

Chapitre 2



Soutien logistique en maintenance

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Éléments de gestion de stock
3. Application à la gestion du stock maintenance

1 - Introduction

Définition :

« La logistique est le processus stratégique par lequel l'entreprise organise et soutient son activité »

Pour la maintenance :

« c'est l'ensemble des moyens permettant aux techniciens de maintenance d'être efficace dans leurs actions »

Logistique de maintenance

Responsable
logistique



1. matières et produits consommables
2. pièces et modules de rechange
3. outillage spécifique
4. moyens spéciaux

1 - Matières et produits consommables

- # produits classiques d'atelier (vis, écrous, petite mécanique, solvants, baguettes de soudure, pâtes d'étanchéité, etc..)
- # matières premières nécessaires à la réparation des pièces ou pour les fabrications diverses (tubes, tôles, barres, etc..)
- # lubrifiants standardisés par le service

2 - Pièces et modules de rechange

- # Peuvent être standards ou alors attachés à un équipement (pièces d'usure)
- # La fonction Méthodes doit en avoir déterminé la nomenclature
- # La constitution d'un stock de pièces de rechange est fondamentale si on veut obtenir une bonne efficacité du service Maintenance

3 - Les outillages spécifiques

- # Ce sont tous les outillages, autres que l'outillage classique que l'on trouve dans la caisse à outils d'un bon technicien
- # Ils sont souvent attachés à des matériels (préconisation du constructeur) ou alors définis comme « moyens communs » en atelier (exemple de l'oscilloscope)
- # Les appareils nécessaires aux CND en font partie

4 - Les moyens spéciaux

- # Ce sont tous les moyens nécessaires à des opérations de maintenance sur des équipements lourds ou difficiles d'accès (moyens de levage, échafaudage, etc..).

Rôle de la logistique de soutien



La logistique de soutien
va permettre :

- # d'optimiser les activités de maintenance (gain de temps, d'énergie, réduction des coûts)
- # d'assurer la flexibilité du service Maintenance

Attention à la gestion des pièces et modules de rechange !

Une erreur dans l'approvisionnement d'une pièce critique et c'est la catastrophe assurée :

= arrêt de la ligne de production pendant au moins 24 heures, délais de livraison obligent !

Nécessité de savoir gérer de manière rationnelle un stock maintenance !

Attention à la gestion des pièces et modules de rechange !

- # Gérer un stock maintenance n'est pas toujours une chose simple
- # Les équipements des entreprises sont hétérogènes
- # Il est difficile de standardiser les pièces de rechange
- # Comment faire?

2 - Éléments de gestion de stock

- # Un stock est une réserve de matière première destinée à éviter les ruptures (de production, de livraison, etc..)
- # On stocke pour des raisons techniques : le bois, etc..
- # On stocke pour des raisons économiques : baisses des cours = commande en grande quantité et à meilleur prix

2 - Éléments de gestion de stock

Mais un stock c'est souvent une marge de sécurité en cas de problème d'approvisionnement :

- ⇒ délais de livraison importants
- ⇒ fournisseurs peu fiables
- ⇒ délais imprévus comme en cas de grève de transporteurs
- ⇒ etc..

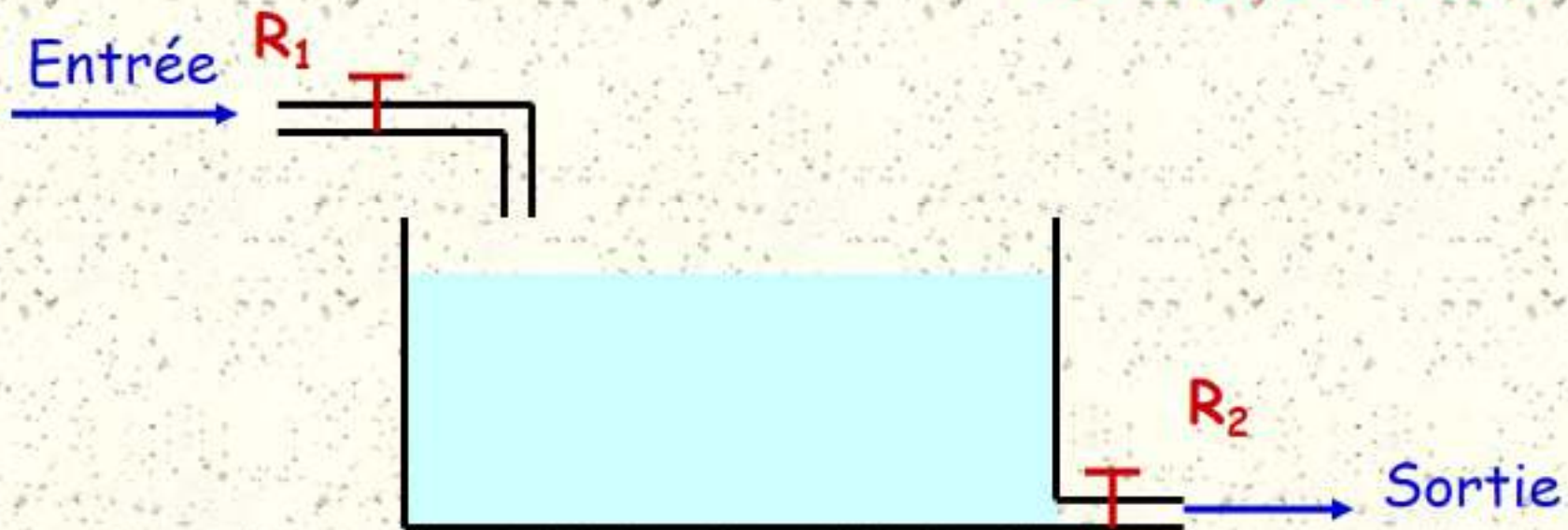
2 - Éléments de gestion de stock

En maintenance le stock permet :

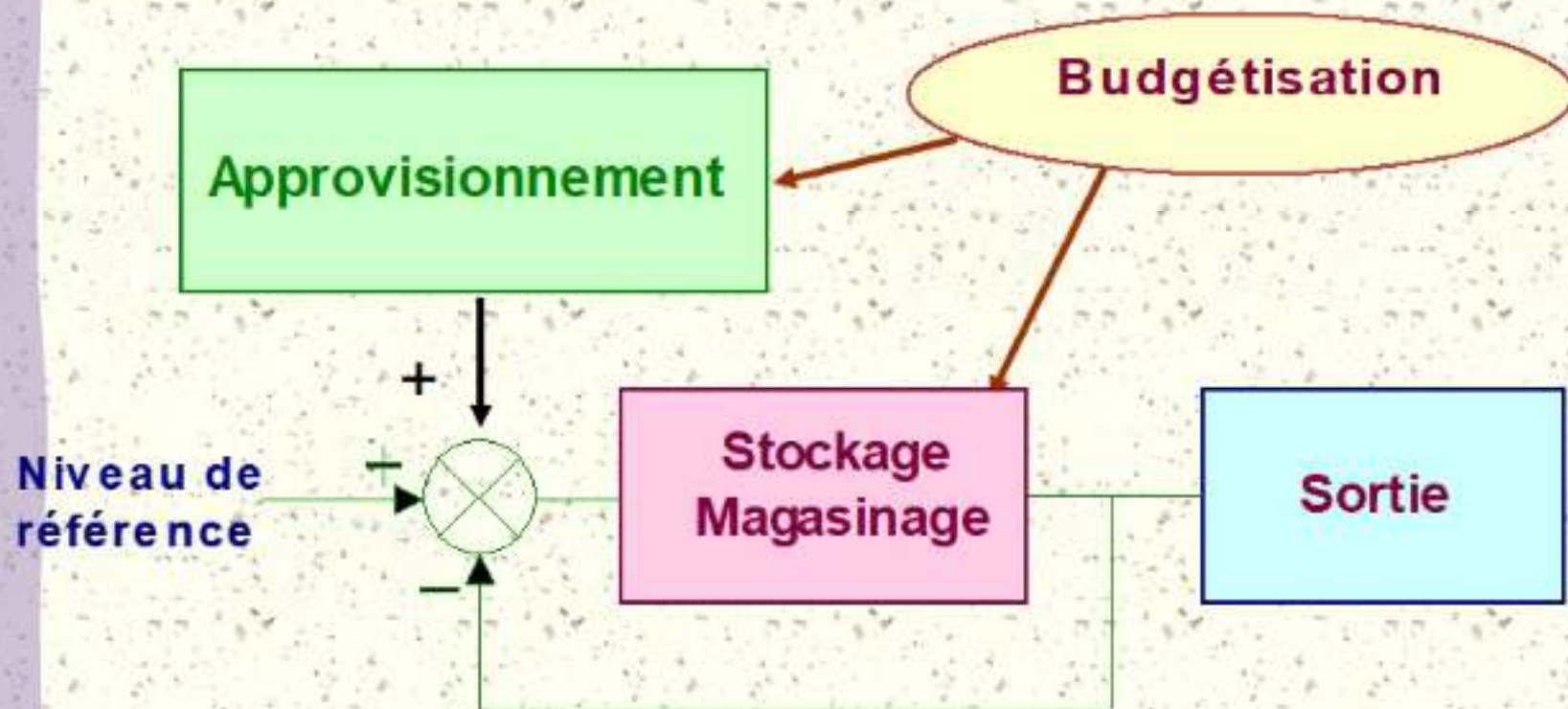
- # de réduire le délai d'intervention
- # d'éviter des temps d'indisponibilité importants

Fonctionnement d'un stock

= Principe
du réservoir



Fonctionnement d'un stock



2.1 - Quelques définitions

- # *Approvisionnement* : toutes les opérations permettant à l'entreprise de disposer de biens et de services nécessaires à son activité et qu'elle doit se procurer à l'extérieur
- # *Evolution des stocks*

$$\text{Stock initial} + \text{Entrées} - \text{Sorties} \geq 0$$

2.1 - Quelques définitions

- # **Rupture de stock** : cause «un manque à gagner» parce qu'elles arrêtent les ventes ou la production
- influe fortement sur les coûts d'indisponibilité
- # **Politique d'approvisionnement**
 - ⇒ assure la satisfaction du client
 - ⇒ permet de respecter les délais de production
 - ⇒ permet de rechercher les prix les plus avantageux
 - ⇒ permet de rechercher la meilleure qualité
 - ⇒ prévoir et surveiller les délais de livraison

2.1 - Quelques définitions

Budgétisation : correspond à la somme qu'il faut affecter chaque année à la gestion du stock (commandes, frais de magasinage et stockage, coûts de rupture)

Gestionnaire de stock = **magasinier**

⇒ gestion administrative du stock (réception, bons d'entrée et de sortie, fiches de stock)

⇒ contrôle de sécurité (incendie, accident, etc..)

⇒ entretien des locaux et du matériel

⇒ gestion spatiale du stock

2.2 - Coûts de gestion d'un stock

La gestion d'un stock induit des coûts importants :

1. Coût d'approvisionnement
2. Coût de possession du stock
3. Coût de rupture du stock



1. Coût d'approvisionnement

$$C_a = u + p$$

p = Coût de passation de commande

(frais de négociation, de transport de livraison et manutention)

u = Coût d'achat de la marchandise



2. Coût de possession de stock

Posséder un stock, c'est immobiliser de manière stérile des capitaux :

- *coût de financement*
- *coût de gestion*
- *coût de dépréciation*

$$C_{ps} = C_f + C_g + C_d$$



2. Coût de possession de stock

- # Plutôt que d'utiliser le C_{ps} précédent, on préfère utiliser le taux de possession t
- # t = pourcentage du précédent pour un article et pour une période donnée

$$C_{ps} = t \cdot u$$



3. Coût de rupture de stock

toujours difficile à évaluer et très lié à la nature même du stock

- perte d'une vente si l'article n'est pas disponible
- arrêt de production (coût d'indisponibilité)
- perte de qualité, perte d'image



4. Coût total de stock

$$C_{gs} = \sum C_a + \sum C_{ps} + \sum C_r$$

L'objectif de la gestion optimale des stocks est d'en réduire au maximum le coût total



2.3 -Niveaux d'un stock

Nombre d'éléments en stock à un instant t donné

$$N(t) = N(0) + \sum_0^t \text{Entrées} - \sum_0^t \text{Sorties}$$

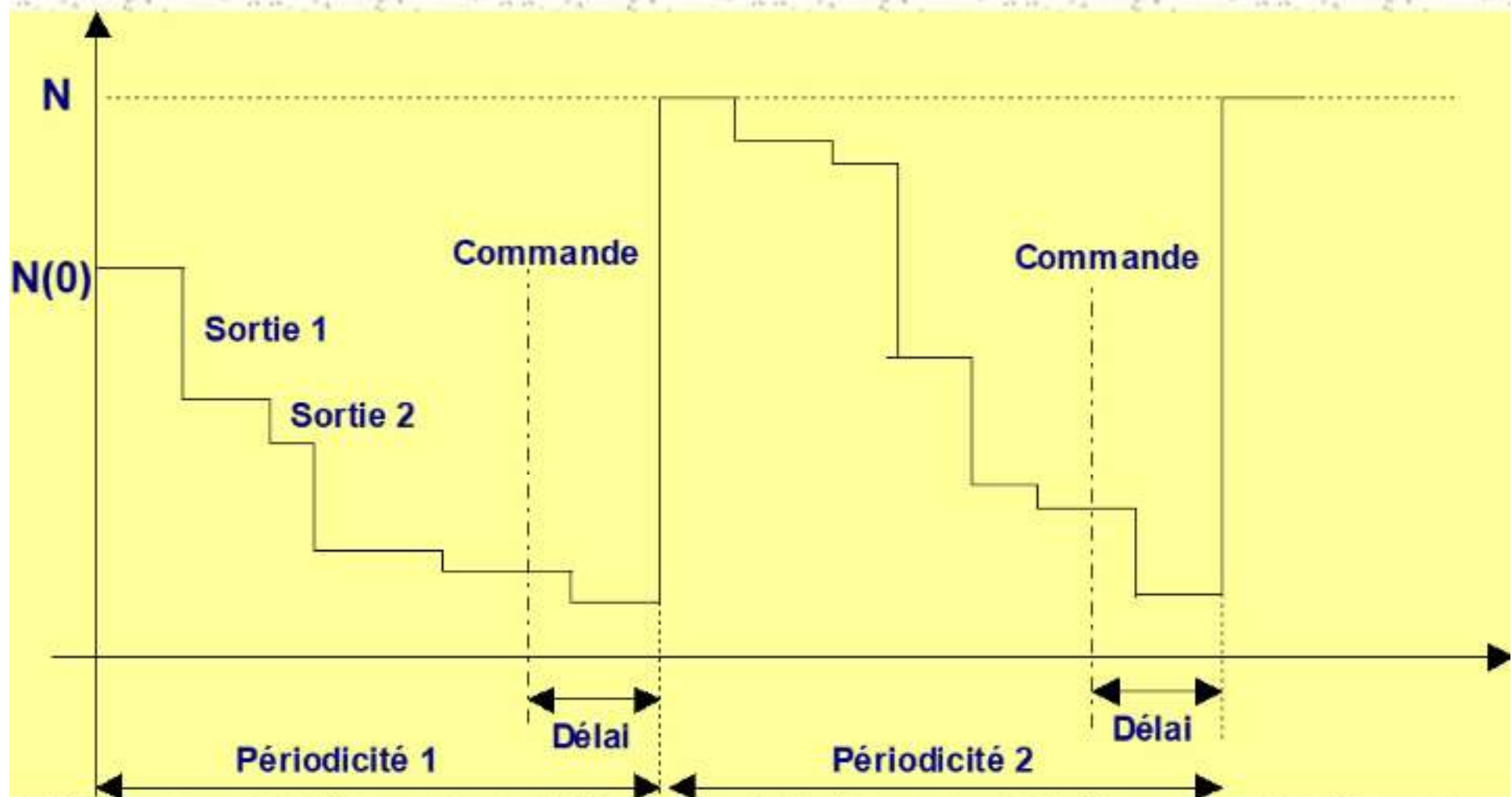
$N(0)$ = Stock initial

1-Niveau initial $N(0)$

- # donné par un inventaire périodique réalisé par le magasinier
- # un inventaire régulier est nécessaire à cause des erreurs, du coulage ou piratage, du manque de rigueur
- # même avec une GMAO, il est nécessaire de recalculer $N(0)$

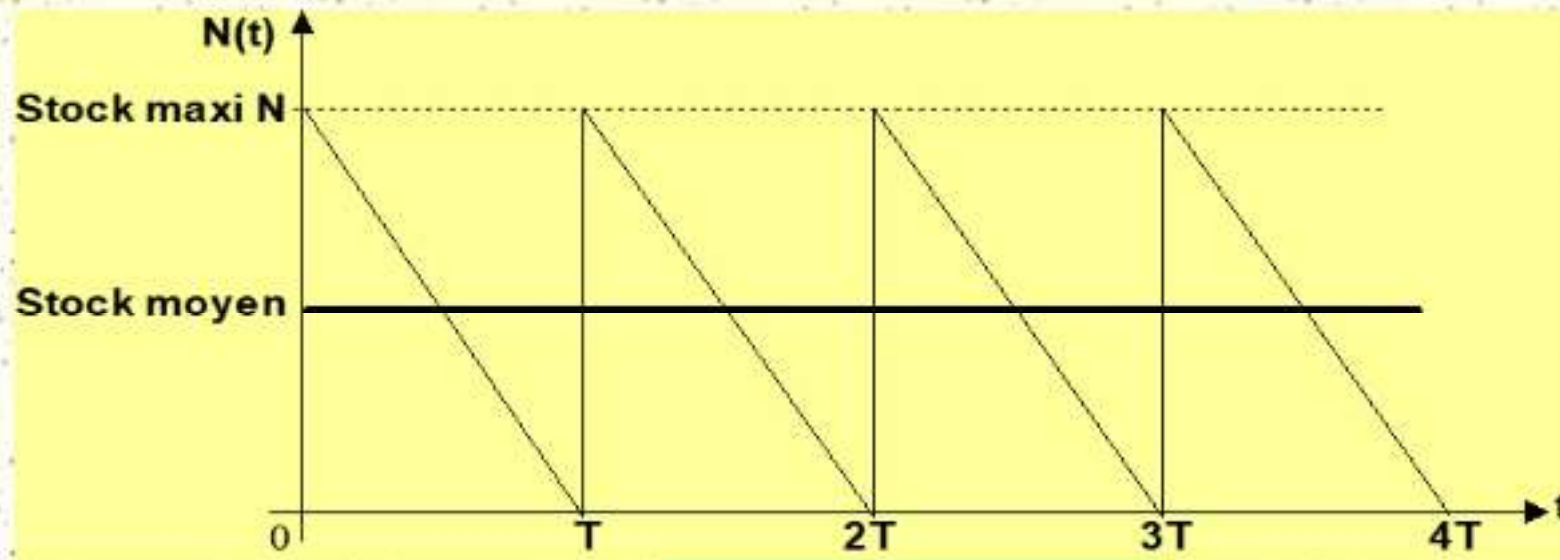
2 - Evolution du stock dans le temps

- # Elle est fonction de la consommation et de l'approvisionnement
- # Le niveau évolue entre 0 et une valeur **N**, appelé **stock maximum**
- # Le stock maxi est le plafond à ne pas dépasser pour éviter des coûts de stockage importants



L'allure d'évolution du stock étant souvent aléatoire, on préfère utiliser des représentations simplifiées

A - Consommation régulière et délai d'approvisionnement nul



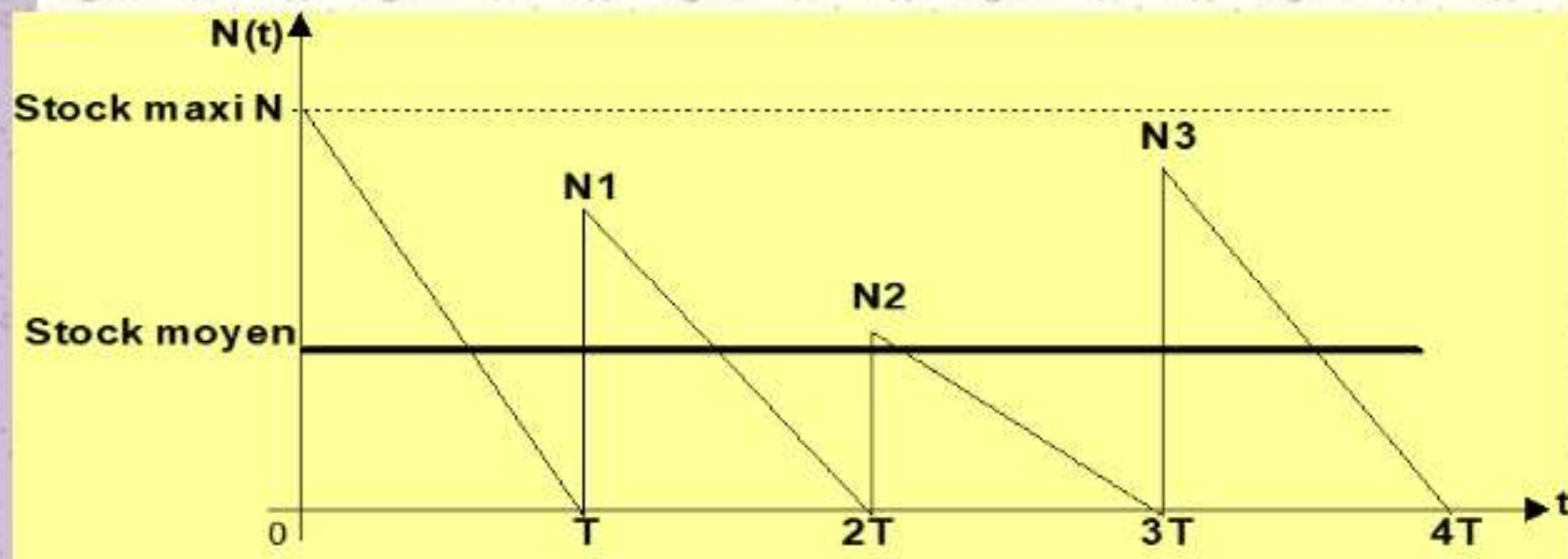
Stock moyen

$$\bar{N} = \frac{1}{T} \int_0^T N(t) dt$$

Si consommation linéaire

$$\bar{N} = \frac{N}{2}$$

B - Consommation irrégulière et délai d'approvisionnement nul

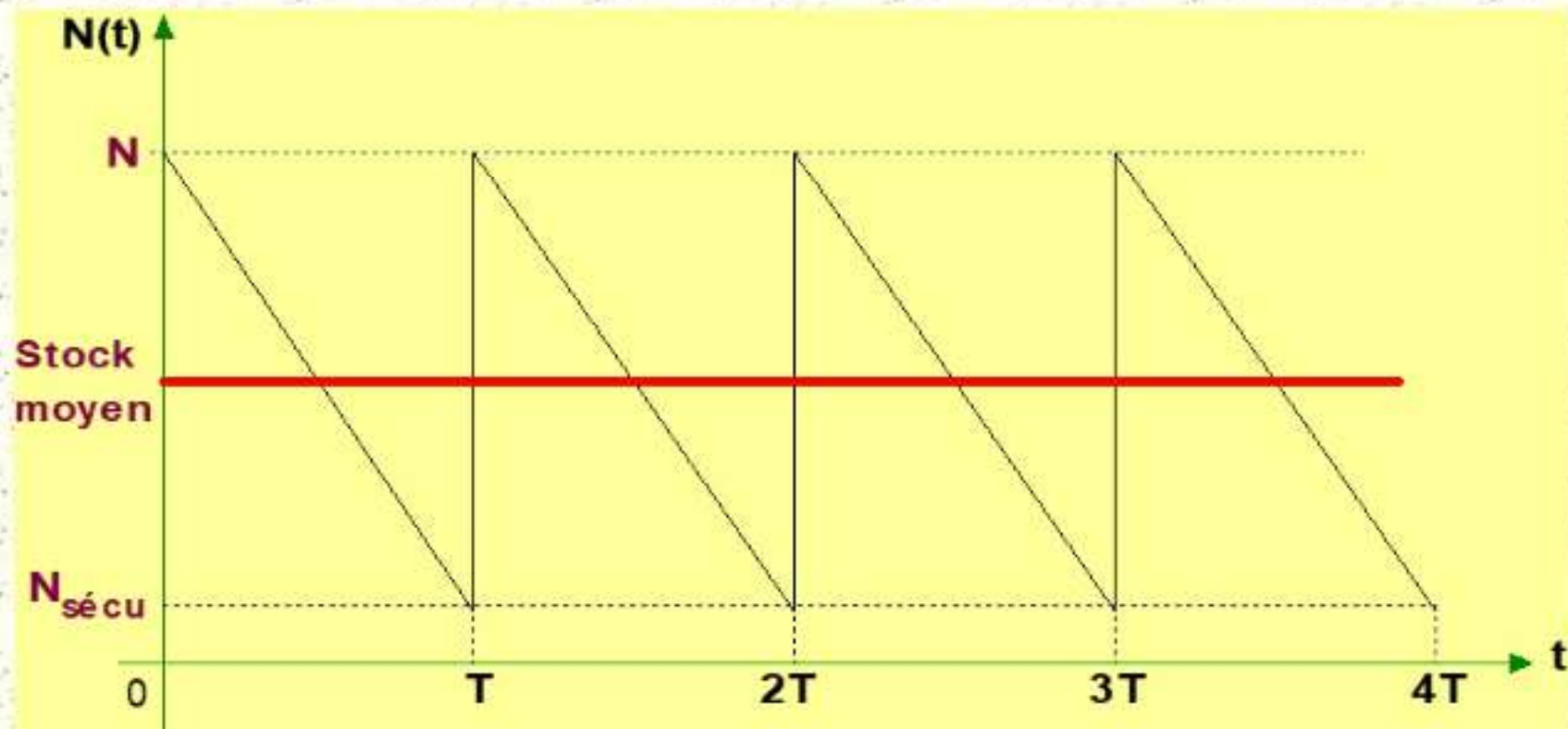


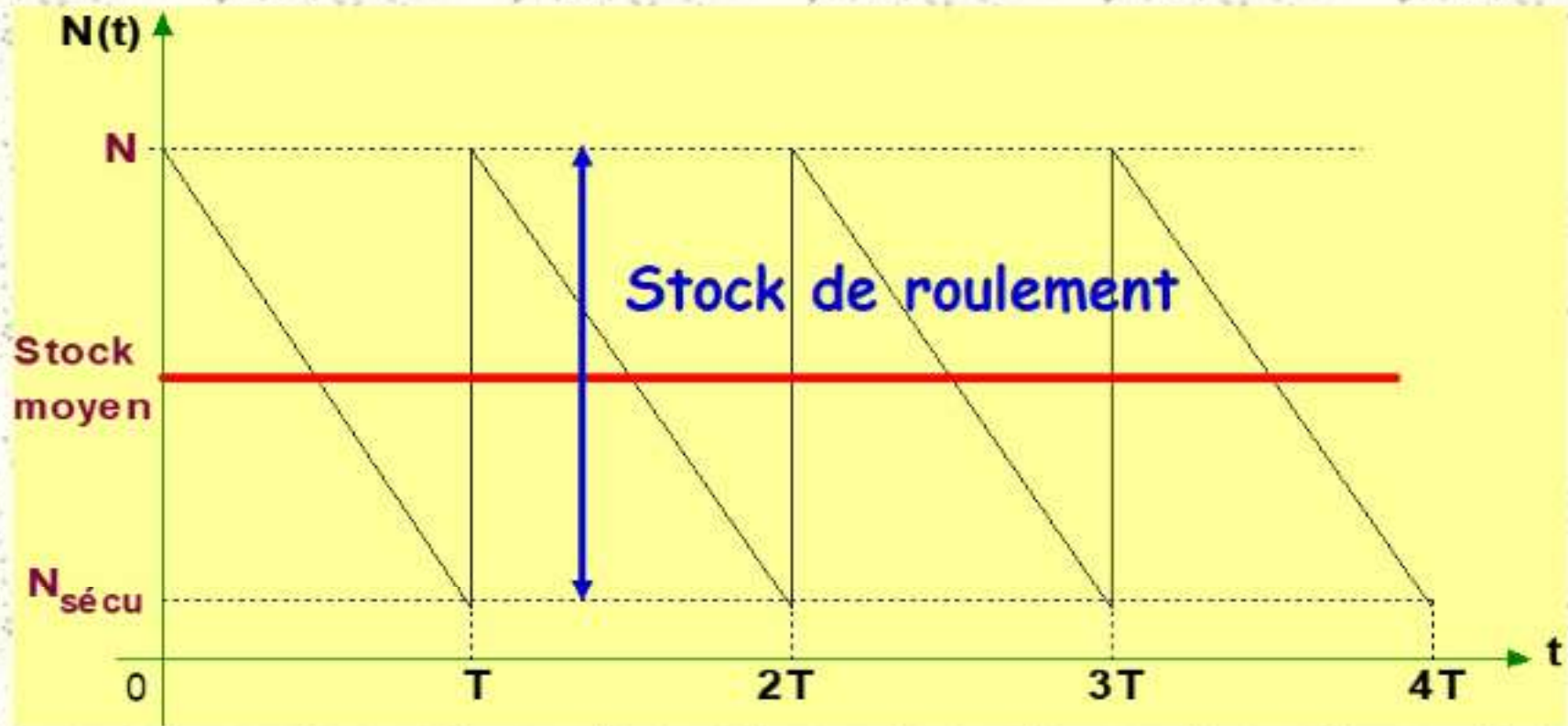
Stock moyen

$$\bar{N} = \frac{N/2 + N1/2 + N2/2 + N3/2}{4}$$

C – Cas général

- # La rupture de stock a un coût
- # On prévoit un stock de sécurité pour pallier les aléas de livraison





- # On appelle stock de roulement la partie du stock consommée entre deux approvisionnements
- # La valeur moyenne de la consommation est donc

$$\bar{N} = \frac{\text{Stock de roulement}}{2}$$

3 - Ratios de gestion

- # Ils permettent de connaître dans quel état se trouve le stock : trop élevé, normal ou trop faible
- # On utilise souvent :
 - le taux de couverture
 - le taux de rotation

A - Taux de rotation ou taux de renouvellement

Taux de renouvellement du stock = inverse du taux de couverture

$$T_r = \frac{\text{Consommation sur 12 mois}}{\text{Quantité en stock}}$$

Plus ce taux est élevé, plus les coûts de possession sont faibles, mais plus les coûts de passation de commande sont élevés

Durée de stockage $D_s = 12.T_r$ en mois

B - Taux de couverture

Rapport entre la quantité en stock et les consommations annuelles

$$T_c = \frac{\text{Quantité en stock}}{\text{Consommation sur 12 mois}}$$

Exemple: si $T_c = 0,8 = 0,8 \times 12 = 9,6$ mois
⇒ on peut tenir 9,6 mois sans rupture de stock
⇒ 2 commandes par an nécessaires

4 - Obsolescence

- # Les articles en stock se dégradent, disparaissent ou sont périmés au bout d'un certain temps
- # La quantité perdue de ces articles est une exponentielle fonction du temps

$$q = a^t$$

On prend généralement $a = 1,07$

5 - Surveillance d'un stock

- # Inventaire permanent : une manière de connaître les existants chiffrés en quantité et valeur
- # Fiche de suivie du stock
- # Méthodes normalisées de suivie

A) Coût moyen unitaire pondéré périodique (CMUPP)

$$\text{C.M.U.P.P.} = \frac{\text{Valeur du stock initial} + \text{valeur des entrées}}{\text{Quantité en stock initial} + \text{quantités entrées}}$$

- # Calcul fait par période
- # La période ne doit pas excéder la durée moyenne de stockage

Inconvénients :

- # les calculs ne sont pas faits qu'en fin de période
- # on ne peut faire un bilan qu'à ce moment là

B) Premier entré, premier sorti (PEPS)

- # Chaque lot entré est individualisé
- # Les sorties sont valorisées en épuisant les lots en stock du plus ancien au plus récent

Inconvénients :

- # Nécessité de connaître séparément les coûts de chaque entrée
- # Valorise les sorties à des prix anciens

C) Coût moyen unitaire pondéré après chaque entrée (CMUP ou PUMP)

$$\text{C.M.U.P.} = \frac{\text{Valeur du stock avant l'entrée} + \text{valeur de l'entrée}}{\text{Quantité en stock avant l'entrée} + \text{quantité entrée}}$$

- # On calcule un coût moyen unitaire pondéré après chaque entrée
- # les sorties sont évaluées au dernier coût moyen calculé

Inconvénients :

- # Nécessité de connaître séparément les coûts de chaque entrée
- # Calculs importants sauf si informatique

6 - Cadence d'approvisionnement

- # Nombre de commandes N à passer pendant la période de référence
- # Elle est déterminée pour réduire au maximum le coût total de stock
- # Nombreux modèles variant selon la nature des stocks, la situation dans laquelle ils se trouvent (certitude, incertitude...).

6 - Cadence d'approvisionnement

- # La cadence doit être adaptée à la réalité pour ne pas conduire :
 - ⇒ à des **impossibilités** (volume de livraison ou de stock inadapté aux aires de stockage...)
 - ⇒ à des **absurdités** (exemple : 500 commandes dans l'année)

Stratégie de commande : quand et combien ?

	Quantité	
	Fixe	Variable
Date		
Fixe	1	2
Variable	3	4

Méthode n°1 : plan d'approvisionnement

- # applicable aux articles de faible valeur et de consommation régulière
- # en maintenance = petite quincaillerie
- # en règle générale, on passe commande selon un échéancier régulier (par exemple le premier du mois)
- # quantité commandée estimée à partir des commandes précédentes (moyenne statistique) et affinée progressivement, ou alors calculée par « quantité économique »

Méthode n°1 : plan d'approvisionnement

Avantage :

permet de regrouper les commandes destinées à un même fournisseur, ce qui a pour effet de limiter le C_{LC} , d'offrir des opportunités de remise et de simplifier l'organisation

Inconvénient :

date de commande non liée à l'état du stock
⇒ nécessité de s'assurer que l'on n'entame pas le stock de sécurité

Méthode n°2 : gestion calendaire

- # méthode est bien adaptée à des articles de faible coût et dont la demande est stable
- # méthode proposée par Wilson
- # constat de Wilson : si on commande fréquemment, le stock moyen est plus faible et le coût de possession du stock est moins élevé
- # inversement le coût de passation de commande sera plus élevé
- # objectif : trouver la quantité de pièces à commander afin de minimiser le coût total de stock

Quantité économique de commande

Objectif :

- # rechercher une quantité optimum à commander (ou un nombre de commandes optimum) de sorte que le coût de stockage soit le plus faible possible
- # c'est la « quantité économique »

Méthodes :

- # on trace sur un graphe les différents coûts
- # la somme point à point donne le coût global de stock

Quantité économique de commande : notation

C : consommation annuelle du produit
commandé

u : prix unitaire du produit

t : taux de possession du stock

p : coût de passation d'une commande

Q : quantité à commander

Quantité économique de commande : expression des coûts

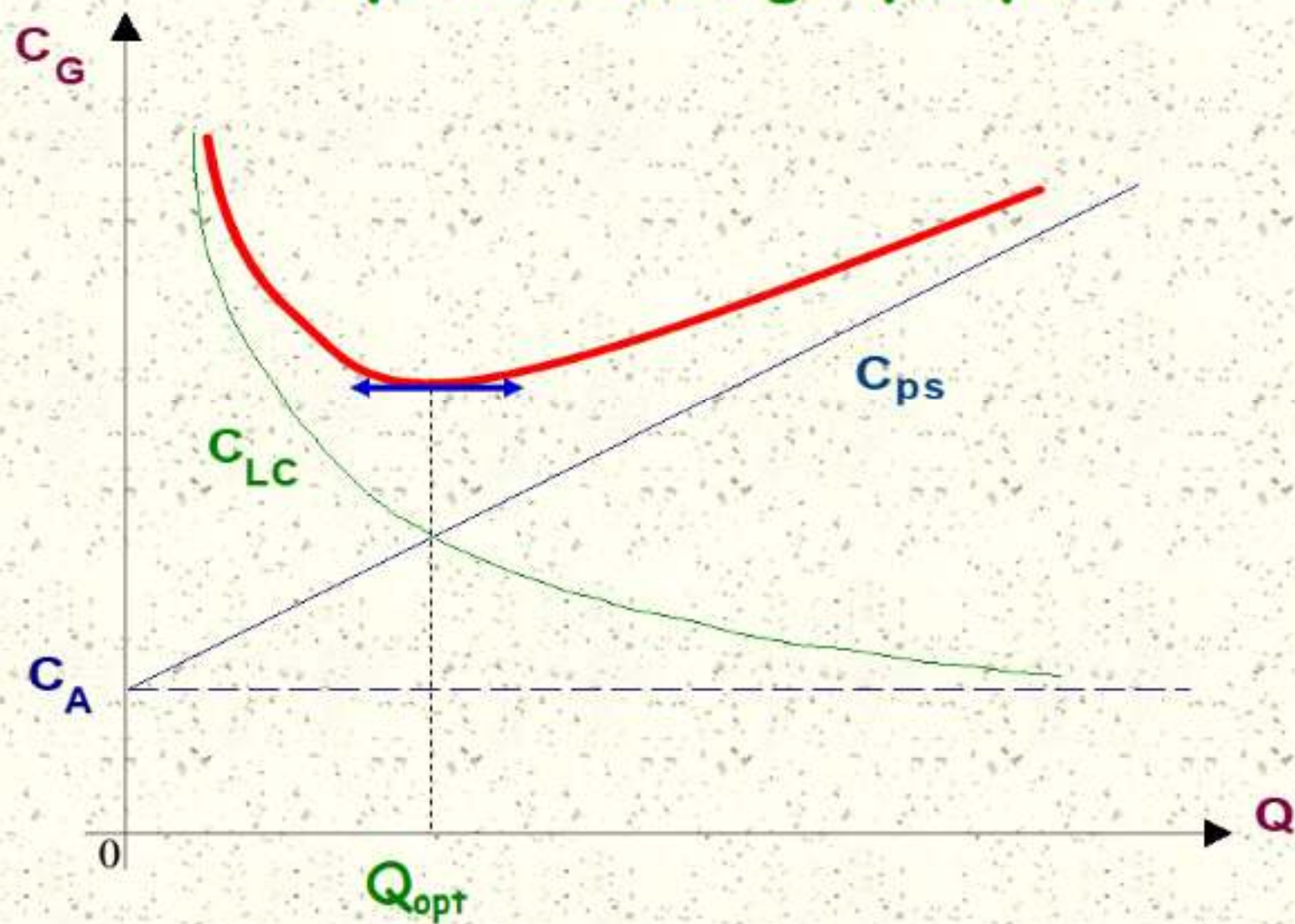
coût total des achats $C_A = C.u$

coût total de possession $C_{ps} = \frac{Q}{2}.t.u$

$Q/2$ = stock moyen entre deux commandes

coût total de lancement
de commande $C_{LC} = p.\frac{C}{Q}$

Optimisation graphique



Quantité économique de commande : modélisation

- # Le coût total passe par un minimum lorsque sa dérivée s'annule

$$\frac{dC_G}{dQ} = \frac{t.u}{2} - \frac{p.C}{Q^2} = 0$$

- # Soit
$$\frac{Q.t.u}{2} = \frac{p.C}{Q}$$

ou encore $C_{PS} = C_{LC}$

Quantité économique de commande : modélisation

On obtient l'optimum lorsque le coût de possession C_{ps} est égal au coût de lancement de commande C_{LC}

La valeur de Q qui annule la dérivée est appelée « quantité économique de commande »

$$Q_{\text{éco}} = \sqrt{\frac{2C.p}{u.t}}$$

Formule de Wilson

Durée optimale entre deux commandes

Nombre optimal annuel de commandes

$$N_{\text{opt}} = \frac{C}{Q_{\text{éco}}} = \sqrt{\frac{C \cdot u \cdot t}{2p}}$$

Durée optimale entre deux commandes

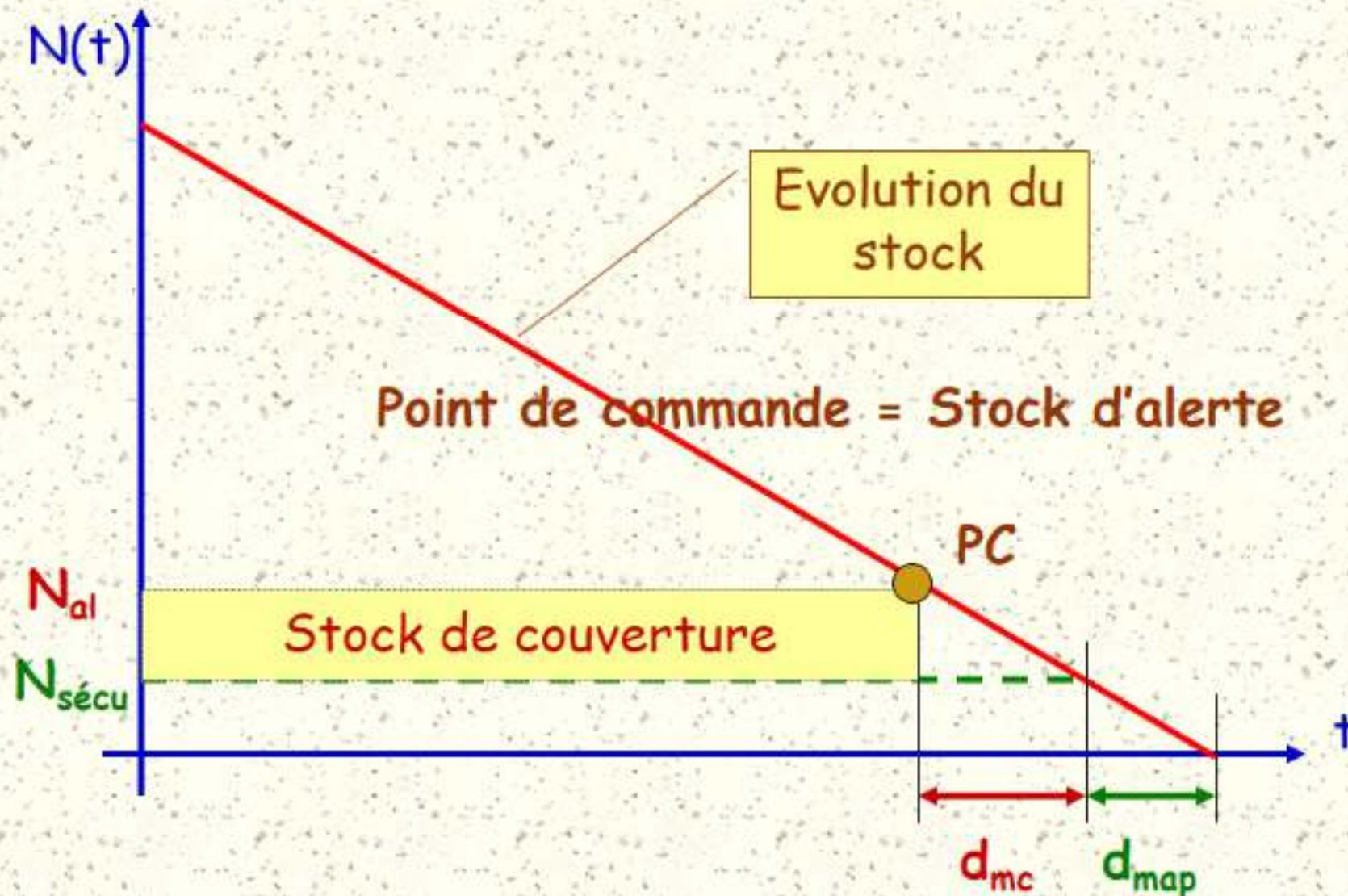
$$T_{\text{opt}} = \frac{365}{N_{\text{opt}}}$$

en jours

Méthode 3 : gestion par point de commande

- # s'applique aux articles à demande fluctuante
- # pour cela, on surveille régulièrement le stock et on attend qu'il passe sous un certain niveau pour passer une commande
- # c'est la notion d'approvisionnement sur « point de commande »

Paramètres de gestion du stock



Evaluation du stock de sécurité

- # Si l'on connaissait la consommation d'un stock pour une période à venir, on n'aurait pas besoin de stock de sécurité
- # Il en est de même si l'on est capable d'approvisionner dans un délai moindre que le préavis de consommation
- # Le stock de sécurité s'ajoute donc à la prévision de consommation pour ne pas être en rupture de stock

Evaluation du stock de sécurité

- # La prévision de consommation est une variable aléatoire qui suit une loi normale
- # On montre qu'on peut déterminer une consommation prévisionnelle maximale en fonction d'un niveau de service
- # La différence entre la moyenne et cette consommation prévisionnelle maximale représente la quantité max à ce taux de service qui pourra être consommée pendant la période de référence au delà de la valeur moyenne prévue

Evaluation du stock de sécurité

- # le stock de couverture (N_{couv}) représente le «supplément» de stock qui permet de faire face à une accélération de la demande sans prélèvement sur le stock de sécurité
- # on a donc : $N_{\text{couv}} = N_{\text{al}} - N_{\text{sécu}}$
- # ou encore $PC = N_{\text{sécu}} + N_{\text{couv}}$

Evaluation du stock de sécurité

On montre que :

$$N_{\text{sécu}} = K \cdot \sigma \cdot \sqrt{d}$$

- # K est une variable fonction du risque de rupture que l'on est prêt à accepter
- # σ est l'écart-type de la loi normale modélisant la consommation
- # d est le délai de livraison

Evaluation du stock de couverture

On a :

$$N_{\text{couv}} = m.d$$

- # m est la moyenne de la loi normale modélisant la consommation
- # d est le délai de livraison

Evaluation du point de commande

On a :

$$PC = N_{\text{al}} = N_{\text{couv}} + N_{\text{sécu}} = m.d + K.\sigma.\sqrt{d}$$

Niveau de service

- # Estimer qu'un équipement doit avoir un niveau de service maximum (100%) signifie encore que sa disponibilité doit être optimale :
le stock de sécurité doit être suffisamment élevé pour pallier tout risque de défaillance
- # Inversement si le niveau de service est faible, il n'y a pas intérêt à constituer un stock de sécurité qui coûte cher.

Niveau de service

$$N_s = 1 - \frac{t.u}{N.C_r}$$

- # N = le nombre de commande annuelle
- # C_r = coût de rupture de stock ou coût d'indisponibilité du matériel
- # u = coût unitaire de la pièce
- # t = taux de possession

C'est à ce niveau de service que correspond la valeur K

Niveau de service (en %)	K
100	3,95
99,8	2,88
99	2,33
95	1,65
90	1,29
50	0

D - Méthode 4 : modèle poissonien

- # Ce modèle s'adapte bien à la gestion des pièces ou matières coûteuses (prix variables)
- # Elle couvre le cas des pièces ou modules de rechange dont la probabilité de défaillance est faible pendant la durée de vie des équipements
- # On montre que cette probabilité de défaillance suit une loi de Poisson

D - Méthode 4 : modèle poissonien

- # Les commandes sont alors passées au mieux en fonction des conditions du marché
- # Chaque article est donc suivi individuellement
- # Cela coûte plus cher et n'est donc pas toujours compatible avec la volonté de réduire les coûts de stock

3 - Application à la gestion du stock maintenance

Stock de pièces détachées nécessaire car :

- # le risque zéro n'existe pas
- # les défaillances ne sont pas planifiables
- # en cas de casse, il est nécessaire de réduire les temps d'indisponibilité
- # les délais de livraison des pièces détachées sont loin d'être constants

Caractéristiques du stock maintenance

- # diversité des références (de 10000 à 50000)
- # difficulté d'établir des prévisions de consommation
- # stock sécurité lié très fortement à l'indisponibilité de l'équipement en cause
- # les 4 stratégies de commande s'appliquent
- # compétences nécessaires du magasinier

Modes de gestion du stock maintenance

1. Standardisation des équipements
2. Gestion des pièces
« mouvementées »
3. Gestion des pièces de sécurité
4. Politique de cannibalisation

1 - Gestion des pièces mouvementées

Pièces de rechange utilisées couramment :

- # pièces de fonctionnement

- # pièces d'usure

- # Les pièces d'usure font l'objet d'une maintenance préventive

- # La défaillance d'une pièce de fonctionnement est souvent catalectique

Les méthodes 2 et 3 sont particulièrement bien adaptées à la gestion des pièces mouvementées

2 - Gestion du stock de pièces de sécurité

Ce sont des pièces de fonctionnement :

- # dont le risque de défaillance pendant la durée de vie de l'équipement est faible mais non négligeable
- # dont la défaillance entraîne un coût d'indisponibilité très supérieur au coût de la pièce elle-même

3 - Gestion du stock de pièces de sécurité

- # La probabilité de non rupture de stock de ces pièces suit une loi de Poisson
- # En effet, la probabilité de demande de ces pièces de rechange est faible
- # La loi Normale est plus représentative des demandes fortes et s'applique bien aux pièces mouvementées