

Systèmes et modèles de gestion des stocks

- 1 -

Contenu

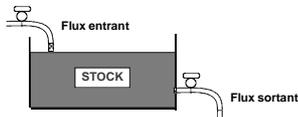
- Systèmes de gestion
 - Point de commande
 - Reapprovisionnement périodique
- Analyse ABC : la loi de Pareto
- Coûts des stocks
- Rotation et couverture
- Optimisation économique
 - Modèle de base
 - Formule de Wilson (EOQ)
 - Groupage de commandes
 - Production et consommation simultanées
 - Rabais



- 2 -

Un stock est un réservoir

- Généralement, on ne maîtrise pas le flux de sortie
- On ajuste le niveau de stock par le flux entrant
 - Pour les articles achetés, commandes de réapprovisionnement passées auprès du fournisseur
 - Pour les articles fabriqués, lancements en fabrication



- 3 -

Les stocks dans les entreprises

- Entreprises industrielles
 - Stocks de matières premières
 - Stocks de composants achetés
 - Stocks de semi-produits ou sous-ensembles
 - Stocks de produits finis
 - Stocks de pièces de rechange
- Entreprises de distribution
 - Stocks de produits finis
- Souvent très grand nombre de références gérées
 - plusieurs milliers ou dizaines de milliers

- 4 -

Stocks de fabrication ou de distribution

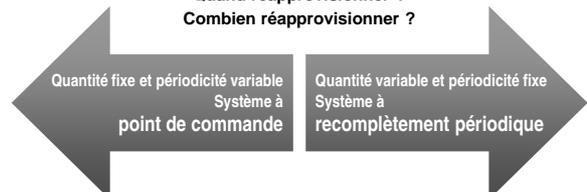
- Stocks de fabrication
 - demande dépendante des besoins du niveau supérieur de la nomenclature
 - demande déterministe
 - détermination des réapprovisionnements par calcul des besoins nets (MRP, DRP)
- Stocks de distribution
 - indépendance des demandes de chacun des articles
 - demande aléatoire
 - détermination des réapprovisionnements par règles de gestion

- 5 -

Systèmes de gestion des stocks

Nombre de références élevé nécessitant une gestion adaptée...
Demande indépendante et variable autour d'une moyenne...
Délais de réapprovisionnement variables autour d'une moyenne...

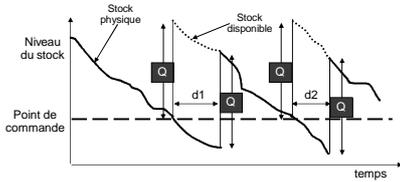
Quand réapprovisionner ?
Combien réapprovisionner ?



6 6 -

Systèmes et modèles de gestion des stocks

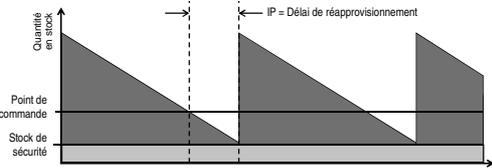
Système à point de commande



- ⇒ Gestion définie par point de commande et quantité commandée
- ⇒ Choix des paramètres selon arbitrage de coût
- ⇒ Échéancier de commande variable par produit
 - Souplesse de gestion ⇒ souplesse du fournisseur
 - Pas de groupage

Systèmes et modèles de gestion des stocks

Système à point de commande



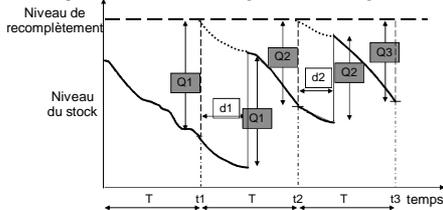
Le point de commande est égal à la demande moyenne pendant le délai de réapprovisionnement plus le stock de sécurité

$$PC = \bar{D}IP + SS$$

- Exemple
- Demande moyenne : 120 unités/semaine
 - Délai d'obtention : 3 semaines
 - Stock de sécurité : 100 unités
- Point de commande ?
- $$PC = 120 * 3 + 100 = 460$$

Systèmes et modèles de gestion des stocks

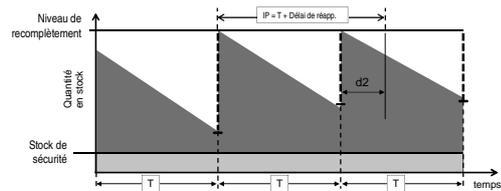
Système à reapprovisionnement périodique



- ⇒ Gestion définie par périodicité et niveau de reapprovisionnement
- ⇒ Choix des paramètres selon arbitrage de coût
- ⇒ Échéancier de commande fixe par produit
 - Rigidité face aux aléas
 - Possibilité de groupage

Systèmes et modèles de gestion des stocks

Système à reapprovisionnement périodique



Le niveau de reapprovisionnement est égal à la demande moyenne pendant le cycle de révision et délai de réapprovisionnement plus le stock de sécurité

$$NR = \bar{D}IP + SS$$

- Exemple
- Demande moyenne : 120 unités/semaine
 - Délai d'obtention : 4 semaines
 - Intervalle de révision : 3 semaines
 - Stock de sécurité : 150 unités
- Niveau de reapprovisionnement
- $$NR = 120 * 7 + 150 = 990$$

Systèmes et modèles de gestion des stocks

Critères de choix

Système à point de commande	Système à reapprovisionnement périodique
Demande à forte variabilité	Demande à variabilité limitée
Prix élevé	Prix bas
Possibilité de suivi continu du niveau du stock	Impossibilité de suivi interne
Exigence de protection forte contre les ruptures	Rigidité face aux aléas
Souplesse du fournisseur	Possibilité de groupage

- Autres critères de choix
- Niveaux de stocks respectifs
 - Adéquation aux contraintes et aux caractéristiques du fournisseur
 - Organisation interne du travail d'approvisionnement

Systèmes et modèles de gestion des stocks

Différencier les modes de produit

- Adapter le système de gestion des stocks aux caractéristiques du produit géré
 - Volume de la demande
 - Variabilité de la demande
 - Possibilité de groupage
 - Rigidité face aux aléas
 - Segments des produits
 - Caractéristiques physiques des produit

Rotation des stocks

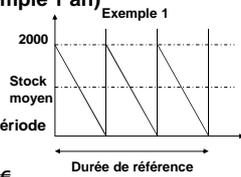
- Rotation des stocks est égale au rapport entre la consommation totale et le stock moyen sur une durée de référence (par exemple 1 an)

Exemple 1 :

- Stock moyen : 1 000 unités
- Consommation : 6 000 unités
- Rotation des stocks : 6 fois par période

Exemple 2 :

- Valeur du stock moyen : 100 000 €
- Valeur de consommation : 1 000 000 €
- Rotation des stocks : 10 fois par période



Durée d'écoulement des stocks Couverture

- C'est l'inverse de la rotation des stocks
- exprimée souvent en nombre de jours

Exemple :

- Stock moyen : 2 000 unités
- Consommation moyenne journalière : 50 unités
- Durée d'écoulement des stocks : 40 jours

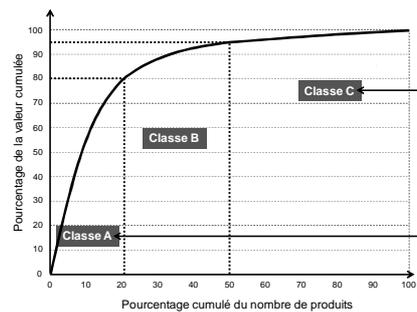
Analyse ABC (loi de Pareto)

- Règle des 20-80
 - Souvent, environ 20% des articles font 80% du CA
- Elle sert à déterminer l'importance relative des stocks
 - Valeur des immobilisations
 - Articles critiques / difficiles à obtenir
- L'analyse ABC divise les stocks en 3 classes
 - Classe A : petit nombre de références = valeur élevée
 - Classe B : nombre moyen de références = valeur moyenne
 - Classe C : grand nombre de références = valeur faible



Vilfredo Pareto
1854-1923

Diagramme ABC



On peut avoir une quantité importante d'articles "C" à portée de main

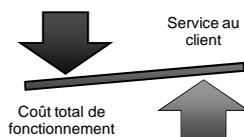
- Généralement la valeur des éléments ne vaut pas le contrôle supplémentaire nécessaire pour tenir un inventaire précis
- Le surstock de « C » représente une immobilisation marginale

On doit piloter « A » avec un grand effort

- Suivi complet et exact
- Examen régulier et fréquent des niveaux des stocks
- Révisions fréquentes des prévisions de la demande
- Démarches d'accélération des flux pour réduire les délais

Optimisation économique

- Le problème
 - dans des conditions de fonctionnement données
 - » caractéristiques de la demande (service attendu)
 - » caractéristiques du produit
 - » caractéristiques du fournisseur
 - » politique interne



...on doit définir les paramètres du système de gestion du stock pour minimiser le coût de fonctionnement

Les coûts des stocks

- Coût d'acquisition
- Coût de possession
- Coût de passation de commande
- Coût de rupture

Coût d'acquisition

Coût d'acquisition = Coût unitaire x nombre d'unités achetées

- Le coût unitaire est *a priori* indépendant du nombre d'unités achetées
- Mais possibilités de variations du coût unitaire :
 - ⇒ Politique du fournisseur
 - Réduction du prix pour groupage
 - ⇒ Barème de remises selon les quantités commandées
 - ⇒ Marché : fluctuation selon offre et demande
 - ⇒ Impact important

Coût unitaire = coût de revient rendu des marchandises = prix d'achat + coût du transport + coût du contrôle

Coût de possession

- Frais de stockage
- Détérioration
- Obsolescence
- Frais financiers
 - Coût des dettes à court terme
 - Coût du capital
 - Coût d'opportunité

⇒ Le coût de possession représente de 20 % à 40 % de la valeur du stock moyen

⇒ Ce pourcentage s'appelle de taux de détention

Coût de passation de commande

- Suivi du stock
 - Appel d'offres éventuel
 - Négociation avec le fournisseur
 - Émission de la commande
 - Suivi de la commande
 - Réception, contrôle et entrée en magasin
 - Vérification de la facture
 - Paiement de la facture
- ⇒ Le coût de passation de commande est de l'ordre de 10 € à 10 000 €

Coût de rupture

- Perte de marge
- Coût d'approvisionnement d'urgence
- Coût de livraison spéciale
- Pénalités de retard
- Perte d'image

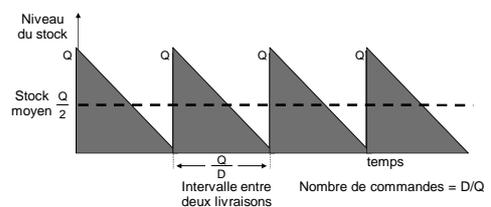
Dépend souvent de la durée de la rupture

Les modèles économiques

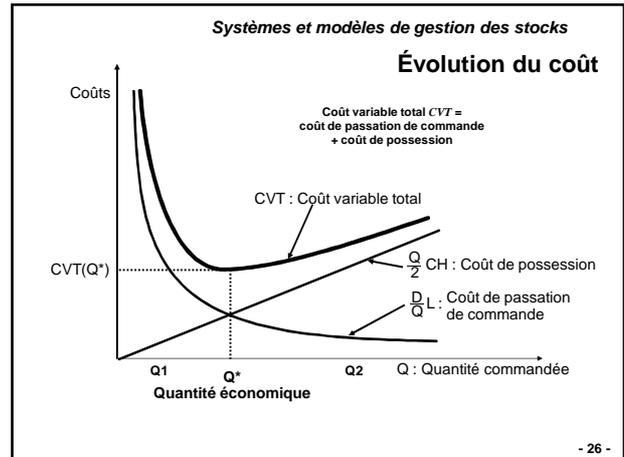
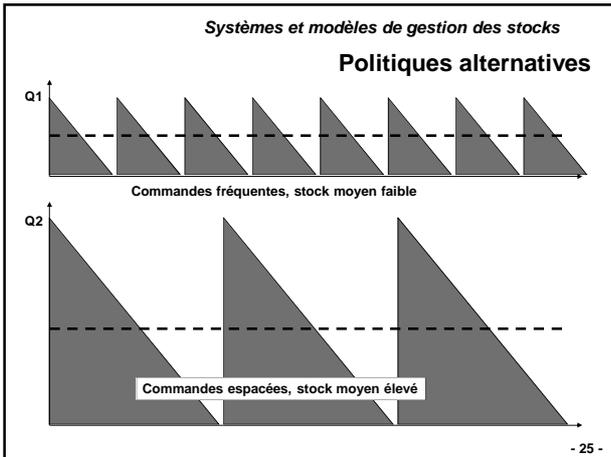
- Décrivent de nombreuses situations :
 - arbitrage coût de possession - coût de transaction
 - rabais sur quantité
 - groupage de commandes
 - contraintes externes sur la politique de gestion des stocks
 - évolution des paramètres dans le temps

Notations :
 D : demande de la période
 L : coût de passation de commande
 C : coût unitaire de l'article
 h : taux de détention

Le modèle de base



Arbitrage
 coût de possession - coût de passation de commande



Systèmes et modèles de gestion des stocks

La formule de Wilson

Proposée par F. W. Harris en 1913, la quantité économique Q^* est la quantité qu'il faut commander pour minimiser le coût variable total de gestion de stock



Ford Whitman Harris

Notations :

- D : demande de la période
- L : coût de passation de commande
- C : coût unitaire de l'article
- h : taux de détention

Coût variable total (CVT) =
coût de passation de commande
+ coût de possession

$$CVT = \frac{D}{Q} \times L + \frac{Q}{2} \times C \times h$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times D \times L}{C \times h}}$$

- 27 -

Systèmes et modèles de gestion des stocks

Exemple

- Demande (annuelle) : 2400
- Coût de passation de commande : 50 €
- Coût de l'article : 120 €
- Taux de détention : 20% par an

$$CVT = \frac{2400}{Q} \times 50 + \frac{Q}{2} \times 120 \times 0,2$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 2400 \times 50}{120 \times 0,2}} = 100$$

- 28 -

Systèmes et modèles de gestion des stocks

CVT à l'optimum

$$CVT^* = \sqrt{2 \times D \times L \times C \times h}$$

$$CVT^* = \sqrt{2 \times 2400 \times 50 \times 120 \times 0,2} = 2400$$

Faible sensibilité du CVT autour de l'optimum :

- Q=50 ou Q=200 CVT = 3000 (+25%)
- Q=80 ou Q=125 CVT = 2460 (+2,5%)

- 29 -

Systèmes et modèles de gestion des stocks

Formule de Wilson : variantes

Si on modélise un système à reapprovisionnement périodique, on doit optimiser le coût variable total en fonction de la périodicité optimale ou bien du nombre optimal de commandes...

Coût variable total en fonction du nombre de commandes à passer

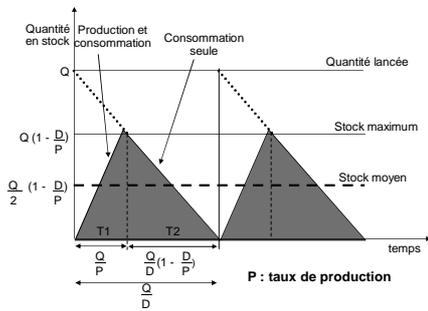
$$N = \frac{D}{Q} \rightarrow CVT(N) = NL + \frac{H}{2N} DC$$

Nombre optimal de commandes Périodicité optimale

$$N^* = \frac{D}{Q^*} = \sqrt{\frac{DCH}{2L}} \quad T^* = \frac{1}{N^*} = \frac{Q^*}{D}$$

- 30 -

Production et consommation simultanées



Production et consommation simultanées

- On constitue un stock en même temps qu'on satisfait la consommation, la quantité maximale n'est pas Q mais une quantité inférieure qui dépend du taux de mise en stock $P-D$ et de la quantité lancée Q

$$CVT = \frac{D}{Q} \cdot L + \frac{Q}{2} \cdot \left(1 - \frac{D}{P}\right) \cdot C.h$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 D.L}{C.h \cdot \left(1 - \frac{D}{P}\right)}}$$

Exemple

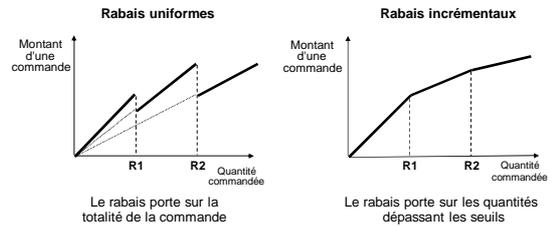
- Demande (annuelle) : 2400
- Coût de lancement : 50 €
- Coût de l'article : 120 €
- Taux de détention : 20% par an
- Taux de production (annuel) : 4000

$$CVT = \frac{2400}{Q} \times 50 + \frac{Q}{2} \times \left(1 - \frac{2400}{4000}\right) \times 120 \times 0,2$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 2400 \times 50}{120 \times 0,2 \times \left(1 - \frac{2400}{4000}\right)}} = 158$$

Rabais sur quantité

- Problème : choisir de bénéficier ou non des remises sur quantité commandée proposées par un fournisseur
- Rabais lié à la quantité commandée $\rightarrow Q$ à optimiser

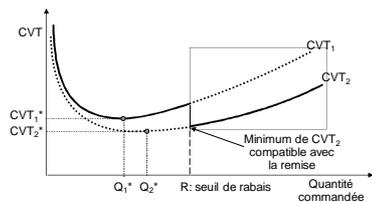


Le rabais porte sur la totalité de la commande

Le rabais porte sur les quantités dépassant les seuils

Rabais sur quantité

- Bénéficier ou non des remises sur quantité proposées par un fournisseur
- Recherche du coût total minimum



Si le CT_R obtenu dans la plage du rabais est inférieur au CT_{actuel} alors on accepte le rabais

Rabais uniformes

- Évaluer le coût total CT minimum sur toutes les plages de prix

$$CT = \underbrace{\frac{D}{Q} L + \frac{Q}{2} CH}_{\text{Coût variable total}} + \underbrace{CD}_{\text{Coût d'acquisition}}$$

Calculer Q^* pour le prix proposé pour une commande entre R_0 et R_1

- Si $R_0 \leq Q^* < R_1$, évaluer le coût de Q^*
- Si $Q^* < R_0$, évaluer le coût total de R_0
- Si $Q^* \geq R_1$, évaluer le coût total de R_1

Exemple

- Demande (annuelle) : 240 000
- Coût de passation de commande : 50 €
- Taux de détention : 20% par an

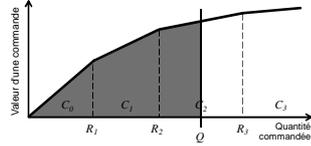
Barème de prix	
Quantité commandée	Prix unitaire
0 à 799	120 €
800 à 1499	118 €
1500 +	116 €

Q* = 1000
Q* = 1008
Q* = 1017

Quantité commandée = 799, CT=CVT+Prix d'achat = 28 824 607
Quantité commandée = 1008, CT=CVT+Prix d'achat = 28 343 799
Quantité commandée = 1500, CT=CVT+Prix d'achat = 27 865 400
Donc, Quantité économique = 1500

Rabais incrémentaux

- Évaluer le coût total CT minimum sur toutes les plages de prix



C = C₀ pour les premières R₁ unités
C = C₁ pour les R₂-R₁ unités suivantes
C = C₂ pour les R₃-R₂ unités suivantes
...
C = C_m pour les dernières Q-R_m unités

Valeur d'une commande de Q unités, jusqu'au rabais C₂ : Pour le coût total on a :

$$V_c = C_0(R_1 - R_0) + C_1(R_2 - R_1) + C_2(Q - R_2)$$

De manière générale :

$$V_c = \left(\sum_{k=1}^i C_{k-1} (R_k - R_{k-1}) \right) + C_i (Q - R_i)$$

$$CT_i = \frac{D}{Q}L + \frac{V}{2}H + \frac{D}{Q}V_c$$

Coût
Coût
variable total
d'acquisition

Rabais incrémentaux

$$CT_i = \frac{D}{Q}L + \frac{\left(\sum_{k=1}^i C_{k-1} (R_k - R_{k-1}) \right) + C_i (Q - R_i)}{2} H + \frac{D}{Q} \left(\sum_{k=1}^i C_{k-1} (R_k - R_{k-1}) \right) + C_i (Q - R_i)$$

En annulant la première dérivé du CT_i, on obtient la quantité économique pour chaque seuil i

$$Q^*_i = \sqrt{\frac{2D \left(L + \sum_{k=1}^i (R_k) (C_{k-1} - C_k) \right)}{C_i H}}$$

Démarche de résolution :

- Évaluer Q* pour le chaque Ci
- Ne retenir que les cas admissibles
- Évaluer le coût minimum afin de choisir le plus faible

Exemple

- Demande (annuelle) : 2000
- Coût de passation de commande : 80 €
- Taux de détention : 35%

Barème de prix	
Quantité commandée	Prix unitaire
0 à 499	20 €
500 à 999	15 €
1000 à 4999	12,5 €
5000 +	10 €

Q* = 214
Q* = 1401 inutile
Q* = 2154
Q* = 4481 inutile

Quantité commandée = 214, CT= 41496

Quantité commandée = 2154, CT= 35295

Donc, Quantité économique = 2154

Groupage des commandes

- Consiste à passer commande de plusieurs articles simultanément à un même fournisseur
- Seul système possible : reapprovisionnement périodique à périodicité commune
- Recherche de la périodicité commune optimale

$$CVT = NL + \frac{h}{2N} \sum_{i=1}^{i=n} DC_i$$

$$N^* = \sqrt{\frac{h \sum_{i=1}^{i=n} DC_i}{2L}}$$

Exemple

- Coût de passation de commande de chaque article : 120 €
- Taux de détention : 25%

Articles	Demande	Prix
X	300	50
Y	1200	20
Z	600	100

$$N^* = \sqrt{\frac{0,25(300*50 + 1200*20 + 600*100)}{2*(3*120)}} \approx 6$$

$$CVT(N^*) = 4160$$