrielle des différents articles relatifs aux stocks d'une entreprise figurent ci-dessous:

N° Produit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prix Unitaire (DH)	76	122	3,5	54	305	153	9,2	64	307	161
Consommation sur 3 mois	300	100	7000	200	55	130	1500	120	500	91

- Avant de déterminer sa politique de réapprovisionnement, le responsable des stocks souhaite affecter des classes d'importance aux produits qu'il gère.
- 1. Sur quels critères peut-on effectuer les différentes analyses ? Précisez, à chaque fois, l'objectif visé.
- 2. Effectuer les analyses correspondant à ces critères. Qu'en concluez-vous ?
- 3. Détermination des classes des produits.

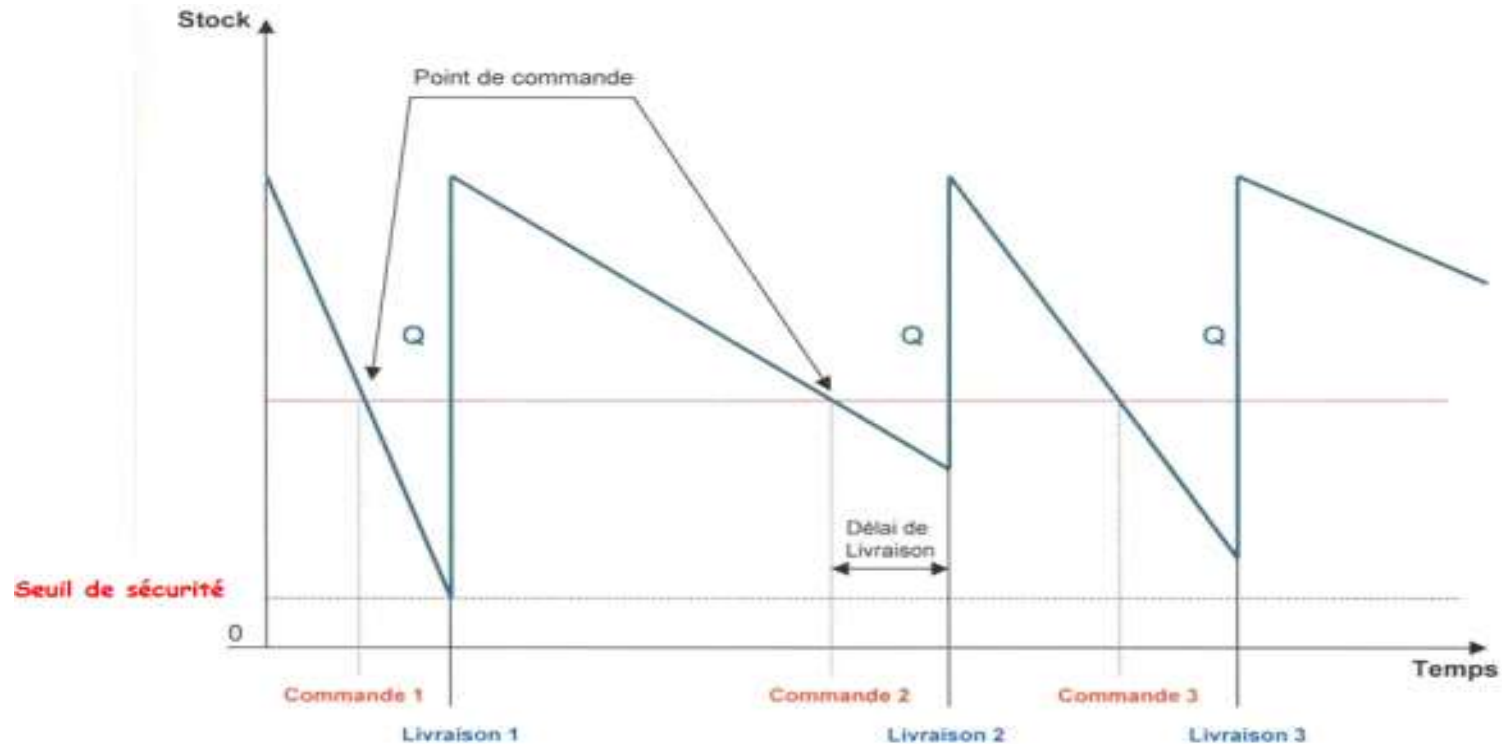
# Courbe ABC

N° Produit	Conso (3 mois)	Cumul	% Cumul
3	7000	7000	70,03%
7	1500	8500	85,03%
9	500	9000	90,04%
1	300	9300	93,04%
4	200	9500	95,04%
2	100	9600	96,04%
6	130	9730	97,34%
8	120	9850	98,54%
10	91	9941	99,45%
5	55	9996	100,00%



# *Les politiques d'approvisionnement*

## Méthode de Point de Commande



- $Q_e$  : quantité commandée.
- $PC = SS + Conso * (\text{délais de livraison})$
- Délais de livraison = lead time moyen pour la réception de l'article



## Méthode de Point de Commande : Avantages et Inconvénients

### Avantages:

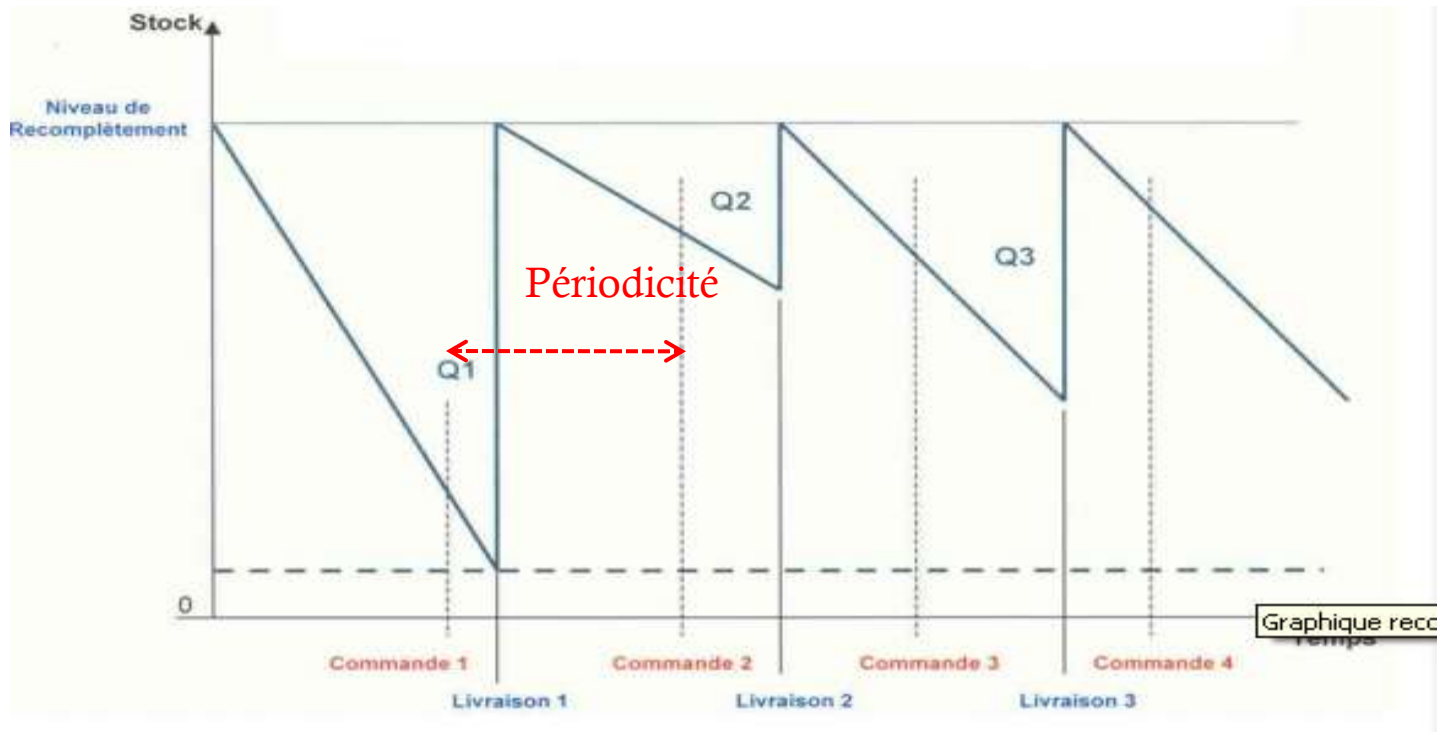
- ✓ absorbe les variations périodiques de la consommation
- ✓ stock de sécurité faible
- ✓ Grande fiabilité.

### Inconvénients:

- ✓ **Méthode chère** car le gestionnaire doit suivre constamment l'évolution du stock pour détecter le point de commande

## Méthode de re-complètement

À période fixe, on ramène le stock à un niveau dénommé « niveau de rechargement »



- $T_e$  : Périodicité de la quantité commandée.
  - $NR = SS + Conso * (T_e + D_{livr})$ .

## Méthode de re-complètement : Avantages et inconvénients

### Avantages:

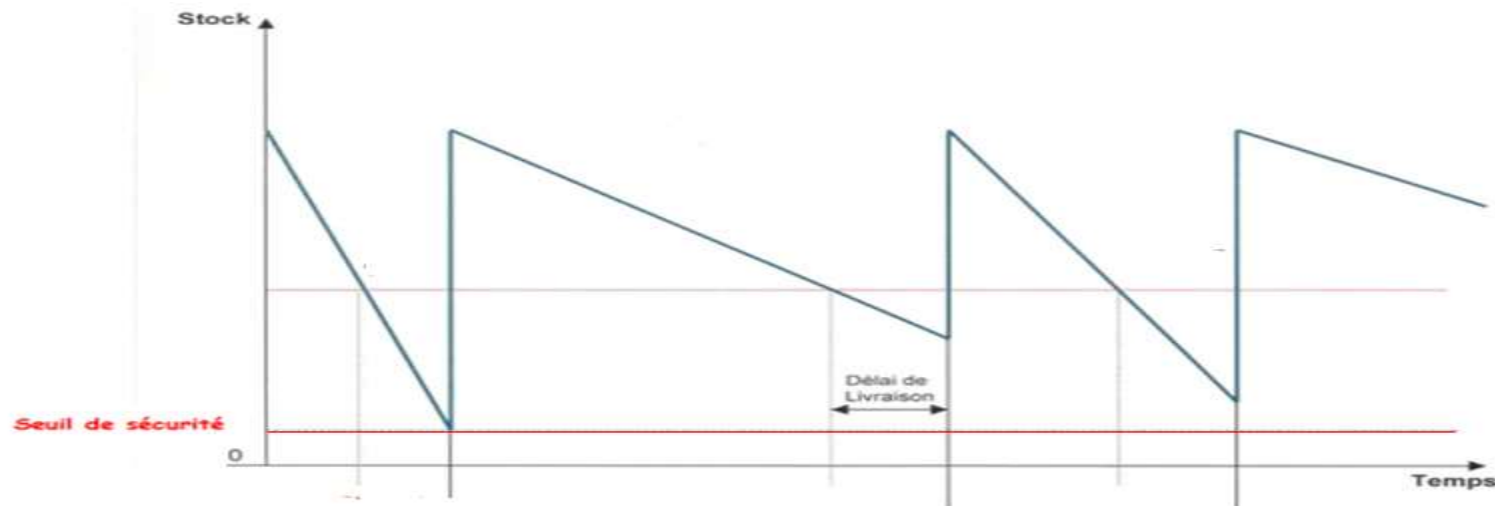
- Gestion automatique car commandes à dates fixes. Il est donc possible de regrouper des commandes
- Suivi simplifié.

### • Inconvénients

- Importance du stock de sécurité.

## Stock de sécurité

Le stock de sécurité = le niveau de stock qui permet de limiter les ruptures de stock dues aux aléas (prévisions non conformes à la demande, délai d'approvisionnement plus long que prévu, etc.)



Le SS doit corriger les

- Consommations irrégulières.
- Délais de livraison non respectés.

## Taux de service (Ts)

- Probabilité de satisfaction de la demande.
- Complément du taux de rupture.
- **$Ts = \text{nbre de demandes servies} / \text{nbre total de demandes}.$**

## Irrégularités de consommation

- Si la consommation (X) est une V.a qui suit une loi normale de moyenne  $C_m$  et d'écart type  $\sigma_c$ , alors le stock de sécurité correspondant est :

**Écart Conso**  $E_c = F_s \sigma_c$

**$F_s$  correspond à**

**$P(X \leq \text{stock de sécurité})$**

**À partir du taux de service et de la table de la loi normale centrée réduite on obtient  $F_s$**

$$SS_c = E_c \sqrt{D_m}$$

# Fs en fonction du taux de service (Table de la loi normale)

Taux de service	Fs
50%	0
80%	0,84
90%	1,28
95%	1,65
99%	2,23
99,5%	2,58
99,9%	3,09

## Retard de livraison

Lorsque le délai de livraison est aléatoire de moyenne  **$D_m$**  et d'écart type  **$\sigma_d$** , le stock de sécurité est donné par la relation suivante :

$$\begin{aligned}\text{Écart Délais } E_d &= F_s \sigma_d \\ SS_d &= E_d C_m.\end{aligned}$$



## Stock de sécurité pour la Méthode de Recomplètement

$$SSc = E_c \sqrt{T_e + D_m} + E_d C_m$$

# CHAPITRE 3

---

## La gestion des données techniques

# Système de gestion de données techniques

On distingue trois types de données :

## **De l'extérieur**

Principalement  
constitués des  
données  
commerciales

Prévisions des  
ventes,  
Commandes  
clients fermes

## **du système physique de production**

Permettent de  
connaître son  
état

Stocks disponibles,  
en-cours ;

## **décrivant les ressources, les produits, et la manière de les transformer**

C'est la gestion  
primaire des données  
techniques.

# Données Techniques

## Article

**Articles**

**Nomenclatures**

**Ressources  
Centre de  
charges**

**Gammes et  
outillages**

- Produit fini
  - Semi œuvre
  - Matériel et fourniture
- 
- Deux objets sont définis par le même article s'ils sont interchangeables du point de vue de l'utilisateur.

# Données Techniques

## Articles

- ▶ **Un identifiant ou un code** : précis, discriminant, souple, simple..
- ▶ **Une désignation ou le libellé** : l'appellation en clair de l'article
- ▶ **Données de classification** utilisées pour des tris (familles, sous-familles, catégories..)
- ▶ **Données de description physique** (la couleur, la matière, la masse, la forme...)
- ▶ **Données de gestion** comme lô de lancement ou de commande, article de remplacement, fréquence de gestionnaire, référence des fournisseurs, stock minimal de déclenchement, délai d'obtention, lieu de stockage, coefficient de perte...

## Nomenclatures

## Ressources Centre de charges

## Gammes et outillages

# Données Techniques

Articles

**Nomenclatures**

Ressources  
Centre de  
charges

Gammes et  
outillages

- **Liste hiérarchisée et quantifiée des articles entrant dans la composition d'un article-parent :**

Composés (sous-ensembles)

Composants ( articles entrant dans les composés).

# Données Techniques

## Nomenclature

Articles

**Nomenclatures**

Ressources  
Centre de  
charges

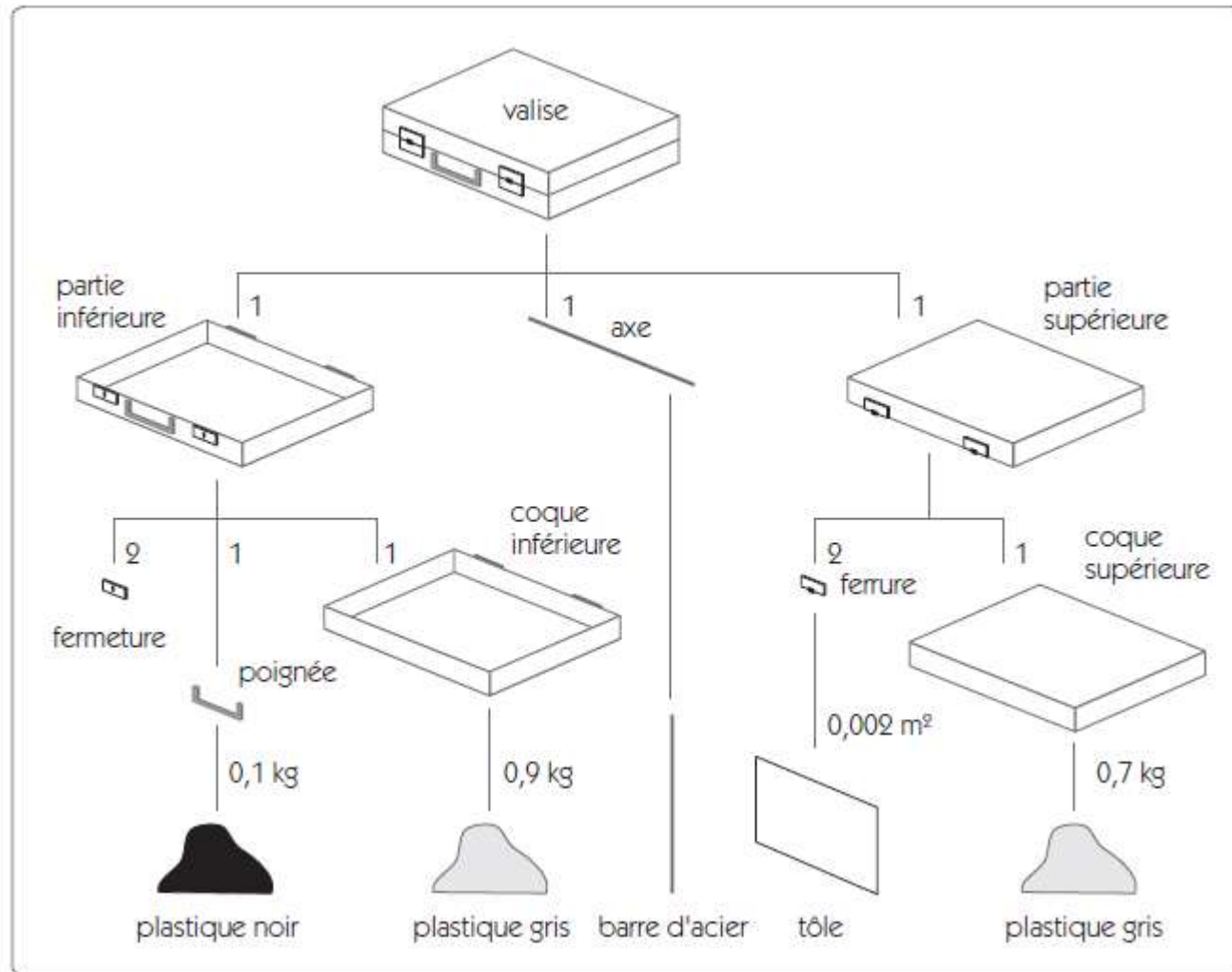
Gammes et  
outillages

- Un document de synthèse présentant la manière dont est composé un produit et les relations entre les différents composants au sein du composé.

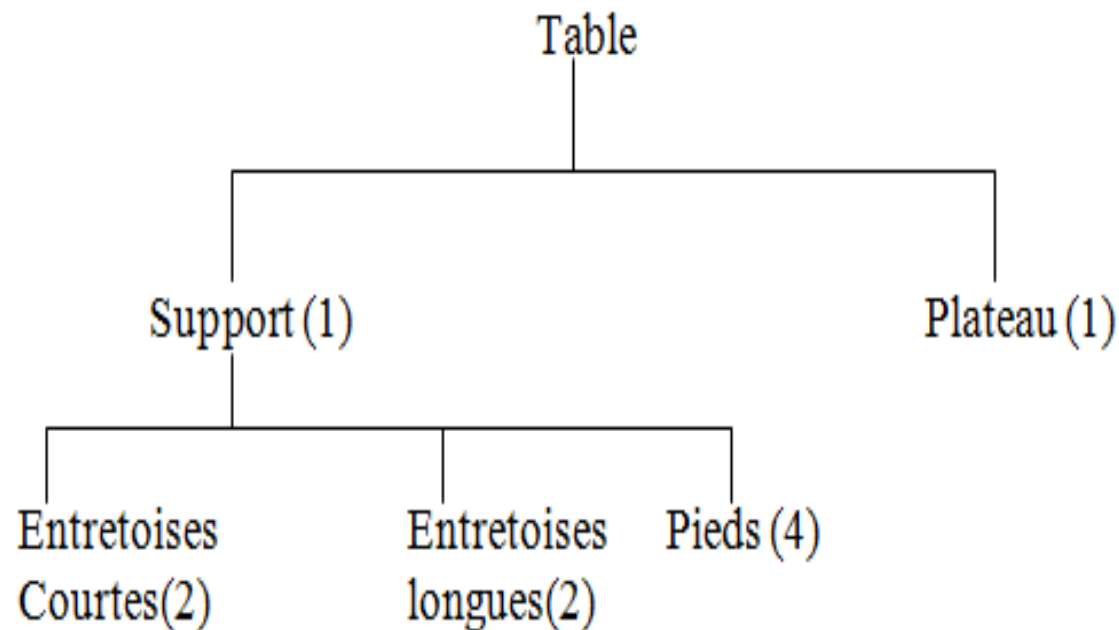
- **Nomenclature d'étude.**
- **Nomenclature de fabrication.**
- **Nomenclature d'approvisionnement.**

- **DESCRIPTION D'UNE NOMENCLATURE**

- Niveau de nomenclature
  - Coefficient







Code composé	Code composant	Libellé	Quantité composition	Niveau
120		Table	1	0
	204	Support	1	1
	206	Plateau	1	1
204		Support	1	1
	212	Entretoises courtes	2	2
	213	Entretoises longues	2	2
	214	Pieds	4	2

# Données Techniques

**Articles**

- Homme
- Machine
- Outillage
- ...

**Nomenclatures**

**Caractérisée par :**

- nature
- utilisation possible
- nombre
- localisation...

**Ressources**  
**Centre de**  
**charges**

**Pour les opérateurs :**

- la qualification
- compétence...

**Gammes et**  
**outillages**

# Les ressources

Définir les ressources ?



Décrire leurs  
caractéristiques

# Données Techniques

**Articles**

**Nomenclatures**

**Ressources  
Centre de  
charges**

**Gammes et  
outillages**

**Enumération de la succession des actions et autres événements nécessaires à la réalisation de l'article concerné.**

# Données Techniques

## Gamme de fabrication

Articles

Nomenclatures

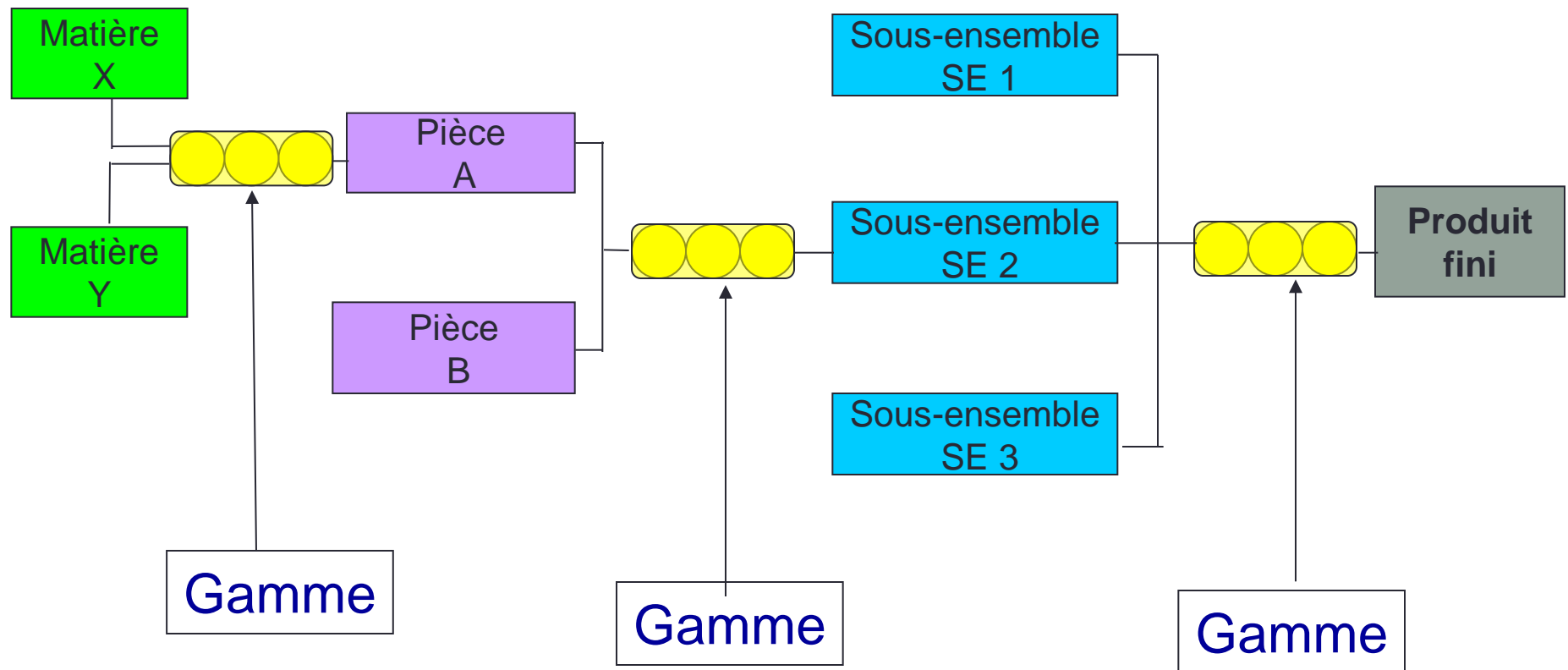
Ressources  
Centre de  
charges

**Gammes et  
outillages**

- Un document élaboré par le bureaux des méthodes décrivant l'ensemble des opérations pour l'élaboration d'un produit dans l'ordre ou elle sont exécutées.

- Il couvre les 2 aspect:
  - Technique
  - De gestion.

## Exemple des gammes d'un produit fini



# Données Techniques

Articles

Nomenclatures

Ressources  
Centre de  
charges

Gammes et  
outillages

## ► On y trouve :

- La nature du travail à effectuer,
- La liste des opérations à effectuer,
- Le poste ou la famille de postes où l'opération doit être effectuée.
- Les outils nécessaires à l'opération.
- La qualification des personnes qui exécuteront l'opération.
- La durée standard de l'opération, ainsi que les opérations de transit et d'attente.

# Données Techniques

**Articles**

**Nomenclatures**

**Ressources  
Centre de  
charges**

**Gammes et  
outillages**

► On distingue plusieurs types de gammes d'opération :

- Les gammes de fabrication,
- Les gammes de contrôle,
- Les gammes de réparation, de remplacement
- ...



# La gestion des données techniques et L'informatisation

Gérer les DT ?



les actualiser au cours de leur cycle de vie et les transmettre au services concernés

# Attention !

Valeurs erronées



Planification et programmation irréalisable

# CHAPITRE 4

---

## La planification de production

# Le processus de planification : la planification hiérarchisée

**Niveau 0 : Plan stratégique  
à très long terme**



**Niveau 1 : Plan directeur  
Planification de la capacité**



**Niveau 2 : Gestion des flux  
Calcul des besoins  
et gestion des stocks**



**Niveau 3 : Ordonnancement  
Gestion des priorités**

**Nécessité de prévisions pour  
disposer des ressources  
nécessaires à la fabrication**

**Prévisions à long terme pour  
ajustements majeurs des capacités de  
production**

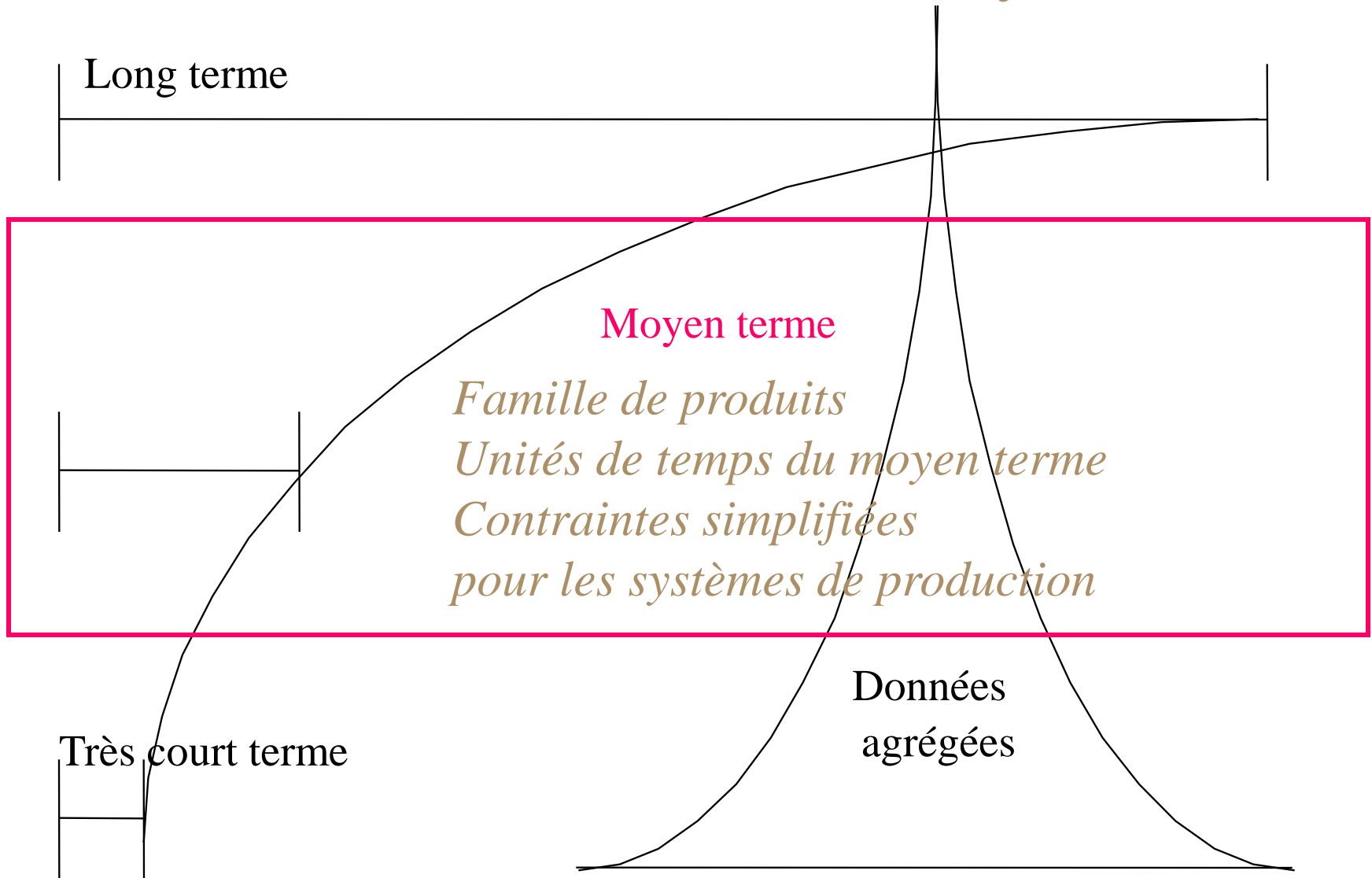
**Prévisions à moyen terme pour  
ajustements mineurs des capacités et  
passation de commandes aux  
fournisseurs**

**Prévisions à court terme pour  
réaffectation des ressources et gestion  
des priorités**

# La planification de production

- Recouvre l'ensemble des décisions prises dans les domaines :
  - Commercial, financier, production.
- **Moyen terme (une année) - Plan de production**
  - Ajustements de la capacités par rapport à la demande
- **Moyen terme (1 à 3 mois) - Programme directeur de production**
  - Détermine pour chaque article les quantités à produire.
    - **Plan de besoin en matières**
  - Détermine les matières premières à commander et les composants à produire.
- **Court terme - Ordonnancement de la production**
  - Affecter les ressources aux différentes opérations.

# Horizon de la Planification à moyen terme



# Ajustement de la capacité aux variations de la demande

## REGULATION INTERNE

- Heures supplémentaires
- Embauche/licenciement
- Taux d'utilisation des équipements (nombre d'équipes).
  - Stocks d'anticipation

## REGULATION EXTERNE

- Sous-traitance
- Les temporaires
- Partage d'équipements

# Les coûts des modes de régulation

- Les coûts d'embauche et de réduction des effectifs.
- Les coûts des heures supplémentaires et des heures non œuvrées.
  - Les coûts de la sous-traitance.
    - Les coûts de stockage.
    - Les coûts de lancement
- **STRATEGIES DE PLANIFICATION:**
  - **De nivellement**
    - **Synchrone**
      - **Modéré.**



# Elaboration d'un plan de production

- Une entreprise de fabrication de compresseurs pour climatiseurs, veut élaborer un plan de production pour adapter les capacités aux irrégularités de la demande (la demande présente une saisonnalité de six mois).
- L'entreprise travaille en une équipe de 8h/ jour. La cadence de l'atelier de production est de 250 unités par jour.
- La prévision de la demande, ainsi que la capacité de production en jours ouvrables sont définies dans le tableau suivant :

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Demande	3200	4200	4800	7000	7500	3500
Nbre de jours ouvrables	22	20	22	21	19	21

- Les heures supplémentaires ne peuvent pas dépasser 30 % des heures normales.
- Définir le plan de production pour les stratégies de nivellement et synchrone

# Stratégie de nivellement

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Demande	3200	4200	4800	7000	7500	3500
Cumul demande	3200	7400	12200	19200	26700	30200
Capacités	5500	5000	5500	5250	4750	5250
Production HN	5500	5000	5500	5250	4750	5250
Production HS					700	
Production Sous-traitée						
Cumul Production	5500	10500	16000	21250	26700	31950
Stock fin du mois	2300	3100	3800	2050	0	1750

# Stratégie synchrone

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Demande	3200	4200	4800	7000	7500	3500
Cumul demande	3200	7400	12200	19200	26700	30200
Capacités	5500	5000	5500	5250	4750	5250
Production HN	3200	4200 5000	4800 5500	5250	4750	3500
Production HS				1575 (1575-(700-175)=1050) 1050+525=1575	1425	
Production Sous-traitée				175 0	1325 525 0	
Cumul Production	3200	7400 8200	12200 12900 13700	19200 20700	26700 28200	30200 31700
Stock fin du mois	0	0 800	0 700 1500	0	0	0

# Elaboration d'un plan de production (suite)

- Calculer le coût de stockage ainsi que le surcoûts des heures supplémentaires et de la sous-traitance :
  - Le coût de main d'oeuvre est de **30Dh /h** l'heure normale et de **35Dh /h** l'heure supplémentaire et il faut 5h de travail pour fabriquer un climatiseur.
  - Le coût total par unité (prix de revient) est estimé à **500 Dh** mais nous pouvons également sous-traiter au prix de **550 Dh** l'unité.
  - Le taux de possession d'un stock est estimé à **30 %** par an de la valeur stockée estimé à son prix de revient.
- 3. Proposer une stratégie modérée minimisant le surcoût total de production (stockage, heures supplémentaires et sous-traitance).

# Planification à moyen terme :PDP

Combien faut-il produire et quand ?

Réponse : le MSP (Master Production Schedule)  
ou le PDP (Plan Directeur de production)

Comment l'obtient-on ?

Réponse : commandes confirmées + prévisions + décisions

 **Gestion des flux de production**

# Planification à moyen terme

La règle fondamentale :

Obtenir le produit qui convient  
au bon moment  
et au meilleur coût.

« Push systems »  
ou  
Systèmes poussés

« Pull systems »  
ou  
Systèmes tirés

Systèmes hybrides

## Systeme tiré versus système poussé

### Systeme tiré

Amont  
Entrée  
Matières  
premières

Aval  
Sortie  
Produits  
finis



Commandes de production



Flux de produits

### Systeme poussé

Amont  
Entrée  
Matières  
premières

Aval  
Sortie  
Produits  
finis



Commandes de production



Calculs



Flux de produits

Amont

## Systèmes hybrides

Aval

Système tiré

Peu de composants de chaque type

Grandes quantités

Demande stable

Peu de pannes

Petits temps de réglage

Petits coûts de réglage

Les fournisseurs

travaillent aussi en flux tiré  
ou possèdent des stocks

*Stocks  
normalisés  
ou  
standardisés*

Système poussé

Produits finis personnalisés

Quantités moyennes

Prévisions correctes

ou même commandes connues

**M.R.P.**

« Material Requirements Planning »

**Kanban**

ou autres méthodes

appelées « J.I.T. » ou JAT



# Exemple d'élaboration d'un PDP

- Pour chaque produit fini :

	Période 1	Période 2	...	...	...
Prévisions					
Commandes					
Commandes acceptées					
Production					
stock					

# Programme directeur de production

- On considère les commandes acceptées:
  - $\text{stock}_i = \text{stock}_{i-1} + P_i - C_i$ .
  - stock: la quantité disponible en stock.
    - P: Production planifiée.
    - C: Commandes acceptées.

# Plan de besoins en matières

Afin de pouvoir réaliser le PDP , il faut déterminer :

- La date et la quantité des matières à commander
- La date et la quantité des pièces ou composants à lancer en production,

- **Méthode MRP**

- **MRP 1 (Material Requirement Planning)**
  - **MRP 2 (Manufacturing Resource Planning)**

# La méthode MRP 1

## (Material Requirement Planning)

Les données nécessaires :

- La demande en produits finis et pièces détachées
- Les nomenclatures des différents articles
- Les délais de fabrication et d'approvisionnement des différents articles
- Les quantités économiques d'approvisionnement et de production

## Dépendance de la demande

**Besoins indépendants : estimés**

**Besoins dépendants : calculés**

**Disponibilité simultanée**

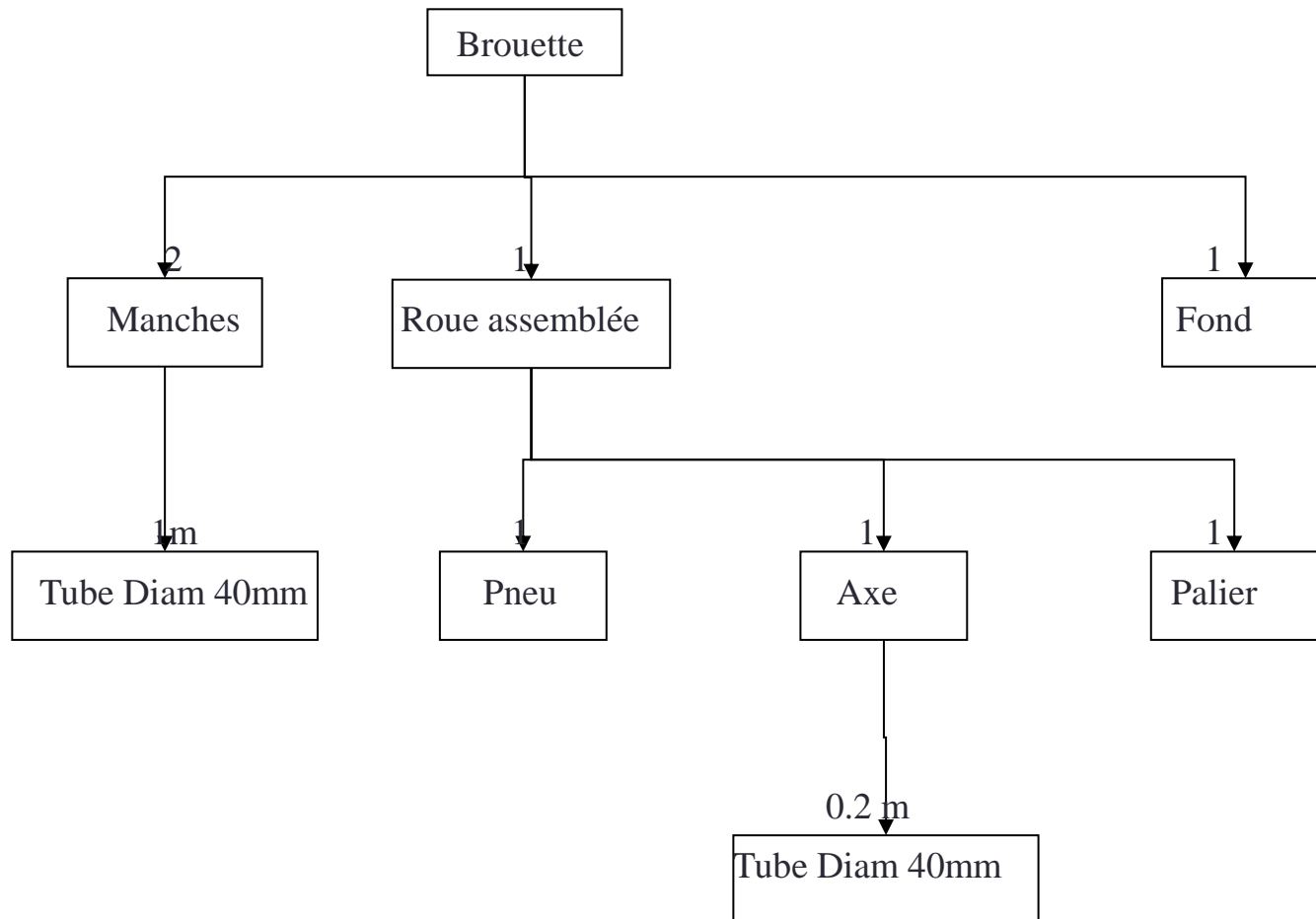
**Roue = jante + valve + pneu**

**Taux de service**

**Composant 95%  $\Rightarrow$  composé 85%**

# Nomenclature

## Exemple d'une Brouette

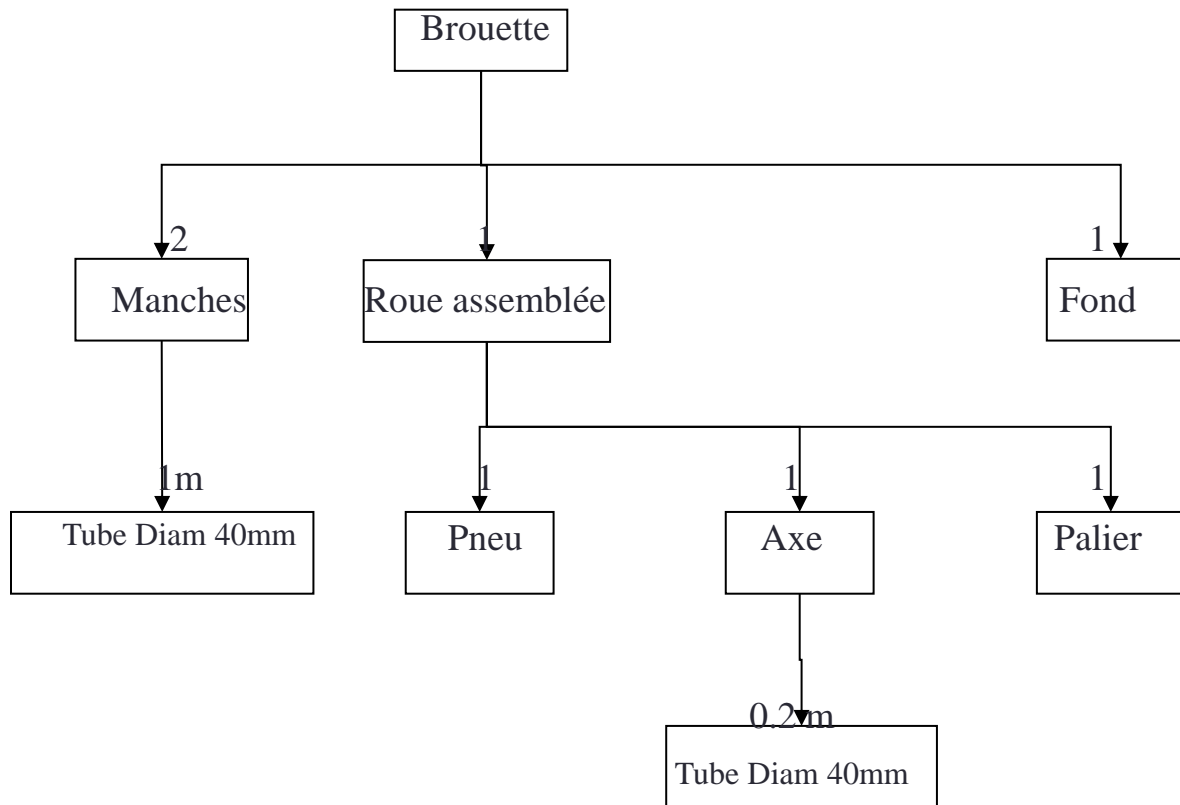


# Explosion de la nomenclature

- Un projet de fabrication d'un composé à la période  $t$  induit un besoin sur un composant à la période  $t$ .

# Délais et cycle de fabrication.

## Exemple de la Brouette



- Brouettes : 1 semaine
- Roue assemblé : 1 semaine
- Manches : 2 semaine
- Fonds: 2 semaine
- Axes :2 semaine
- Pneu et paliers: 3 semaine
- Tube Diam 40mm : 3 semaine



## Délais et cycle de fabrication.

- Nombre de périodes ouvertes.
  - Cycle de fabrication
- Le MRP exécute un jalonnement régressif
  - En partant de la date d'exigibilité.

# Quantité économique

- Cycle de fabrication dépend de la quantité en projet.
- On doit proposer un projet au moins égal à la quantité économique.

# La procédure interne de M.R.P.1

Pour tout composant

*dont on a déjà traité les composants qui l'utilisent faire*

Transformer les **besoins bruts** de ce composant en besoins nets (en tenant compte des **demandes différées**, des **stocks** et des **livraisons attendues**).

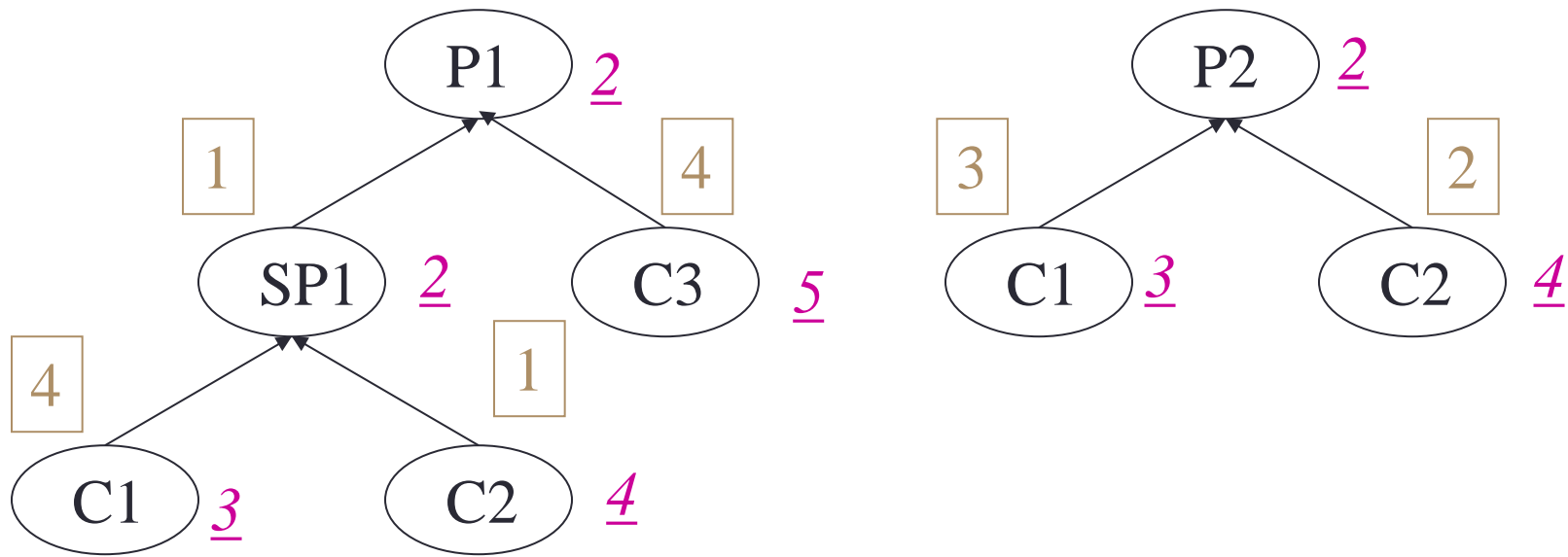
« Négocier pour traiter les **anomalies** sans ajouter de besoins nets ».

**Regrouper** les besoins nets et les **décaler** du **délai standard** pour obtenir des lancements en fabrication.

**Déduire** des lancements en fabrication les besoins bruts qu'ils induisent sur les composants intervenant dans la nomenclature en tenant compte des **facteurs de répétition**.

Fin pour tout

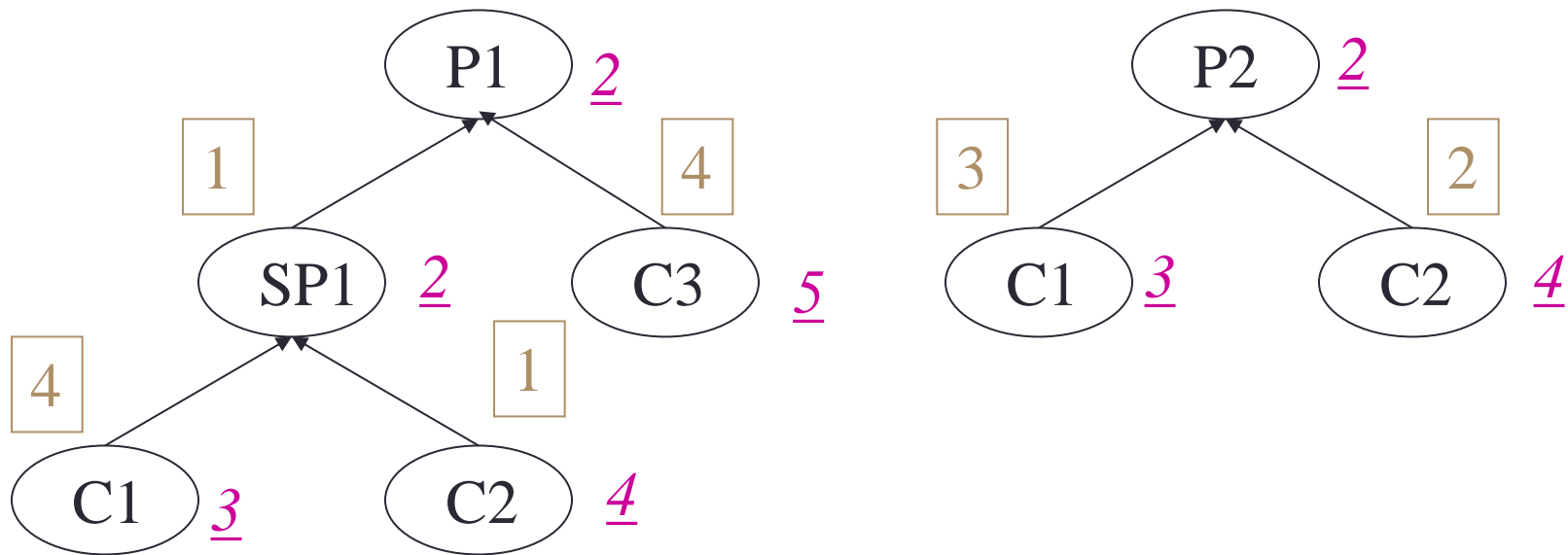
## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures



**4** Facteur de répétitions

2 Délais standards

## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures



Pas de regroupements demandés pour P1, P2 et SP1.

C1 par palettes de 25.

C2 et C3 : au minimum 15 composants par lancement.

## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8
BB (P1)	10	25	5	25	12	15	10	25
	10	35	40	65	<u>77</u>	92	102	127
S & L (P1)	40	25	10					
	40	65	<u>75</u>	SV	<u>75</u>			
BN (P1)	0	0	0	0	2	15	10	25
BN(P1) à lancer	0	0	2	15	10	25	?	?

## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8
BB (P1)	10	25	5	25	12	15	10	25
S & L (P1)	40	25	10					
BN (P1)	0	0	0	0	2	15	10	25
BN (P1) à lancer	0	0	2	15	10	25	?	?
BB (SP1) pour P1	0	0	2	15	10	25		
	0	0	2	<u>17</u>	27	52		
S & L (SP1)	10							
	10	SV		<u>10</u>				
BN (SP1)	0	0	0	7	10	25		
BN (SP1) à lancer	0	7	10	25	?	?		

## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8
BB (P1)	10	25	5	25	12	15	10	25
S & L (P1)	40	25	10					
BN (P1)	0	0	0	0	2	15	10	25
BN (P1) à lancer	0	0	2	15	10	25		
BB (C3) pour P1	0	0	8	60	40	100		
	0	0	8	68	108	208		
S & L (C3)	75	75	75					
	75	150	225	<u>SV</u>				
BN (C3)	0	0	0	0	0	0		
BN (C3) regroup.	0	0	0	0	0	0		
Commandes de C3	0	0	?	?	?	?		



## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8
BB (P2)	25	20	10	35	15	30	15	25
	25	45	<u>55</u>	90	<u>105</u>	135	150	175
S & L (P2)	30	10	10					
	30	40	<u>50</u>	SV				
BN (P2)	0	0	5	35	15	30	15	25
Anomalie		X						
BN (P2) à lancer	5	35	15	30	15	25	?	?

## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8
BN (SP1) à lancer	0	7	10	25				
BN (P2) à lancer	5	35	15	30	15	25		
BB (C1) pour SP1	0	28	40	100				
BB (C1) pour P2	15	105	45	90	45	75		
BB (C1) au total	15	133	85	190	45	75		
	15	148	233	<u>423</u>	468	543		
S & L (C1)	200	100	100					
	200	300	400	<u>400</u>	SV			
BN (C1)	0	0	0	23	45	75		
BN (C1) regroup.	0	0	0	25	50	75		
Commandes de C1	25	50	75	?	?	?		

## Calcul interne de MRP : procédure au niveau des nomenclatures

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8
BN (SP1) à lancer	0	7	10	25				
BN (P2) à lancer	5	35	15	30	15	25		
BB (C2) pour SP1	0	7	10	25				
BB (C2) pour P2	10	70	30	60	30	50		
BB (C2) rechange	0	5	0	5	0	5	0	5
BB (C2) au total	10	82	40	90	30	55	0	5
	10	92	132	222	<u>252</u>	307	307	312
S & L (C2)	55	50	50	75				
	55	105	155	230	<u>230</u>	SV		
BN (C2)	0	0	0	0	22	55	0	5
Commandes de C2 regr.	22	55	0	15	?	?	?	?

## M.R.P. 1 : points délicats (1)

- Souvent les regroupements en production sont effectués en utilisant ce qui est appelé une « **quantité économique** » comme en gestion de stocks.
- Cette **quantité économique est demandée** et non pas calculée par le progiciel MRP de GPAO (Gestion de Production Assistée par Ordinateur) dès l'instant où ce type de regroupement est spécifié pour le composant considéré.
- Les modèles de calcul de la quantité économique vus en gestion de stock, formule de Wilson en particulier, sont abusivement utilisés ici même si les hypothèses de leur utilisation ne sont pas réunies.

## M.R.P. 1 : points délicats (2)

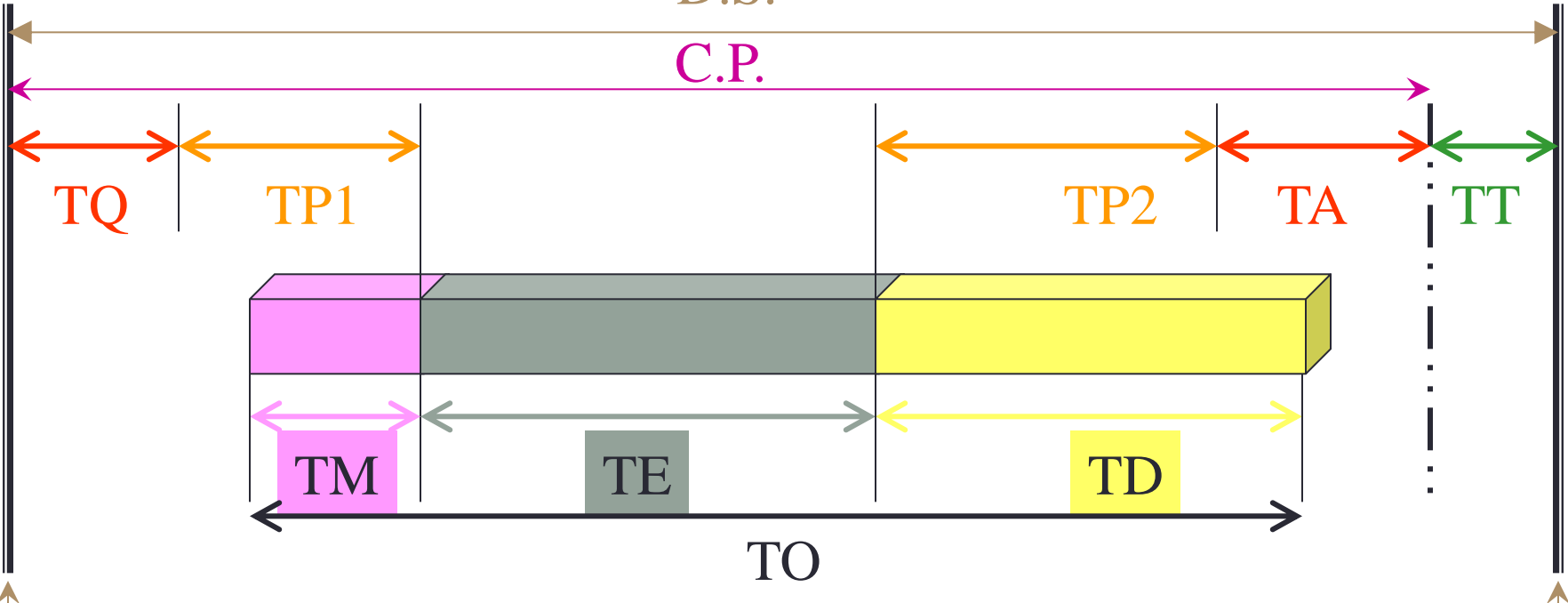
- L'utilisation de M.R.P. nécessite de fournir pour chaque commande à un fournisseur et pour chaque stade interne de fabrication un « **délai standard** ».
- Ce **délai standard est demandé** et non pas calculé par le progiciel MRP de GPAO (Gestion de Production Assistée par Ordinateur).
- Ce délai standard par stade de fabrication d'un composant est particulièrement instable, car il dépend de la charge de la ressource de production qui va le fabriquer : si la charge de l'atelier diminue, les délais diminuent ; mais si on diminue les délais standards pris en compte par le système de GPAO, on augmente la charge de l'atelier et donc les délais standards réels augmentent (cercle vicieux, vicié par la présence de plusieurs produits et la possibilité au niveau de l'ordonnancement de jouer avec leurs priorités).

# M.R.P. 1 : points délicats (3)

Analyse et calcul des délais standards

D.S.

C.P.



Le lot arrive dans la file d'attente du poste de travail

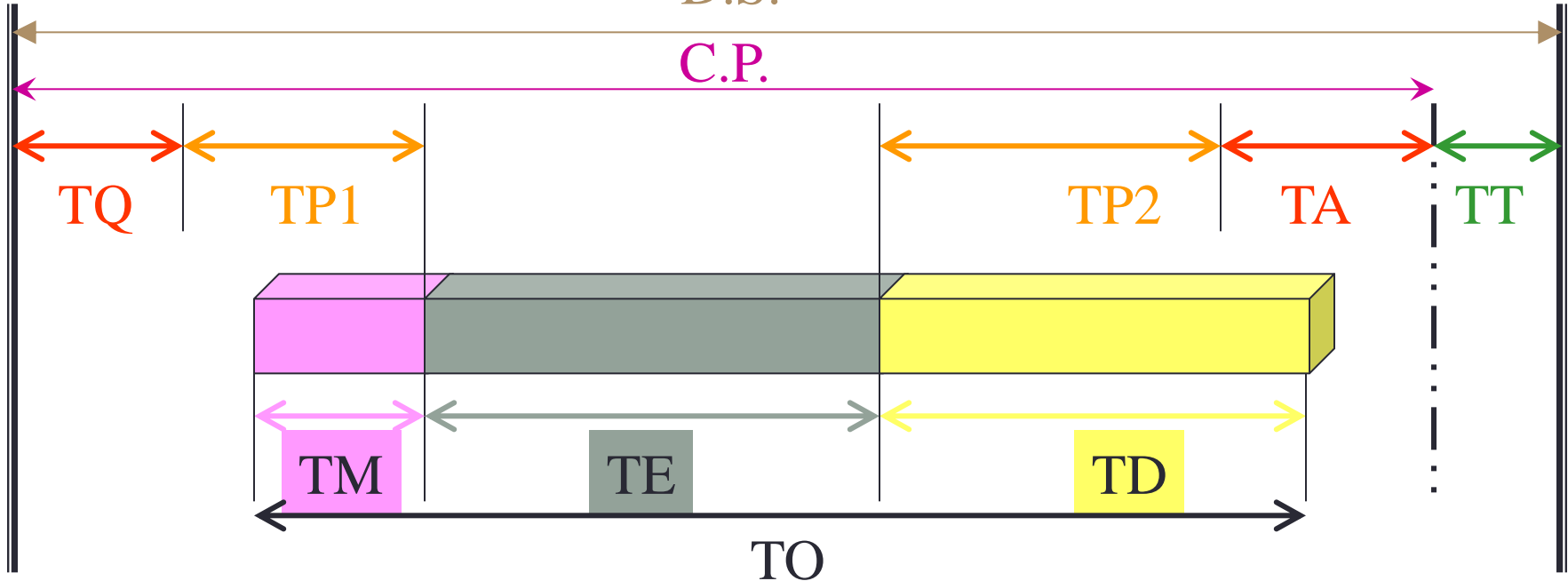
Le lot arrive dans la file d'attente du poste de travail suivant

D.S. = délai standard

## Analyse et calcul des délais standards

D.S.

C.P.



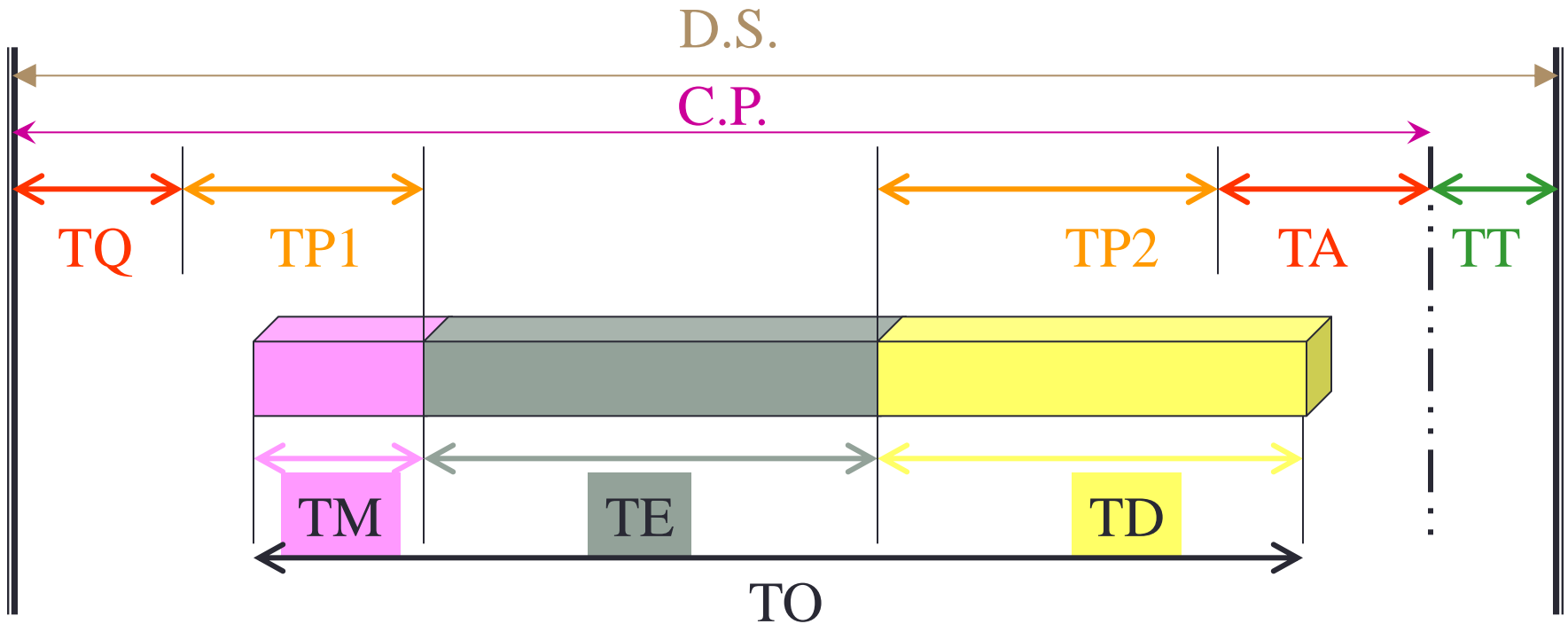
**TE** Temps d'exécution du lot sur la machine

**TM** Temps de montage des outils et de préparation de la machine

**TD** Temps de démontage des outils et de nettoyage de la machine

**TO** Temps opératoire = charge du poste de travail (machine)

## Analyse et calcul des délais standards



**TP1** Temps de préparation du lot (exemple : marquage des pièces)

**TP2** Temps post-opératoire (contrôle ou refroidissement)

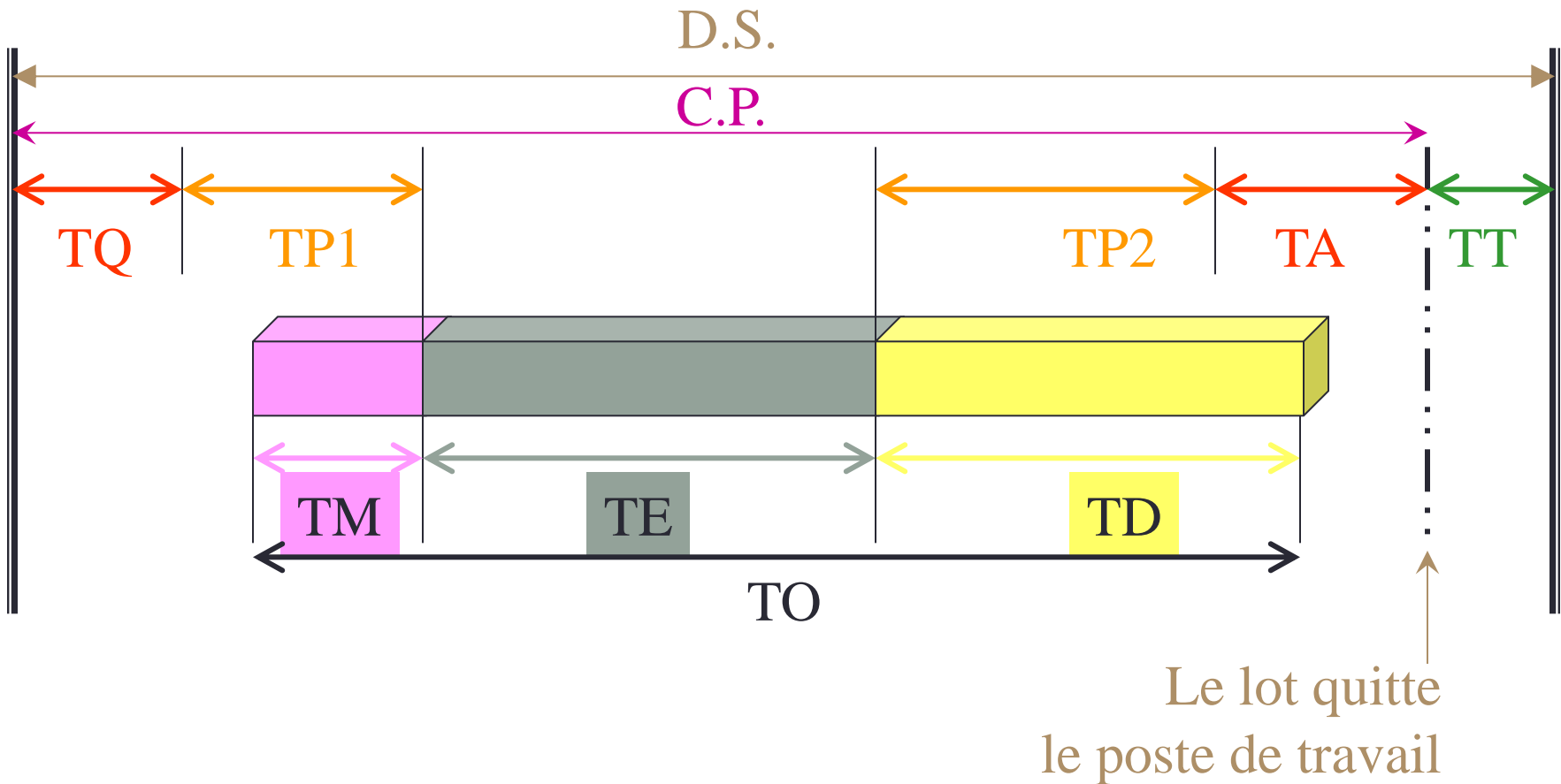
**TQ** Temps d'attente en amont du poste de travail

**TA** Temps d'attente avant transit



# M.R.P. 1 : points délicats (6)

## Analyse et calcul des délais standards



**C.P.** Cycle de production ou durée de présence au poste de travail

**TT** Temps de transport vers le poste suivant

# MRP et extensions financières

- OA ordres d'achat  $\Rightarrow$  engagements d'achat, par période.
- OF ordres de fabrication  $\Rightarrow$  par section, charge prévisionnelle (frais du personnel, amortissement machines, sous-traitances etc.).
- Somme des deux coûts (matière + main d'œuvre)  $\Rightarrow$  charges directes de l'entreprise.
- Programme de production (commandes fermes)  $\Rightarrow$  Produits de l'entreprise.
- Synthèse globale en valeur au niveau de l'entreprise.
- La méthode MRP 2 (Management des Ressources de Production) s'étend ainsi jusqu'à la planification financière et comptable.

## M.R.P. 2 : principes

- M.R.P. 1 ne tient compte des charges et des capacités que de manière indirecte par le biais des délais standards.
- M.R.P. 2 est appelé après l'exécution de M.R.P. 1. Il utilise les macro-gammes et la connaissance des charges induites et des capacités disponibles par période du moyen terme.
- M.R.P. 2 ne lisse pas les charges, il se contente de signaler les périodes et les secteurs de production où il existe des surcharges et de suggérer des solutions afin de résorber les dépassements de capacité.

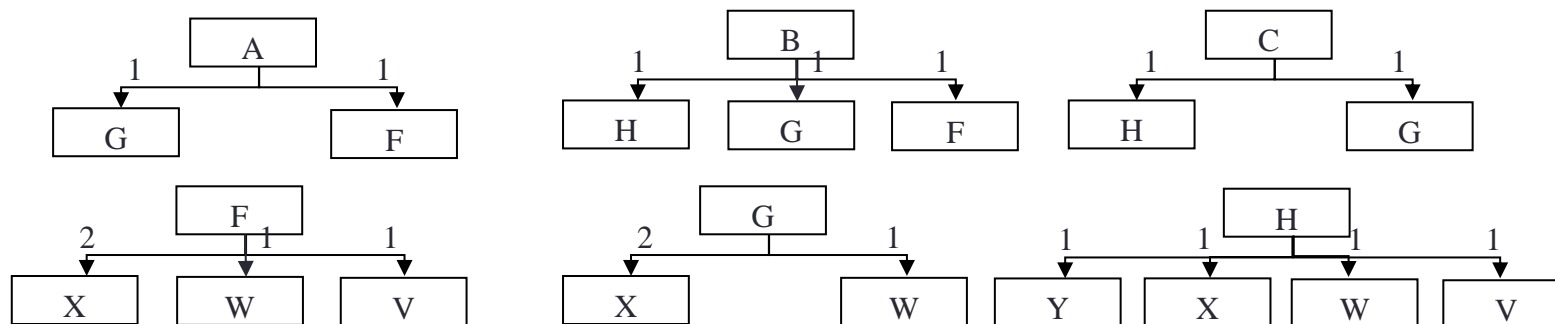
# ETUDE DE CAS PDP-MRP

---

- on suppose une entreprise fabriquant 3 produits finis A, B et C à partir des semi finis F, G et H. ces derniers sont constitués des composants V,W,X et Y. V,W,Y sont fabriqués en interne tandis que X est acheté.
- Les nomenclatures sont données.
- Les produits finis sont assemblés dans un atelier d'assemblage à grande capacité.
- Les capacités des autres ateliers ainsi que les PDP, les stocks et livraisons attendues, les délais ainsi que les coûts matière sont donnés sur les tableaux suivants.

# Calcul de besoin - MRP 1 - PBM

## Nomenclature des produits



## Plan Directeur de production – Produits finis

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
A	10300	12800	9700	10500	9700	10000
B	12600	13400	12000	10700	10100	11500
C	17400	20100	16300	17500	18000	19000
	Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
A	10600	11000	13000	10000	10000	10000
B	12000	11600	11200	11000	11000	11000
C	21500	20900	20100	19000	19500	19500

# Calcul de besoin - MRP 1 - PBM

## Plan Directeur de production – Sous Ensembles

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
F	1500	1400	1500	1600	2100	1800
G	1700	1200	1700	1600	1800	1500
H	2000	2300	1800	1900	2100	2000
	Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
F	1800	2000	1600	1400	1600	1600
G	1400	1300	1200	1400	1800	1700
H	2100	2000	2000	2000	2000	2000

## Plan Directeur de production – Composants

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
V	4000	3500	3800	3100	3600	3600
W	700	1000	1100	900	1100	1300
X	3000	2500	2500	2500	2500	2500
Y	1600	1700	1100	1500	1500	1500
	Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
V	3500	3400	3500	3500	3500	3500
W	1000	1000	1000	1000	1000	1000
X	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Y	1500	1500	1500	1500	1500	1500

# Calcul de besoin - MRP 1 - PBM

## Livraison attendue – Position du Stock et Délai (mois) – Produits Finis

	Janvier	Février
A	10000	0
B	12500	0
C	17300	0

	Décembre
A	300
B	100
C	100

	Délai (mois)
A	1
B	1
C	1

## Livraison attendue – Position du Stock et Délai (mois) – Sous Ensembles

	Janvier	Février
F	27400	23000
G	48200	0
H	31400	0

	Décembre
F	700
G	500
H	4800

	Délai (mois)
F	2
G	1
H	1

## Livraison attendue – Position du Stock et Délai (mois) – Composants

	Janvier	Février
V	56600	55500
W	91200	0
X	154000	0
Y	31800	0

	Décembre
V	500
W	500
X	1000
Y	300

	Délai (mois)
V	2
W	1
X	1
Y	1



## Calcul de besoin - PF : A

	Décemb b	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
BB		10300	12800	9700	10500	9700	10000
LA		10000					
PS	300	0	0	0	0	0	0
BN		0	12800	9700	10500	9700	10000
LP	10000	12800	9700	10500	9700	10000	10600
		Juillet	Aout	Septem b	Octobre	Novemb	Décemb r
BB		10600	11000	13000	10000	10000	10000
LA							
PS		0	0	0	0	0	0
BN		10600	11000	13000	10000	10000	10000
LP		11000	13000	10000	10000	10000	

# Calcul de besoin - PF : B

	Décemb b	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
BB		12600	13400	12000	10700	10100	11500
LA		12500					
PS	100	0	0	0	0	0	0
BN		0	13400	12000	10700	10100	11500
LP	12500	13400	12000	10700	10100	11500	12000
		Juillet	Aout	Septem b	Octobre	Novemb	Décemb r
BB		12000	11600	11200	11000	11000	11000
LA							
PS		0	0	0	0	0	0
BN		12000	11600	11200	11000	11000	11000
LP		11600	11200	11000	11000	11000	

# Calcul de besoin - PF : C

	Décemb b	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
BB		17400	20100	16300	17500	18000	19000
LA		17300					
PS	100	0	0	0	0	0	0
BN		0	20100	16300	17500	18000	19000
LP	17300	20100	16300	17500	18000	19000	21500
		Juillet	Aout	Septem b	Octobre	Novemb	Décemb r
BB		21500	20900	20100	19000	19500	19500
LA							
PS		0	0	0	0	0	0
BN		21500	20900	20100	19000	19500	19500
LP		20900	20100	19000	19500	19500	

# Calcul de besoin - PF : F

	Décemb	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
BB (A)		12800	9700	10500	9700	10000	10600
BB (B)		13400	12000	10700	10100	11500	12000
BB (pdr)		1500	1400	1500	1600	2100	1800
BB total		27700	23100	22700	21400	23600	24400
LA		27400	23000				
PS	500	200	100	0	0	0	0
BN		0	0	22600	21400	23600	24400
LP		22600	21400	23600	24400	24400	26200
		Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
BB (A)		11000	13000	10000	10000	10000	
BB (B)		11600	11200	11000	11000	11000	
BB (pdr)		1800	2000	1600	1400	1600	
BB total		24400	26200	22600	22400	22600	
LA							
PS		0	0	0	0	0	
BN		24400	26200	22600	22400	22600	
LP		22600	22400	22600			

# Calcul de besoin - PF : G

	Décemb	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
BB (A)		12800	9700	10500	9700	10000	10600
BB (B)		13400	12000	10700	10100	11500	12000
BB (C)		20100	16300	17500	18000	19000	21500
BB (pdr)		1700	1200	1700	1600	1800	1500
BB total		48000	39200	40400	39400	42300	54600
LA		48200					
PS	700	900	0	0	0	0	0
BN		0	38300	40400	39400	42300	54600
LP		38300	40400	39400	42300	54600	44900
		Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
BB (A)		11000	13000	10000	10000	10000	
BB (B)		11600	11200	11000	11000	11000	
BB (C)		20900	20100	19000	19500	19500	
BB (pdr)		1400	1300	1200	1400	1800	
BB total		44900	45600	41200	41900	42300	
LA							
PS		0	0	0	0	0	
BN		44900	45600	41200	41900	42300	
LP		45600	41200	41900	42300		

# Calcul de besoin – PF : H

	Décemb	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
BB (B)		13400	12000	10700	10100	11500	12000
BB (C)		20100	16300	17500	18000	19000	21500
BB (pdr)		2000	2300	1800	1900	2100	2000
BB total		35500	30600	30000	30000	32600	35500
LA		31400					
PS	4800	700	0	0	0	0	0
BN		0	29900	30000	30000	32600	35500
LP		29900	30000	30000	32600	35500	34600
		Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
BB (B)		11600	11200	11000	11000	11000	
BB (C)		20900	20100	19000	19500	19500	
BB (pdr)		2100	2000	2000	2000	2000	
BB total		34600	33300	32000	32500	32500	
LA							
PS		0	0	0	0	0	
BN		34600	33300	32000	32500	32500	
LP		33300	32000	32500	32500		

# Planification des Ressources - MRP

## 2 - PBC

### Capacités de production (heurs)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Ass Interm	1150	1150	1150	1250	1250	1280
Usinage	1630	1600	1700	1650	1650	1700
	Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
Ass Interm	1250	1200	1200	1200	1200	1200
Usinage	1600	1650	1650	1650	1650	1650

### Temps Opératoire en heures /unités

#### Produits Finis – Sous Ensembles - Composants

	TO (h/u)
A	0.02
B	0.01
C	0.02

	TO (h/u)
F	0.005
G	0.01
H	0.02

	TO (h/u)
V	0.005
W	0.01
X	0.01
Y	-

# MRP 2 - PBC

## Comparaison Charge Capacité Ass Inter

**Charge Assemblage Intermédiaire = Projet F \* 0.005 + Projet G \* 0.01 + Projet H \* 0.02**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Ass F	113	107	118	122	122	131
Ass G	383	404	394	423	456	449
Ass H	598	600	600	652	710	692
Total	1094	1111	1112	1197	1288	1272
Dispo	1150	1150	1150	1250	1250	1280
Excès					38	
	Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
Ass F	113	112	113	-		
Ass G	456	412	419	423		
Ass H	666	640	650	650		
Total	1235	1164	1182	-		
Dispo	1250	1200	1200	1200	1200	1200
Excès						

L'excédent de 38 h doit être reporté à une période antérieure

L'excédent du mois d'avril est de 53 h, on peut donc produire au mois d'Avril les sous ensembles et les stocker pour le mois de Mai



# MRP 2 - PBC

## Comparaison Charge Capacité

Lequel des 3 sous ensembles on va transférer ?

### Coût Horaire des ateliers

	TO (Fr/h)
Ass Final	90
Ass Inter	100
Usinage	150

### Coût des Matières premières

	Cm (Fr/u)
A	5
B	6
C	6.5

	Cm (Fr/u)
F	1
G	2
H	1

	Cm (Fr/u)
V	0.5
W	0.75
X	1
Y	2

$$Cr = Cmat + Cmo$$

$$Cr_v = 0.5 + 0.05 * 150 = 1.25 F$$

$$Cr_w = 2.25 F - Cr_x = 2 F - Cr_y = 2.5 F$$

$$CrF = Cr_v + Cr_w + 2Cr_x + Cmo + CmatF$$

$$= 1.25 + 2.25 + 4 + 0.005 * 100 + 1 = 9F$$

$$CrG = 9.25F - CrH = 11F$$

On calcule la valeur de la production horaire  
Pour F Cd =  $1/0.005 = 200$  u/h

$$\text{Donc } v_{prF} = Cd * CrF = 1800 F/h$$

$$v_{prG} = 925 F/h$$

$$v_{prH} = 550 F/h$$

# MRP 2 - PBC

## Ajustement Charge Capacité Ass Inter

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
LP F	22600	21400	23600	24400	24400	26200
LP G	38300	40400	39400	42300	54600	44900
LP H	29900	30000	30000	32600	35500	34600
Ass F	113	107	118	122	122	131
Ass G	383	404	394	423	456	449
Ass H	598	600	600	652	710	692
Total	1094	1111	1112	1197	1288	1272
Dispo	1150	1150	1150	1250	1250	1280
Ajustement				+38	-38	
Report de H				+1900	-1900	
Nouv LP H	29900	30000	30000	34500	33600	34600
	Juillet	Aout	Septemb	Octobre	Novemb	Décembr
LP F	22600	22400	22600			
LP G	45600	41200	41900	42300		
LP H	33300	32000	32500	32500		
Ass F	113	112	113	-		
Ass G	456	412	419	423		
Ass H	666	640	650	650		
Total	1235	1164	1182	-		
Dispo	1250	1200	1200	1200	1200	1200
Ajustement						

**Pour H Top = 0.02h/u**

**Donc la Qte à reporter est:**

$$Q = 38/0.02 = 1900 \text{ u}$$

## M.R.P. 3 : principes

- M.R.P. 3 est supposé travailler à capacités limitées.
- Le problème à résoudre est NP-difficile et il est difficile de savoir qu'elles sont les heuristiques qui sont incorporés dans les progiciel M.R.P. à capacités limitées.
- Souvent, il s'agit d'un ordonnancement à capacités limitées, calé à gauche et utilisant des heuristiques simples (à règles de priorité) qui suit l'application de M.R.P.
- Une approche intéressante consiste à utiliser de la programmation linéaire en nombres entiers tout en simplifiant le problème grâce à la théorie des contraintes de OPT (= ne modéliser en détail que les outils de production qui sont goulets d'étranglement et simplifier la modélisation des contraintes des autres outils).