

Du Plan Industriel et Commercial (PIC) au Calcul des Besoins (MRP)



15 novembre 2016

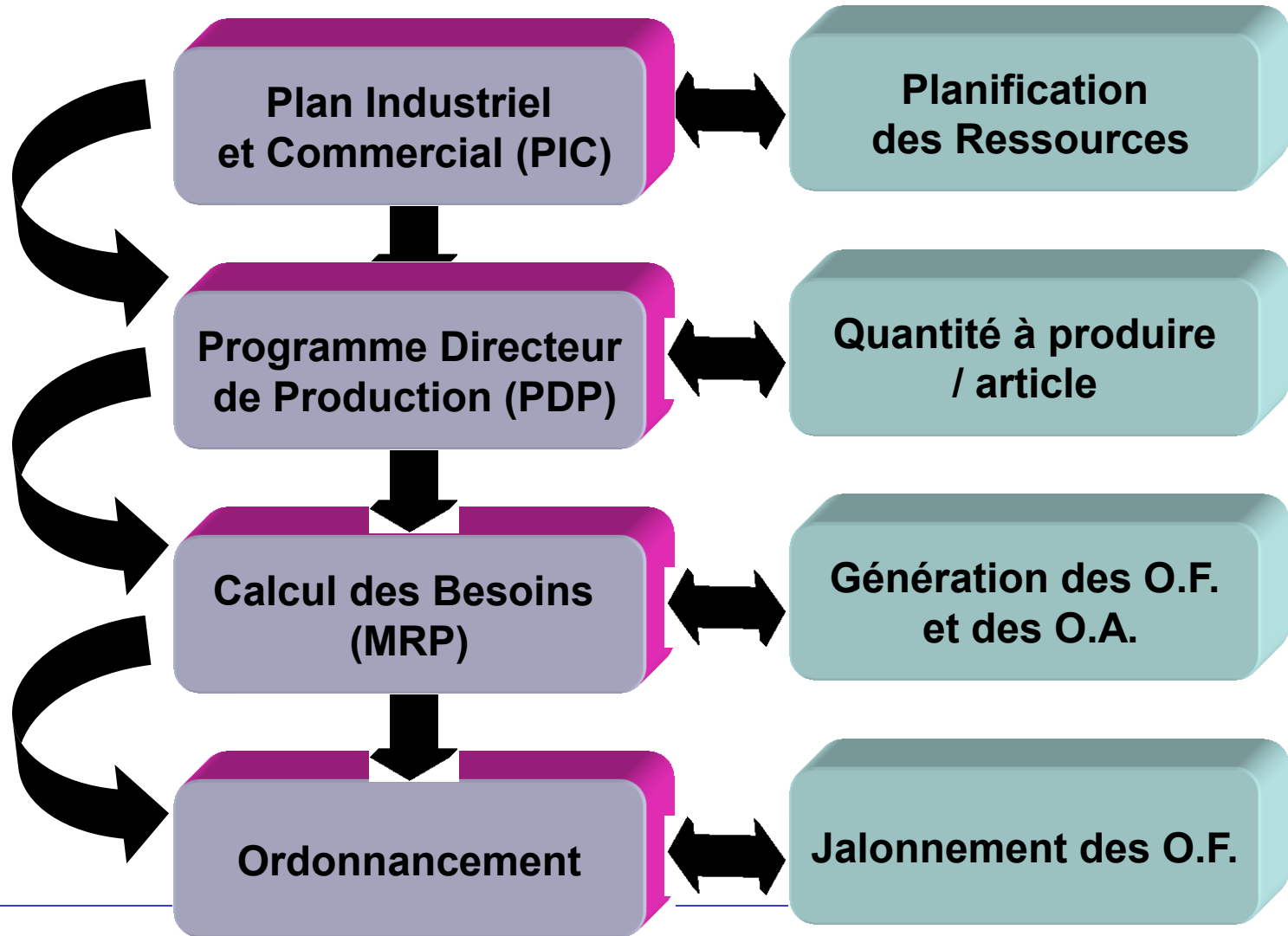
La planification industrielle

Pourquoi planifier ?

C'est une planification hiérarchisée

- **Unités de découpage : le temps, l'agrégation des produits, qui assurent :**
 - Une simplification du problème ;
 - La cohérence entre niveau de planification et de décision
- **Chaque niveau donne les conditions nécessaires / niveau inférieur**

La planification industrielle

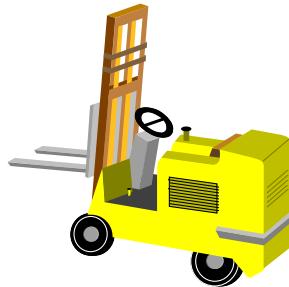
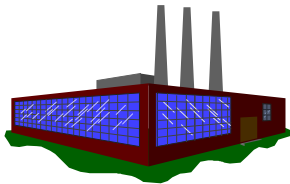


Plan industriel et commercial

Objectif : assurer un équilibre global entre la capacité de production et la charge commerciale.

Horizon : long et moyen terme.

Décisions : Modification de capacité, sous-traitance, lancement de nouveaux modèles, gestion des effectifs globaux, ...



Les leviers d'adéquation charge - capacité

- 1. Recours aux stocks pour absorber les variations de la demande**
- 2. Ajustement aux changements par modulation de la force de travail**
- 3. Recours à la sous-traitance**
- 4. ...**

Méthodologie de réalisation d'un PIC

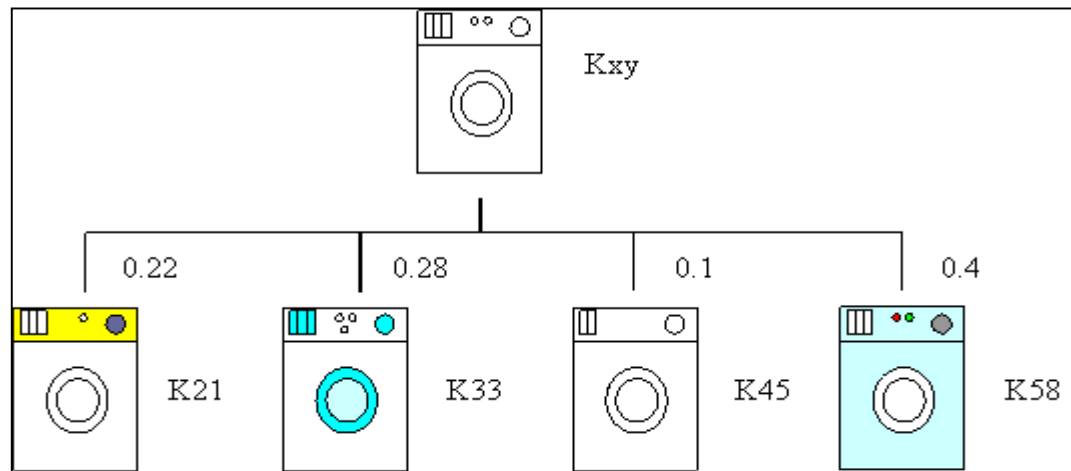
- 1. Déterminer la prévision des ventes sur un horizon important en raisonnant en termes de familles produits**
 - 1. Familles PIC : famille d'articles partageant les mêmes process de production / utilisant les mêmes centres de charge ou ressources critiques**
 - 2. Les familles PIC doivent avoir un sens pour les acteurs du processus PIC : Commercial / Production / Finances**
- 2. Identifier les coûts : du travail, de stocks....**
- 3. Déterminer la capacité : régulière, horaires supplémentaires et sous-traitance**
- 4. Simuler les stratégies possibles pour réaliser l'adéquation charge – capacité**

Le cas « Arthur Dupont »

La société Arthur Dupont fabrique et commercialise des lave-linges, elle possède 12 modèles à son catalogue

bas de gamme:	J10	gamme moyenne	K21	haut de gamme	L10
	J15		K33		L22
	J33		K45		L34
	J44		K58		L69

Pour établir des prévisions, on regroupe les 12 modèles en «familles ».
On décide de créer 3 articles agrégés : Jxy (représentatif des modèles bas de gamme), Kxy (représentatif des modèles moyen de gamme) et Lxy (représentatif des modèles haut de gamme).



Source : adapté de Harm, 2005

Les données du problème

Arthur Dupont possède une usine où travaille actuellement 350 personnes en CDI

La prévision des ventes pour la
famille Kxy

Mois	Prévision de ventes	Nb jours ouvrables
Janvier	14950	21
février	11000	20
Mars	13400	22
Avril	11800	21
Mai	15500	18
Juin	9200	23
Juillet	11300	14
Août	16500	18
Septembre	18900	20
Octobre	16800	23
Novembre	15850	21
Décembre	15600	19

Hypothèses de calcul :

L'entreprise travaille 8h / j

Le temps de montage d'un appareil: 7h

Valeur c un appareil : 300 €

Taux de possession des stocks: 2 % / mois

Taux horaire de base : 17 €

Surcoût heure sup. : 35 %

Surcoût heure intérim : 37 %

Coût c embauche : 150 €

Coût heure chômée : 50 % heure de base

Marge par appareil 140 €

Plusieurs stratégies possibles

Stratégie 1 : Production = Capacité actuelle en utilisant un personnel de base correspondant à la fabrication du mois de plus faible demande et recours à la sous traitance.

Stratégie 2 : Production = demande (0 stock) en utilisant un personnel de base (correspondant à la demande la moins forte) et en complétant avec des intérimaires.

Stratégie 3 : Lissage de la production en utilisant un personnel constant (base + CDD/intérim) et en régulant par les stocks.

(...)

Mois	Prévision de ventes	Nb jours ouvrables	Heures main d'œuvre nécessaires	Nb opérateurs nécessaire
Janvier	14950	21	104650	623
février	11000	20	77000	482
Mars	13400	22	93800	533
Avril	11800	21	82600	492
Mai	15500	18	108500	754
Juin	9200	23	64400	350
Juillet	11300	14	79100	707
Août	16500	18	115500	803
Septembre	18900	20	132300	827
Octobre	16800	23	117600	640
Novembre	15850	21	110950	661
Décembre	15600	19	109200	719
Total	170800	240		
Nb d'opérateurs moyen :			623	

Attention, ce n'est pas la moyenne du nb. d'opérateurs mais la moyenne pondérée par le nb. de jours ouvrables

Valorisation détaillée de la stratégie 3

Mois	Prévision de ventes	Nb jours ouvrables	Production réalisée	Stock	Valeur du stock	Coût de stockage	Coût d'embauche	Coût salarial	Coût total	Marge
Janvier	14950	21	14952	2	600	12	40950	1779288	1819650	2093000
février	11000	20	14240	3242	972600	19452		1694560	1714012	1540000
Mars	13400	22	15664	5506	1651800	33036		1864016	1897052	1876000
Avril	11800	21	14952	8658	2597400	51948		1779288	1831236	1652000
Mai	15500	18	12816	5974	1792200	35844		1525104	1560948	2170000
Juin	9200	23	16376	13150	3945000	78900		1948744	2027644	1288000
Juillet	11300	14	9968	11818	3545400	70908		1186192	1257100	1582000
Août	16500	18	12816	8134	2440200	48804		1525104	1573908	2310000
Septembre	18900	20	14240	3474	1042200	20844		1694560	1715404	2646000
Octobre	16800	23	16376	3050	915000	18300		1948744	1967044	2352000
Novembre	15850	21	14952	2152	645600	12912		1779288	1792200	2219000
Décembre	15600	19	13528	80	24000	480		1609832	1610312	2184000
									20766510	23912000

Production réalisée-
prévision de ventes
+stock précédent

2%/mois

$623 * 8 * 17€ * \text{nb}$
jours ouvrables

Niveau de personnel : Base de 350 CDI + embauche de 273 CDD soit 623 opérateurs

Les caractéristiques de la stratégie 3

Les caractéristiques de cette stratégie de lissage de la production en utilisant un personnel constant (base + CDD/intérim) et en régulant par les stocks sont :

- **Un niveau de production constant pour l'ensemble de l'horizon**
 - Ne nécessite pas de modification du taux de ressources utilisées.
- **Une possibilité de coûts de stockage et de rupture de stock.**
- **Une opportunité si :**
 - la demande du produit est continue ;
 - la main-d'œuvre qualifiée est rare ;
 - les qualifications et la formation de la main-d'œuvre sont essentielles ;
 - les coûts des équipements sont très élevés.

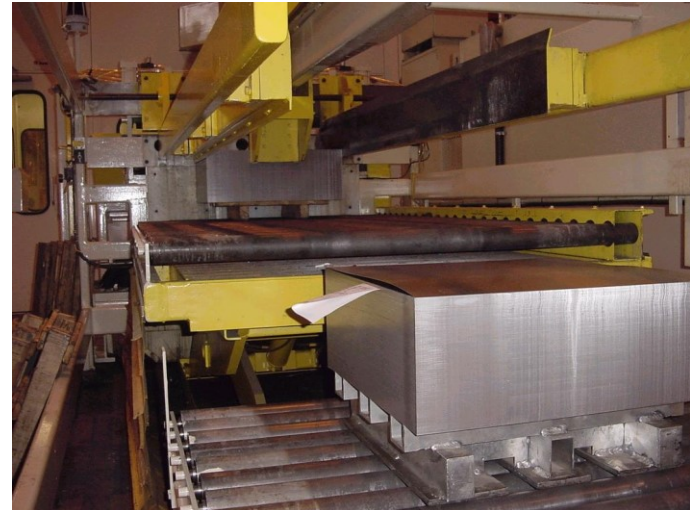
Synthèse sur le PIC

1. La démarche de mise en œuvre du PIC est une «réconciliation» de logiques antagonistes dans l'entreprise (finance, commerciale et production).
2. Ce plan est la référence pour tous les autres plans d'actions des différentes fonctions de l'entreprise (investissements, formation, embauche, trésorerie, ...), et permet leur coordination.
3. Il s'agit d'une gestion de scénarii.
4. Une approche d'optimisation peut être possible.

Exemple de planification mono-période

- Lave-linge → beaucoup de références mais 3 familles
 - Gamme économique (Jxy)
 - Gamme moyenne (Kxy)
 - Gamme haute (Lxy)
- 3 ateliers :
 - Tôlerie (châssis et tambour)
 - Montage (assemblage des composants et de programmeurs pour les gammes moyenne (Kxy) et haute (Lxy))
 - Conditionnement
- Tableau des temps d'utilisation de main d'œuvre (en 1/10 d'heures)

	Économique (Jxy)	Moyenne (Kxy)	Haute (Lxy)
Montage	8	10	12
Conditionnement	2	3	4





Contraintes et intérêts de chacun

- Responsable production :
 - Dans l'atelier tôlerie, la machine qui fabrique les tambours à une capacité de 500 par mois
 - Dans l'atelier montage :
 - Limitations dues à la main d'œuvre
 - L'approvisionnement en programmeurs ne peut excéder 300 par mois
 - Dans l'atelier de conditionnement, limitations dues à la main d'œuvre
- Responsable ressources humaines :
 - Ressources humaines disponibles pour le mois prochain
 - 600 heures au montage
 - 150 heures au conditionnement

Contraintes et intérêts de chacun

- Responsable commercial :
 - Engagement sur la livraison d'au moins
 - 100 gammes hautes
 - 50 gammes moyennes
 - 200 gammes économiques
 - Toute la production pourra être écoulee au prix unitaire de
 - 100 € pour la gamme économique
 - 140 € pour la gamme moyenne
 - 190 € pour la gamme haute
- Responsable financier :
 - Coûts moyens de production pour les différents produits
 - 60 pour la gamme économique
 - 95 pour la gamme moyenne
 - 133 pour la gamme haute

Objectif de la planification

- Déterminer un Plan Industriel et Commercial qui satisfait les contraintes imposées par chacun et qui maximise le profit (vue mensuelle)
- Méthodes de modélisation
 - 1) Détermination des variables de décisions

Par quel ensemble de valeurs je vais pouvoir exprimer la solution de mon problème
 - 2) Détermination de l'objectif (ou des objectifs) de l'optimisation
 - 3) Formalisation de toutes les contraintes que doivent respecter les solutions réalisables

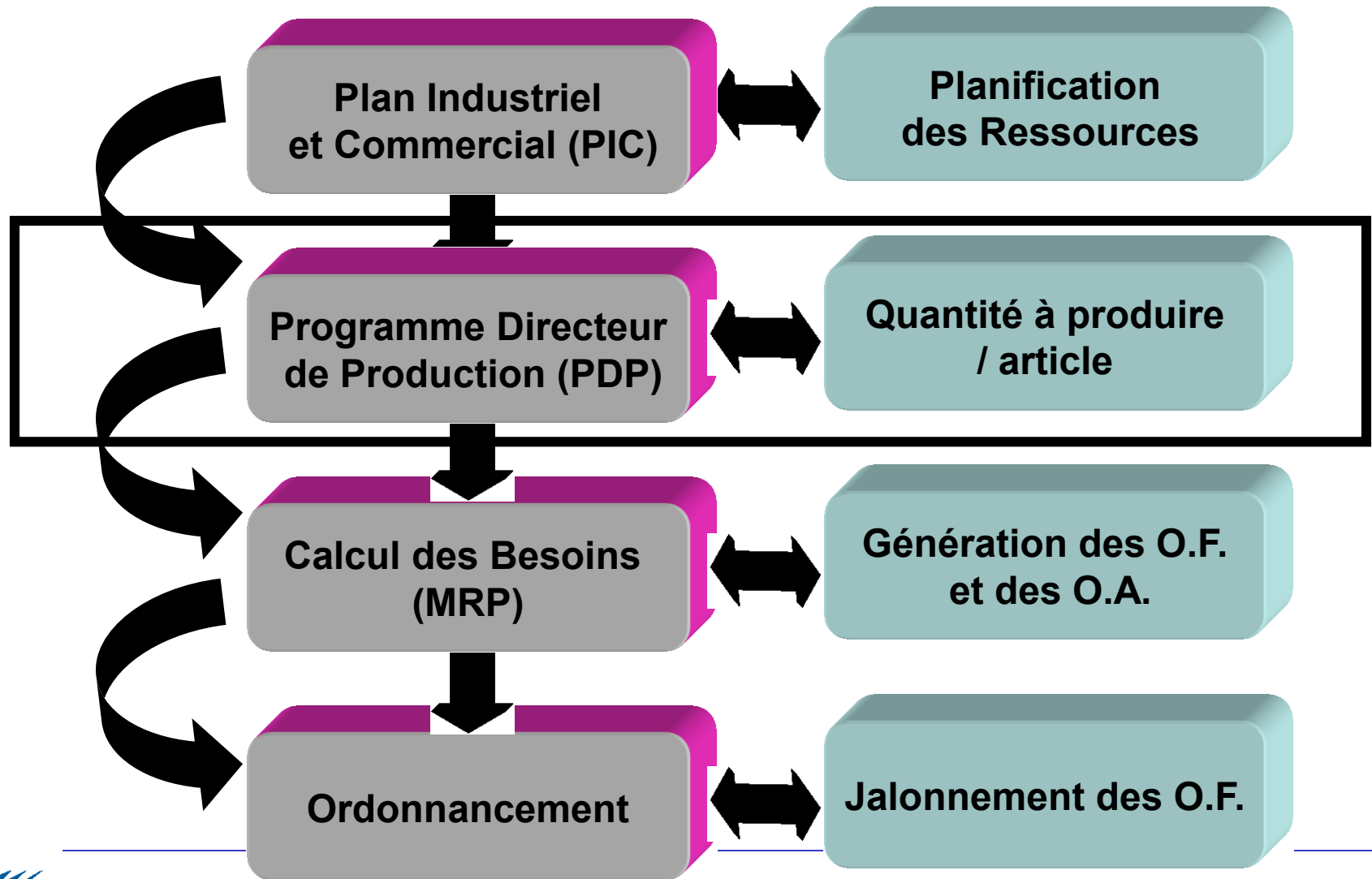
Résumé du modèle linéaire

- $\text{Max} [(100-60)*E + (140-95)*M + (190-133)*H]$
- Sous les contraintes :
 - $E + M + H \leq 500$
 - $M + H \leq 300$
 - $8E + 10M + 12H \leq 6000$
 - $2E + 3M + 4H \leq 1500$
 - $H \geq 100$
 - $E \geq 200$
 - $M \geq 50$

Solution et analyse

- La solution
 - $E =$
 - $M =$
 - $H =$
 - Objectif =
- Analyse de sensibilité pour savoir
 - Intérêt d'augmenter les capacités de production
 - Diminuer les coûts
 - Approvisionner en plus grande quantité
- Ajout de contrainte (Heure sup., sous-traitance, approvisionnement exceptionnel)
- Approche multi-période

La planification industrielle



Le Programme Directeur de Production

Objectif : Adéquation permanente entre les prévisions de ventes et les ventes réelles, et la capacité définie au niveau du PIC

Horizon : Doit être au moins équivalent au délai cumulé de production et d'approvisionnement.

Décisions : planifier les quantités à produire (au niveau article) nécessaires après arbitrage avec la fonction commerciale.
régulariser la réponse usine par rapport aux priorités commerciales

L'élaboration du plan directeur de production (PDP) pour Arthur Dupont

- Pour le mois de janvier on doit produire 14952 modèles de la famille Kxy en utilisant la nomenclature « commerciale » on a :

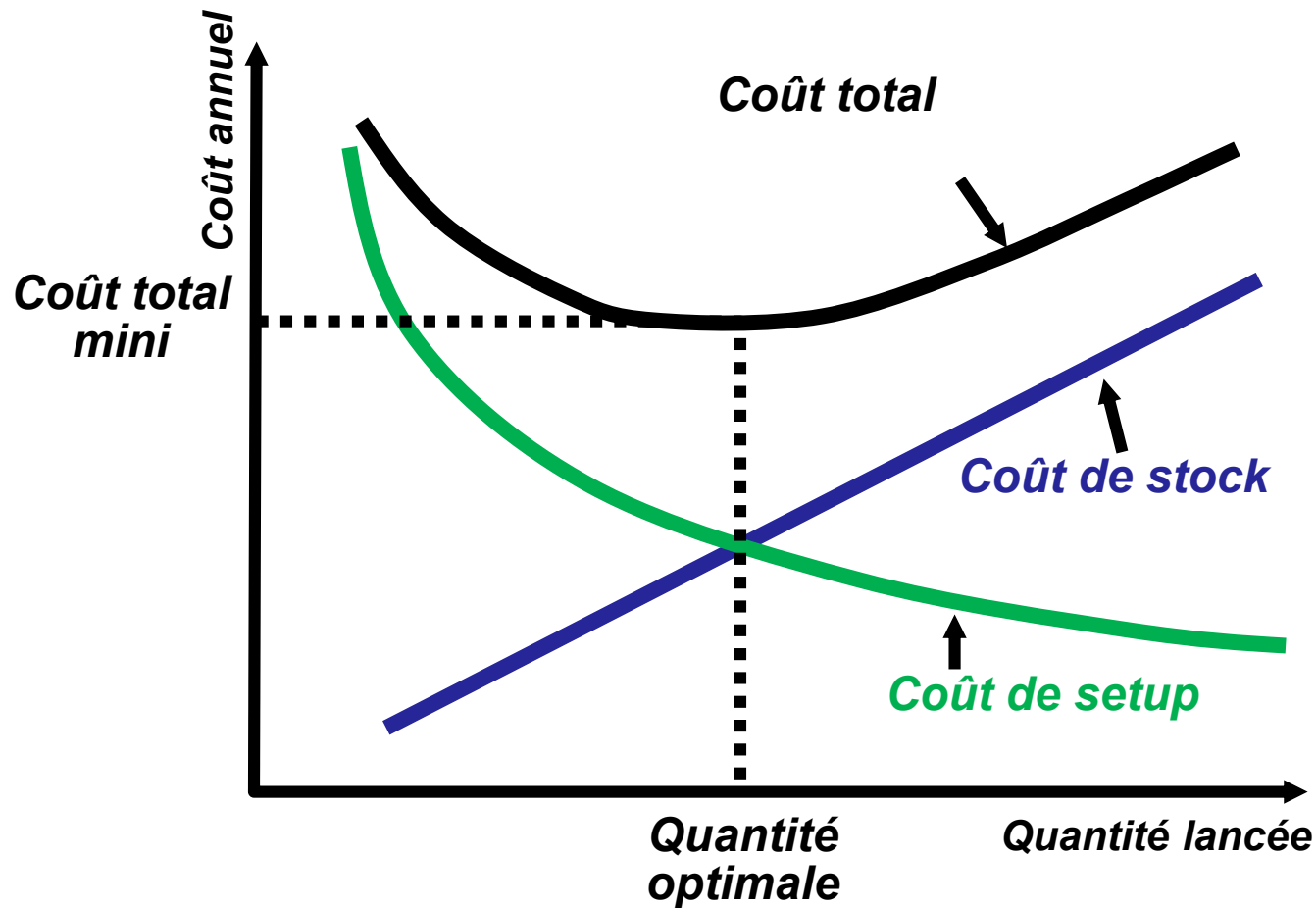
K21	14952×0.22	3289
K33	14952×0.28	4187
K45	14952×0.1	1495
K58	14952×0.4	5981

- Ce qui donne les niveaux de production par référence article / semaine :

Références appareils	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Total
K21	822	822	822	823	3289
K33	1047	1046	1047	1047	4187
K45	373	374	374	374	1495
K58	1495	1496	1495	1495	5981
Total	3737	3738	3738	3739	14952

Calcul de la taille de lot de lancement

L'objectif est de minimiser les coûts totaux



Calcul de la taille de lot de lancement

Q = Quantité lancée

Q = Quantité Optimale par lancement (EOQ)*

D = Demande annuelle

S = Coût de Setup pour chaque lancement

H = Coût de possession par unité par an

*Coût annuel de setup = (Nombre de lancements par an)
x (Coût de Setup par ordre)*

$$= \left(\frac{\text{Demande annuelle}}{\text{Nombre d'unités à chaque lancement}} \right) \left(\text{Coût de Setup par ordre} \right)$$

$$\text{Coût annuel de setup} = \left(\frac{D}{Q} \right) (S)$$

Calcul de la taille de lot de lancement

Q = Quantité lancée

Q = Quantité Optimale par lancement (EOQ)*

D = Demande annuelle

S = Coût de Setup pour chaque lancement

H = Coût de possession par unité par an

**Coût annuel de stock = (Niveau moyen de stock)
x (Coût de possession par unité par an)**

$$= \left(\frac{\text{Quantité lancée}}{2} \right) \quad (\text{Coût de possession})$$

$$\text{Coût annuel de stock} = \left[\frac{Q}{2} \right] (H)$$

Le modèle de Wilson

Q = Quantité lancée

Q^* = Quantité Optimale par lancement (EOQ)

D = Demande annuelle

S = Coût de Setup pour chaque lancement

H = Coût de possession par unité par an

La quantité de lancement "optimale" est trouvée quand le coût total est minimum

$$\frac{dC_t}{dQ} = 0 \text{ lorsque } Q = Q^*$$

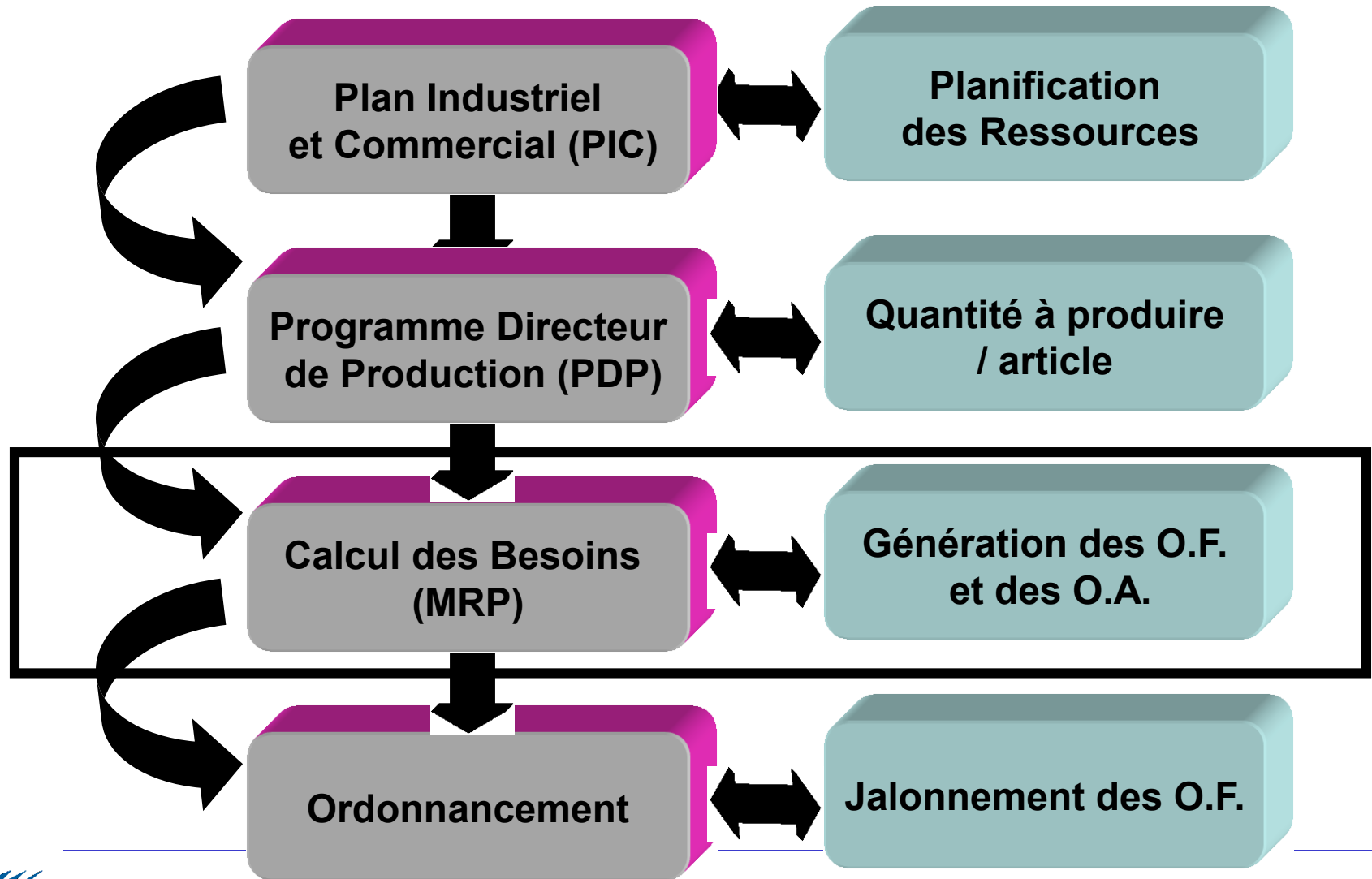
Soit

$$-DS/Q^2 + H/2 = 0$$

$$Q^2 = 2DS/H$$

$$Q^* = \sqrt{2DS/H}$$

La planification industrielle



Le calcul des besoins a pour but :

- De calculer avec précision les quantités de composants, pièces et matières premières qu'il faut fabriquer ou acheter pour être en mesure de réaliser le PDP

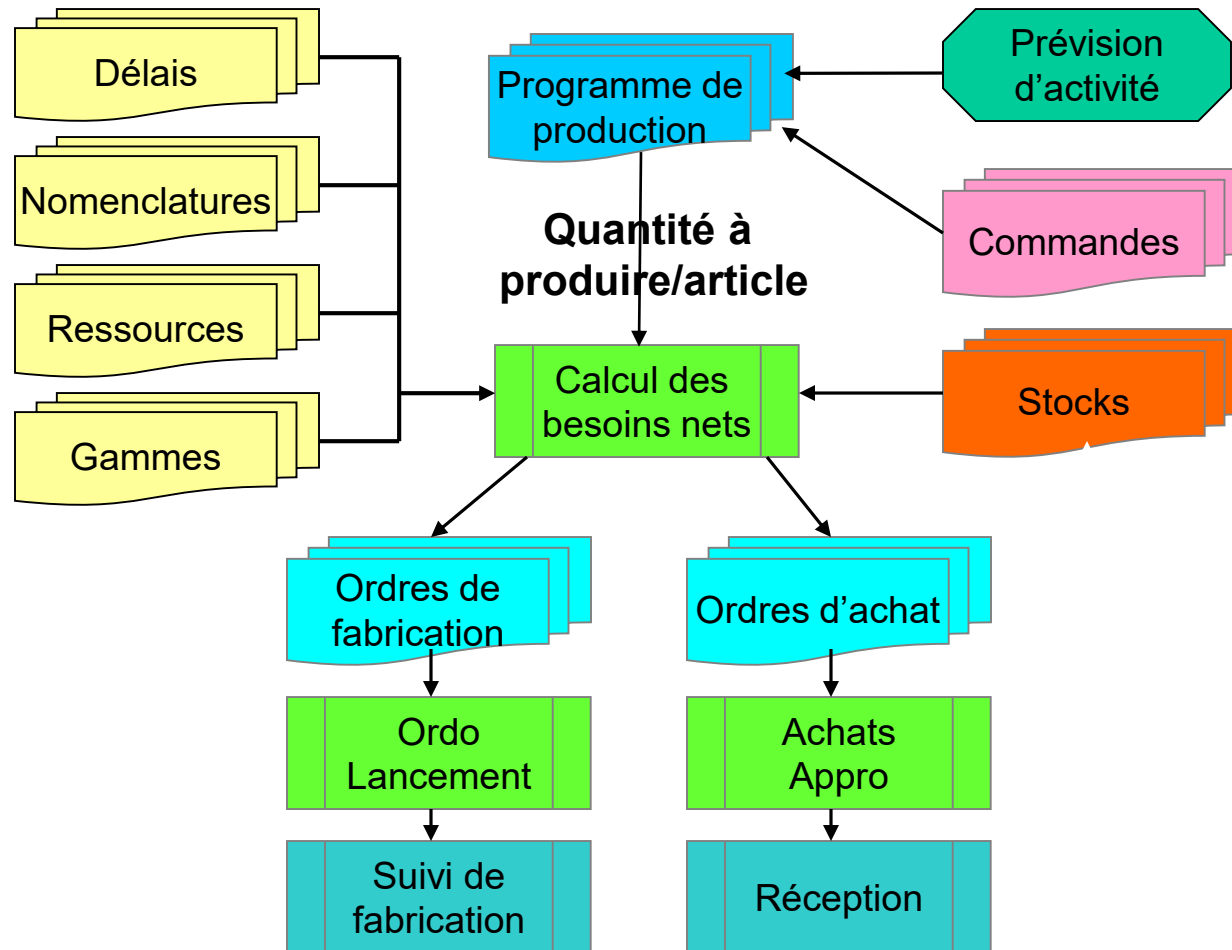
→ **COMBIEN FABRIQUER OU ACHETER**

- De déterminer à quel moment il faut lancer les fabrications ou passer les commandes pour que les unités requises soient disponibles au moment requis

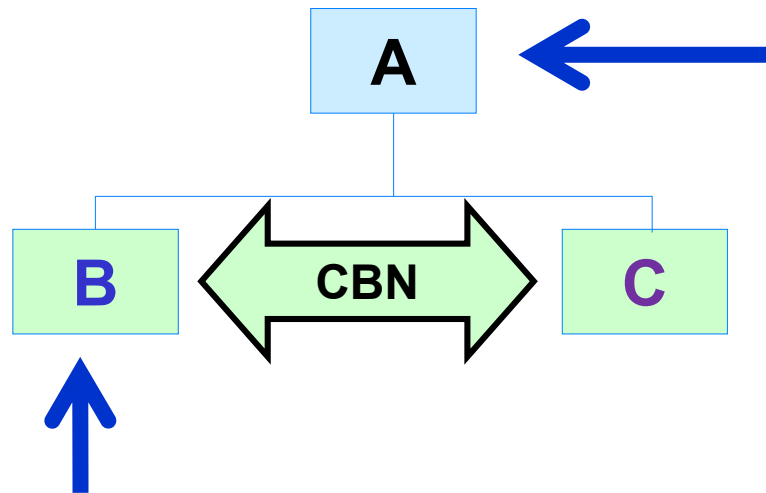
→ **QUAND FABRIQUER OU ACHETER**

La structure du calcul des besoins

Données techniques



Demande dépendante et indépendante



Demande indépendante: doit découler du PDP et être prévue pour les produits finis

Elle n'est pas reliée à la demande d'autres articles à un niveau plus élevé de la nomenclature

Demande dépendante: doit être calculée pour les :

- Composants
- Matières premières

Elle est dérivée de la demande d'autres articles à un niveau plus élevé de la nomenclature

Une base article

Gestion des articles

Code Article : K33 **Sélection Type :** F: Fabriqués **Niveau :** **Fermer**

Libellé : lave linge hublot bleu **OK**

Code Unité : UN **Unité** **Fabriqué** **Dupliquer**

Magasin : MAG **Magasin général** **Statut :** [actif] **Supprimer**

Autres données **Paramètres** **Gammes** **Coûts de fabrication** **Recherche**

Mode de gestion : B : sur besoins **<<** **>>**

Règle de regroupement : Q : besoins quotidiens **Nomenclature**

Stock de sécurité : 20 **Délai d'obtention :** 5 jours **Programme**

Lot minimum : 250 **Cycle total :** jours **Stocks**

Quantité multiple : 0 **Délai de réaction :** jours **Etats**

Lot standard (budget) : 1

Lot simulé : 1

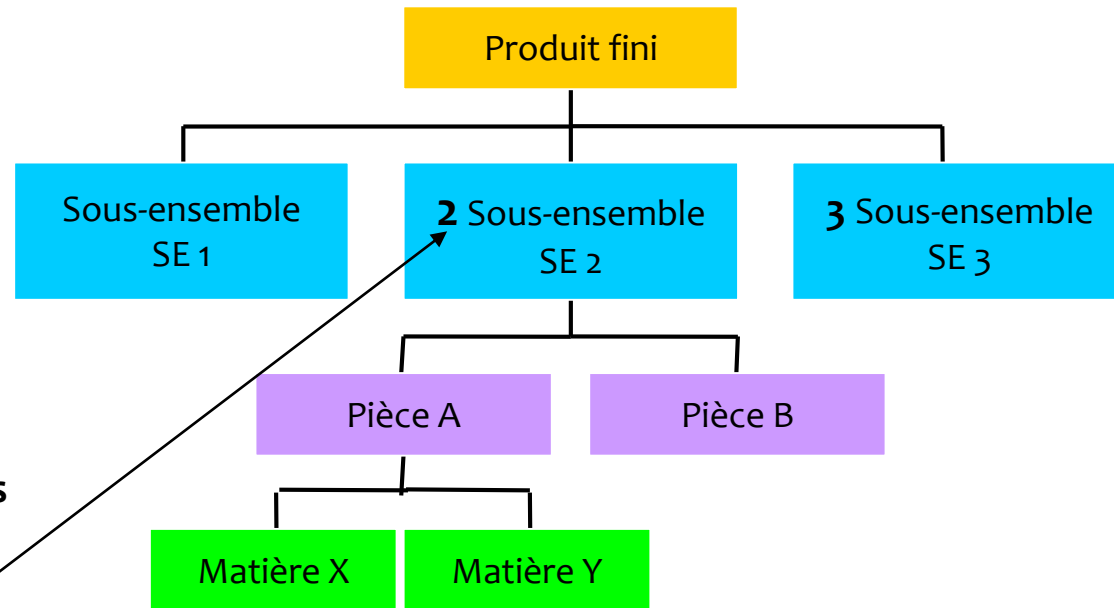
Post-consommation : Non

Demande annuelle : **Aide**

Mis à jour le : 12/11/08

Les nomenclatures

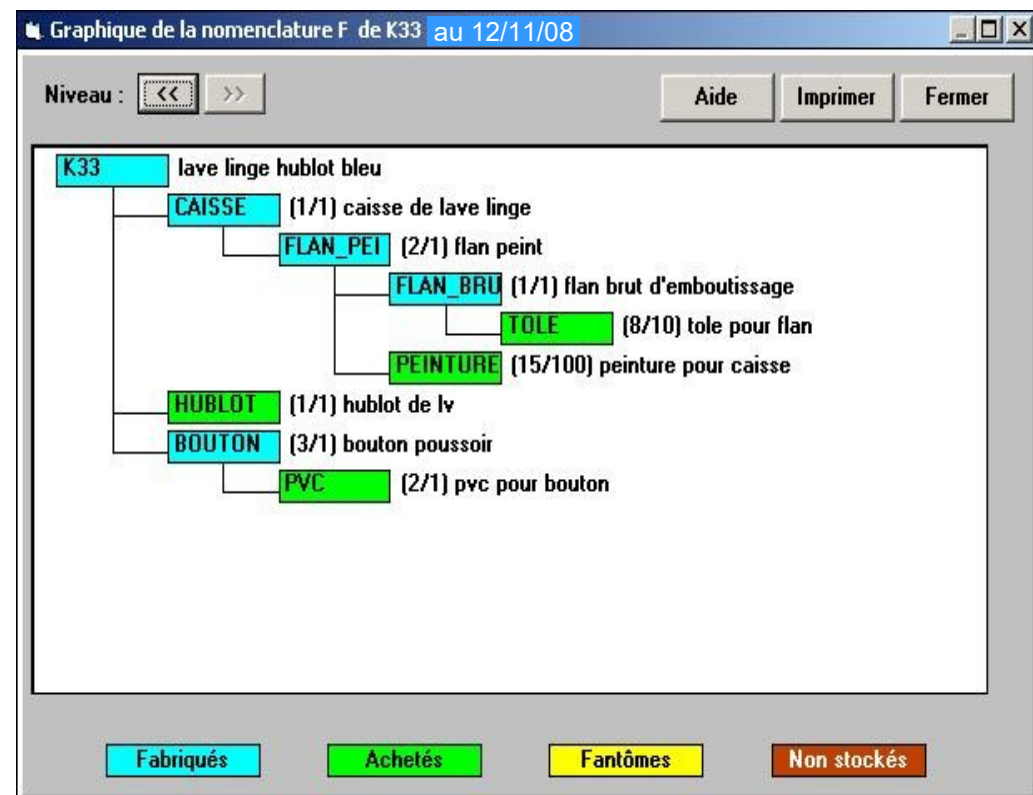
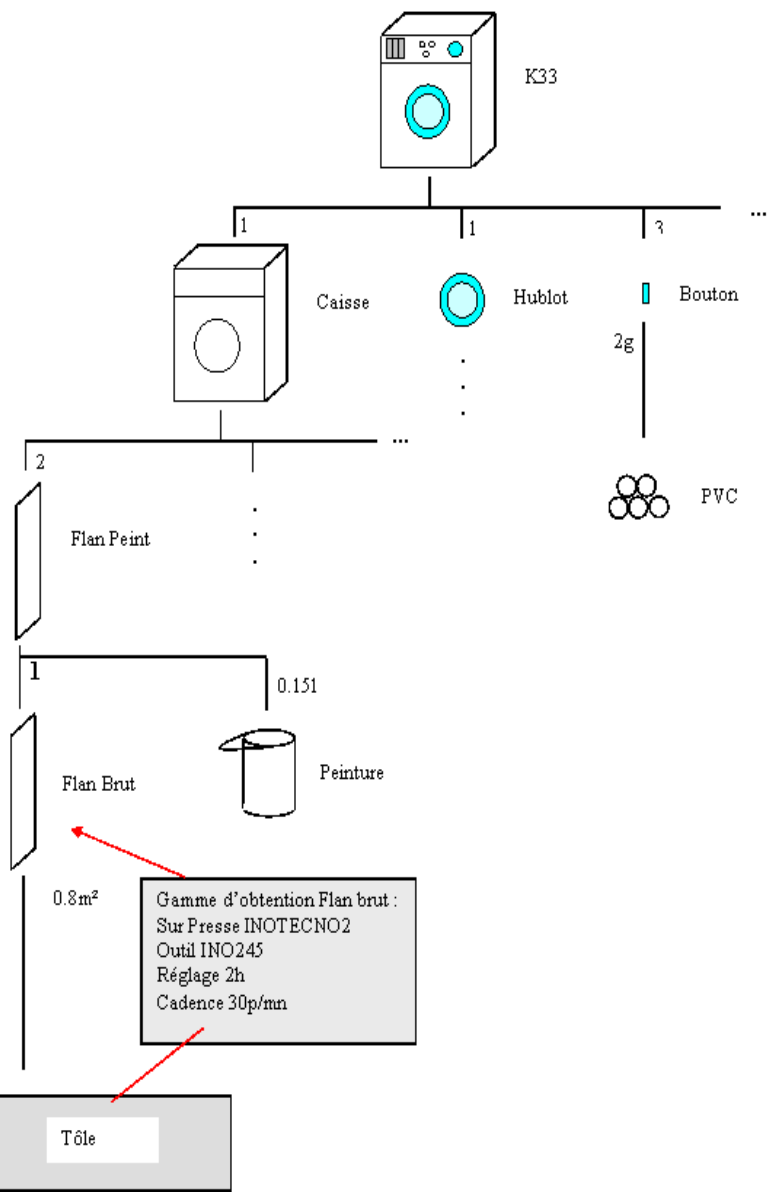
- Représentation sous forme arborescente de la composition des articles
- Conserver l'historique des évolutions de la composition des produits
 - pour anticiper des changements futurs
 - pour l'après-vente
 - pour suivre l'évolution des coûts de revient



Les relations entre un *composé* et un *composant* décrivent :

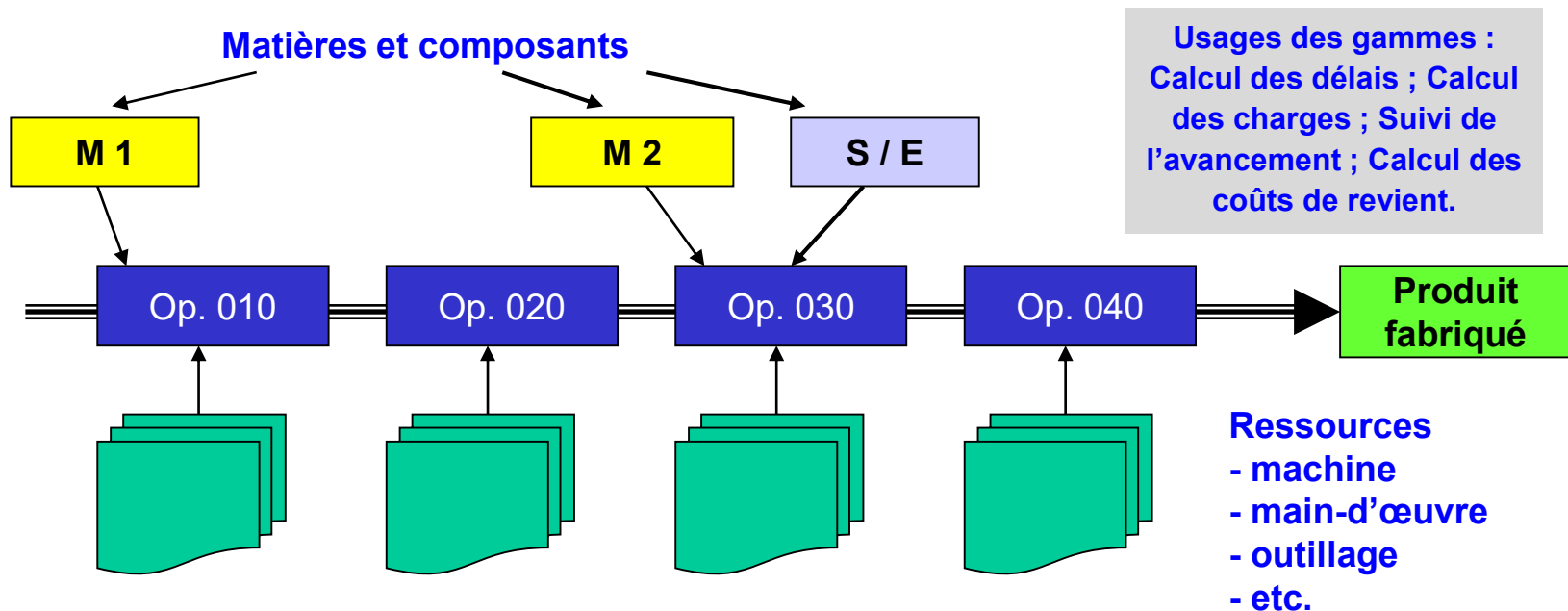
- Quantité nécessaire (coefficient technique)
- Pourcentage de rebut
- Dates de validité

Dans notre cas



Opération de gamme

- Une opération de gamme est définie par :
 - les ressources mises en oeuvre
 - le temps de préparation (machine et main-d'oeuvre)
 - le temps opératoire unitaire (machine et main-d'oeuvre)
 - les composants utilisés
 - la gamme ne contient pas les paramètres et instructions techniques des opérations



$$\text{“TEMPS CYCLE”} = \sum (\text{TEMPS ATTENTE} + \text{PREPARATION} + \text{PRODUCTION} + \text{TRANSFERT})$$

Dans notre cas

Gestion des gammes de fabrication

Code Gamme : **FLAN BRU**

emboutissage du flan

Fermer

Indice : **00**

Validée : ☐

OK

Libellé : **emboutissage du flan**

MO prep. 2.00

Dupliquer

Date début :

Date fin :

MO /pièce 0.0006

Supprimer

Lot standard : **1**

Rebut fixe : **0**

MO /lot 0.00

Recherche

Lot de transfert : **0**

Rebut prop. : **0.00**

Mach/pièce 0.0006

<< >>

Commentaire :

Transfert 0.00

Emplois

Cycle fab. 2.00

Phases

Ph.	Poste	Tps Reg	Tps Mach	Tps MOD	Qte/tps	Tps trs	Dp
010	INOTECNO	2.0000	1.0000	1.0000	1800	0.00	0

Code de la gamme

Mis à jour le : **12/11/08**

Aide

Niveau 0 : Produits finis

**Stocks Produits finis
et en cours de montage**

Besoins bruts =
Commandes/prévisions

Besoins nets
en produits finis

**Ordres de montage
Produits finis**

**Nomenclature des
produits finis**

Niveau 1 : Sous-ensembles

**Stocks Sous-ensembles
et en cours de fabrication**

Besoins bruts en
sous-ensembles

Besoins nets en
sous-ensembles

**Ordres de fabrication
Sous-ensembles**

**Nomenclature des
sous-ensembles**

Niveau 2 : Pièces élémentaires

**Stock Pièces et
en-cours usinage**

Besoins bruts en
pièces élémentaires

Besoins nets en
pièces élémentaires

**Ordres de fabrication
Pièces élémentaires**

**Nomenclature des
pièces élémentaires**

Niveau 3 : Matières premières

**Stocks de matières premières
et en commandes en cours**

Besoins bruts en
matières premières

Besoins nets en
matières premières

**Ordres d'achat
Commandes fournisseur**

Illustration à partir du cas

Références appareils	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Total
K21	822	822	822	823	3289
K33	1047	1046	1047	1047	4187
K45	373	374	374	374	1495
K58	1495	1496	1495	1495	5981
Total	3737	3738	3738	3739	14952

Taille de lot : 200
 Délai d'assemblage un jour

		J1	J2	J3	J4	J5
Modèle K33	Besoin Brut	210	210	210	210	207
	Stock 230	20	10	0	190	173
	Besoin Net		190	200	210	17
	Quantité à lancer	200	200	400	200	

Taille de lot : 200

Délai d'assemblage un jour

		J1	J2	J3	J4	J5
Modèle K33	Besoin Brut	210	210	210	210	207
	Stock 230	20	10	0	190	173
	Besoin Net		190	200	210	17
	Quantité à lancer	200	200	400	200	

Coefficient technique de la nomenclature (*3)

Taille de lot : 400

Délai de fabrication un jour

		J1	J2	J3	J4	J5
Bouton	Besoin Brut	600	600	1200	600	
	Stock 800	200		0	200	200
	Besoin Net		400	1200	600	
	Quantité à lancer	400	1200	800		

Sans prise en compte des rebuts

ORDRE DE FABRICATION

Coefficient technique de la nomenclature (*2g)

Taille de commande : 1000g

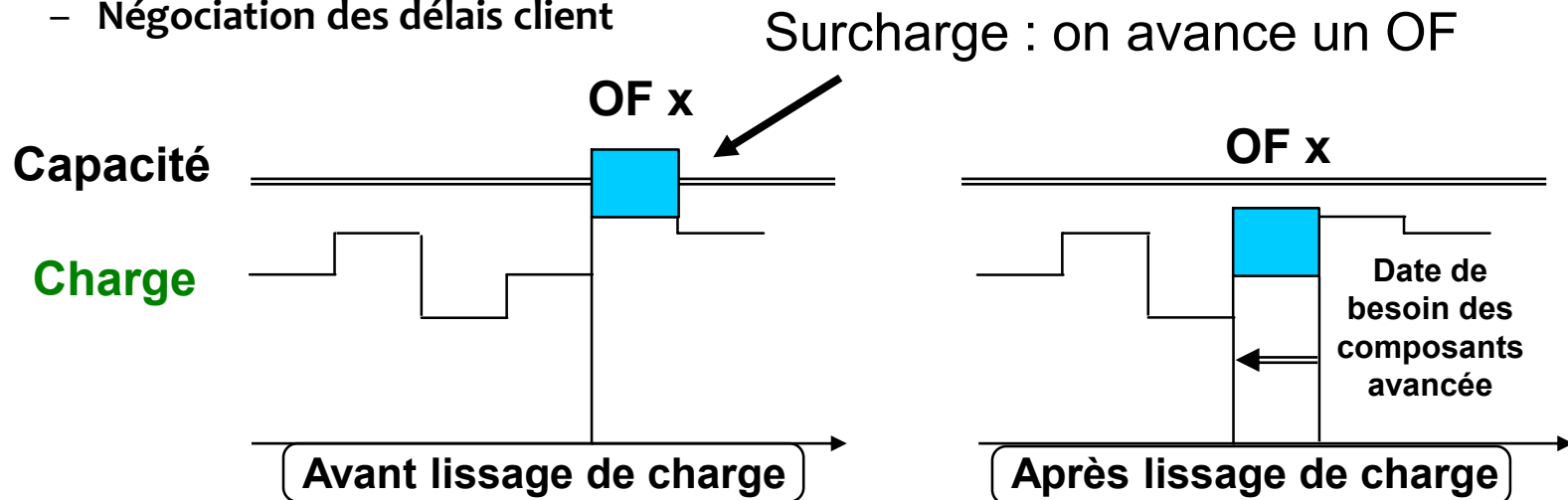
Délai d'appro. de un jour

		J1	J2	J3	J4	J5
PVC	Besoin Brut	800	3200	800		
	Stock 2kg	1200		200		
	Besoin Net		2000	800		
	Quantité à lancer	2000	1000			

ORDRE D'APPROVISIONNEMENT

Analyse des charges

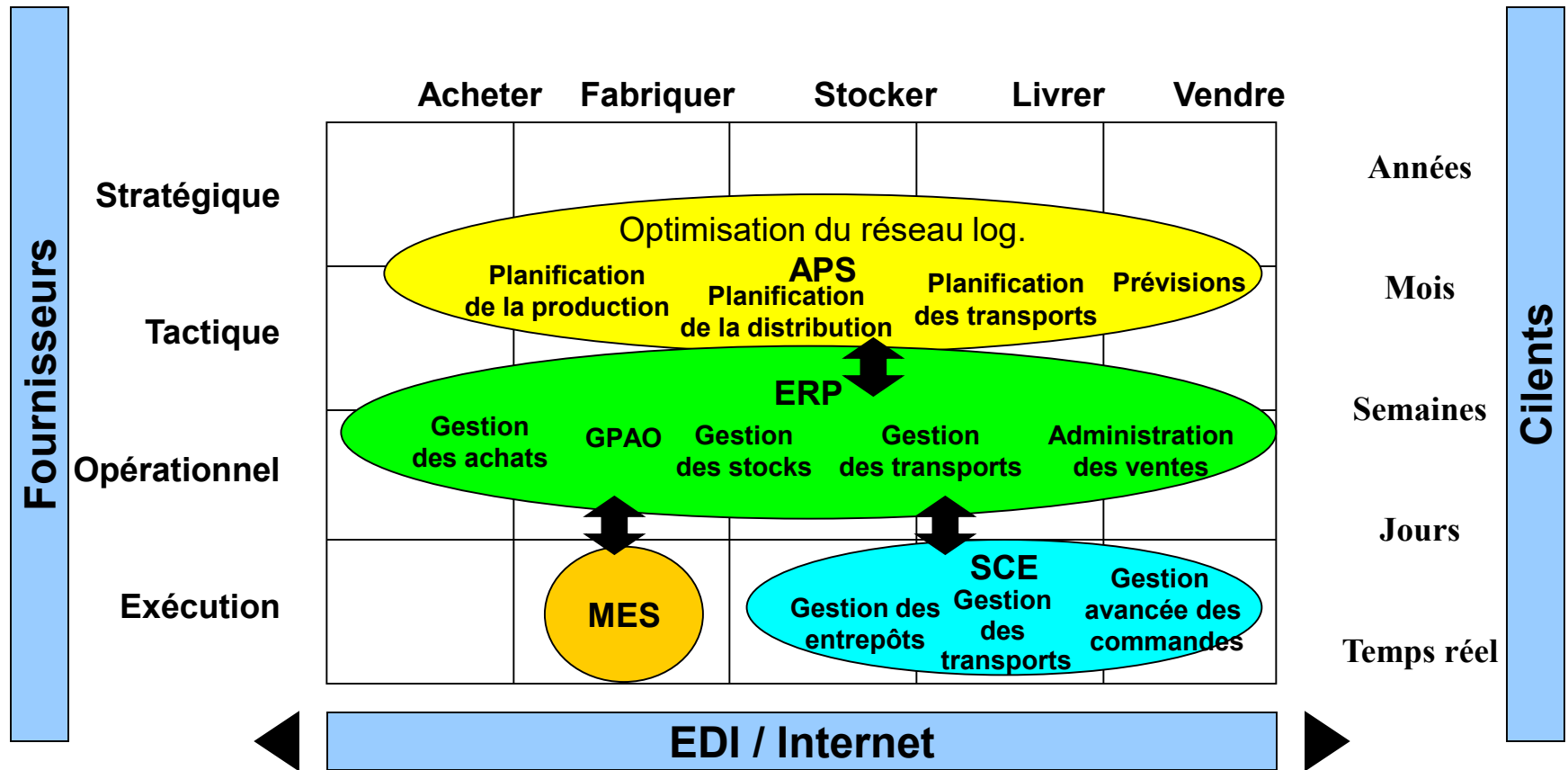
- Poste de charge = C'est l'unité de décomposition d'un atelier la plus précise pour les besoins de l'ordonnancement et de l'imputation des coûts. Un poste de charge peut être composé : d'une ou plusieurs machines ; d'une ou plusieurs personnes ; d'une combinaison personnes – machines. Il est caractérisé par un code, une capacité ainsi que par des coûts horaires et des outillages associés
- Ajustement du rapport charge/capacité
 - Déplacement des ordres
 - Modification des horaires de travail (heures sup. , 2^e équipe, ...)
 - Gammes alternatives / sous-traitance
 - Négociation des délais client



Les limites de la planification MRP...

- **Planification à capacité infinie**
- **Des itérations multiples pour obtenir un plan exécutable**
- **Des programmes non optimaux**
- **Délais de fabrication et d'approvisionnement postulés (input du système)**

... malgré les technologies de l'information !



APS (Advanced Planning System) : progiciel qui optimise la planification et synchronise les flux de la chaîne logistique en tenant compte simultanément d'un grand nombre de contraintes (ressources, capacités, délais, coûts).

ERP (Enterprise Resource Planning) : progiciel intégré qui permet de gérer les fonctions transactionnelles.

SCE (Supply Chain Execution) : progiciel qui rationalise la totalité du cycle de traitement des commandes.

MES (Manufacturing Execution Systems) : système qui délivre des informations pertinentes en temps réel sur l'exécution des ordres de fabrication, dans le but de les contrôler et d'optimiser les activités de production.

La planification industrielle

