GESTION DES STOCKS *ISIMA*

Exercices

Jean-Philippe Gayon 2024–2025

1 Modèle de Wilson : questions de cours

Toutes les réponses sont dans les notes de cours sur l'ENT.

On considère le modèle de Wilson classique : un produit, demande continue de taux λ, délai L, coût unitaire de possession h, coût fixe d'approvisionnement k, coût variable d'approvisionnement c, pas de rupture de stock autorisée.

Question 1. Pour $\lambda = 1$/jour, $L = 2$ jours, $r = 3$, $q = 4$ et un stock initial de 4, représenter l'évolution des stocks physiques et bruts pour une politique (r, q) non ZIO. Que vaut le stock de sécurité ?

Question 2. Pour une politique (r, q) ZIO, exprimer r en fonction de L et λ. Donner une relation entre la période de commande u et la quantité commandée q.

Question 3. Exprimer le coût total par unité de temps $C(q)$ d'une politique (r, q) ZIO.

Question 4. Après démonstration, exprimer la quantité optimale, la période optimale et le coût optimal.

Question 5. Montrer qu'à l'optimal, les coûts fixes sont égaux aux coûts de possession.

Question 6. Montrer que si $c = 0$, alors $\dfrac{C(aq^*)}{C(q^*)} = \dfrac{a + 1/a}{2}$.

Question 7. Montrer que si $c > 0$, alors $\dfrac{C(aq^*)}{C(q^*)} < \dfrac{a + 1/a}{2}$.

Question 8. Le coût de possession h est estimé à 1 alors que sa vraie valeur est de 10. Quel est le surcoût lié à cette erreur d'estimation ? On supposera dans un premier temps que $c = 0$ puis vous discuterez brièvement le cas $c > 0$.

Question 9. Définir les termes suivants :

— Politique d'approvisionnement
— Politique ZIO
— Stock brut
— Gestion calendaire
— Politique à point de commande
— Politique (r, q), (r, S), (T, q), (T, S)
— Rotation d'un stock

2 Choix du fournisseur

Adapatation examen 2016

Un entreprise consomme un composant à raison de 160 unités par semaine. Le composant étant assez fragile à entreposer, son coût de possession est estimé à $2,5$€ par semaine. L'entreprise se fournit auprès d'un producteur chinois qui facture le composant $14,5$€ pièce. Le transport d'une commande se fait par container et revient à 1195€ via un transporteur international.

Cependant un second fournisseur basé en Angleterre propose de mettre à disposition un stock de consignation dans l'usine. Cette solution à l'avantage de supprimer le coût de stockage des composants, entièrement supporté par le fournisseur. Le prix unitaire proposé par le second fournisseur est de 21€.

Question 1. Quel fournisseur choisir ? Vous justifierez votre choix.

Question 2. Cependant les approvisionnements depuis la Chine ne peuvent se faire qu'une fois par semaine, les lundis. Quel fournisseur choisir ? Vous justifierez votre choix.

3 Horizon fini

Adaptation examen 2012

Nous allons reprendre dans cet exercice le modèle classique de Wilson à une nuance près. On cherche désormais à minimiser le coût total sur un horizon de temps fini $[0, T]$, et non sur un horizon infini. On supposera que la première commande arrive à l'instant $t = 0$.

Question 1. Représenter graphiquement l'évolution du stock physique et du stock brut pour une politique **non ZIO**, sur l'horizon $[0, T]$. Vous prendrez un délai de livraison strictement positif.

Dans la suite de l'exercice, vous supposerez que le délai de livraison est nul.

Question 2. Démontrer que la politique optimale est nécessairement ZIO. Démontrer par ailleurs que la politique optimale a nécessairement un stock nul à l'instant final $t = T$.

Dans la suite de l'exercice, vous ne considérerez que des politiques ZIO ayant un stock nul à l'instant $t = T$.

Soit la politique $\pi(n)$ qui commande exactement n fois sur l'horizon $[0, T]$ (à chaque fois la même quantité). Soit $C(n)$ le coût total de la politique $\pi(n)$ sur l'horizon $[0, T]$ (à ne pas confondre avec le coût par unité de temps).

Question 3. Exprimer $C(n)$ en fonction de h, k, λ, c, T, n. Montrer que $C(n)$ est une fonction convexe de n.

Question 4. Quel est le nombre optimal n^* de commandes à passer sur l'horizon $[0, T]$?

Question 5. Pourquoi le nombre optimal de commandes n^* ne dépend-il pas du coût variable d'approvisionnement c ?

Question 6. Calculer le nombre optimal de commandes pour les valeurs suivantes : $T = 365$ jours, $\lambda = 35$ demandes par semaine, $h = 2$ euros par jour et par unité en stock, $k = 100$ euros et $c = 0$. Vous supposerez qu'une semaine est égale à 7 jours.

Question 7. Nous avons considéré jusqu'à présent que la politique $\pi(n)$ placait n ordres de même taille. Considérons maintenant une politique placant n ordres de taille $q_1, \cdots, q_n$, non nécessairement égaux. Montrer que, parmi ces politiques, la meilleur place des ordres de même taille. Pour cela, commencer par exprimer le coût total d'une telle politique sur l'horizon $[0, T]$.

Question 8. On ajoute deux contraintes à notre problème : le stock physique ne doit pas dépasser SP_{max} et les produits ne doivent pas rester en stock plus de L_{max} pour des raisons de périssabilité. Quelle est alors le nombre optimal n^* de commandes ? Vous pourrez distinguer plusieurs cas de figures.

4 Capacité de production limitée

On considère une variante du modèle de Wilson classique. Désormais, l'approvisionnement n'est plus instantané. Il s'effectue suivant un processus de production continu. Les principales hypothèses sont les suivantes :

— La demande est continue de taux λ et doit être satisfaite immédiatement.

— La production de pièces peut être démarrée ou arrêtée à tout instant. Les pièces sont produites continûment suivant un taux μ , i.e. μ pièces sont produites par unité de temps. Les pièces produites sont immédiatement disponibles pour satisfaire la demande.

— Chaque lancement de production entraîne un coût fixe k.

— Le coût unitaire de production est c.

— La possession d'une unité de stock pendant une unité de temps coûte h.

Une *politique de production* spécifie quand démarrer la machine et quand l'éteindre. L'objectif est de déterminer la politique qui minimise le coût moyen sur un horizon infini. Soit la politique de production de paramètre q suivante :

— Débuter la production à chaque fois que le stock disponible devient nul.

— Arrêter la production à chaque fois que q unités ont été produites.

On notera cette politique $\pi(q)$ et on se restreindra dans un premier temps à des politiques de ce type. On supposera que le stock à l'instant initial est nul.

Ce modèle peut représentée une ligne de production composée de deux machines en série séparées par un stock.

Question 1. Soit $\rho \equiv \lambda/\mu$, le taux d'utilisation. Le symbole "$\equiv$" signifie ici que ρ est défini comme étant égal à λ/μ. Quelle condition doit satisfaire ρ afin que toute la demande puisse être satisfaite ?

Question 2. Dessiner le graphique de l'évolution du stock disponible dans le temps. Montrer que le stock maximal atteint vaut $S_{max} = q(1 - \rho)$.

Question 3. Soit $C(q)$ le coût moyen d'une politique $\pi(q)$. Exprimer $C(q)$ en fonction des paramètres du modèle et de q.

Question 4. Soit q^* la taille de lot qui minimise le coût moyen, u^* la durée optimale entre deux lancements de production et C^* le coût moyen optimal. Exprimer q^*, u^* et C^* en fonction des paramètres du modèle.

Question 5. Représenter graphiquement $q^*(\mu)$ et $C^*(\mu)$ en fonction de μ, en précisant les comportements limites ($\mu \to \lambda$ et $\mu \to \infty$).

Question 6. On considère les données suivantes : $\lambda = 2$ unités par heure, $\mu = 3$ unités par heure, $k = 20$ euros, $c = 0$, $h = 1$ euro par heure et par unité. Calculer C^*.

Question 7. Le manager s'aperçoit qu'il se trompe depuis un an sur l'évaluation du coût fixe qui vaut en réalité 10 euros. Quel est le coût lié à cette erreur d'estimation ?

On rajoute maintenant un temps de set-up τ. Lorsque la production est arrêtée, elle ne peut être reprise qu'après un délai minimum de τ. Ce temps de set-up peut par exemple être lié au nettoyage d'une machine ou à un pré-chauffage.

Question 8. Intuitivement, quelle va être l'influence de τ sur les coûts ?

Question 9. Notons $\hat{q}^*$ la quantité optimale de commande dans le cas avec un temps de set-up. Déterminer $\hat{q}^*$ en fonction des paramètres du modèle. Il faudra distinguer deux cas de figure.

5 Produits périssables

On reprend le modèle de Wilson standard en ajoutant l'hypothèse suivante. Les produits ne peuvent plus servir à satisfaire la demande après un délai de péremption U passée en stock. En outre, on supposera que tous les produits doivent être consommés avant leur délai de péremption.

Question 1. Déterminer la politique d'approvisionnement optimale. Il vous faudra distinguer deux cas de figure.

Désormais, il n'y a plus de délai de péremption. En revanche, on suppose que le stock devient progressivement inutilisable avec un taux de déterioration δ. Pendant un intervalle de temps dt, nous avons $\delta S(t)dt$ unités de stock qui périment avec $S(t)$ le stock à l'instant t. On suppose que l'on commande q unités de produit à chaque fois que le stock devient nul. On notera u la période.

Question 2. Montrer que $S(t)$ satisfait une équation différentielle du premier ordre.

Question 3. Résoudre cette équation différentielle en supposant que $S(0) = q$. Vérifier que l'expression obtenue est bien cohérente avec celle obtenue en cours (quand $\delta = 0$).

Question 4. Exprimer q en fonction de u et des paramètres du modèle. Vérifier que l'expression obtenue est bien cohérente avec celle obtenue en cours (quand $\delta = 0$).

Question 5. Calculer le stock moyen $\overline{S}$ en fonction des paramètres du système et de la période u.

6 Gestion conjointe de références

Adaptation examen 2009

Une entreprise s'approvisionne auprès d'un même fournisseur pour tout un ensemble de composants. Bien évidemment chaque composant diffère par son coût, sa demande moyenne, son volume, son conditionnement, etc : un composant de type i a une demande continue et constante de taux λ_i, un coût de possession unitaire h_i et un coût fixe d'approvisionnement K_i. De plus un coût fixe de livraison K est également facturé par le fournisseur quelles que soient les pièces commandées. Ainsi une commande de pièces 1 et 2 aura un coût fixe de $K+K_1+K_2$. On supposera que les coûts variables sont nuls. Il s'agira pour l'entreprise de choisir une politique d'approvisionnement de ses composants minimisant ses coûts de commande et de stockage. On s'intéresse à l'instance suivante avec 3 types de pièces et un coût de livraison $K = 13$:

- **Composant** 1 **:** $\lambda_1 = 1$, $h_1 = 1$, $K_1 = 2$
- **Composant** 2 **:** $\lambda_2 = 1$, $h_2 = 2$, $K_2 = 9$
- **Composant** 3 **:** $\lambda_3 = 1/6$, $h_3 = 4$, $K_3 = 12$

On ne considère dans la suite que des politiques ayant les propriétés suivantes :

- ZIO
- A $t = 0$, on passe une commande pour tous les types de composants.

Une première approche consiste à gérer indépendamment les différents composants selon leur quantité économique.

Question 1. Déterminer sur l'exemple la période économique de commande T_i^{EOQ} et le coût moyen optimal (par unité de temps) C_i^{EOQ} pour chacun des composants sans tenir compte du coût fixe de livraison K.

Question 2. Quelle est le coût moyen (par unité de temps) de la politique $(T_1^{EOQ}, T_2^{EOQ}, T_3^{EOQ})$ obtenue en tenant compte maintenant des coûts de livraison K (attention à ne pas compter plusieurs fois K au même instant !) ?

A l'opposé on peut décider de toujours grouper les commandes des différents composants en prenant une période commune $T' = T_1 = T_2 = T_3$ pour les 3 composants.

Question 3. Quelle est le coût moyen (par unité de temps) $C(T')$ de cette politique ? Quelle est la valeur de T' qui minimise le coût moyen ? Quel est le coût moyen associé ?

Une 3ème approche consiste à se restreindre à des politiques stationnaires *strictement cycliques*. Une telle politique est décrite par un vecteur $T = (T_1, \dots, T_n)$ de périodes, tel que $T_i = a_i T_0$ avec a_i un entier ≥ 1 et $T_0 = \min_i T_i$. Dans une politique *strictement cyclique* on passe donc une commande toutes les T_0 unités de temps.

Question 4. Les 2 politiques précédentes $(T_1^{EOQ}, T_2^{EOQ}, T_3^{EOQ})$ et (T', T', T') sont-elles *strictement cycliques* ? Est-ce toujours le cas ?

Question 5. Exprimer le coût moyen $C(T)$ d'une politique T *strictement cyclique* en fonction des différents paramètres.

7 Vendeur de journaux : questions de cours

Toutes les réponses sont dans les notes de cours sur l'ENT.

Soit un problème de vendeur de journaux classique : une période, demande aléatoire X de fonction de répartition F_X, coût de rupture b, coût d'invendu h, minimisation de l'espérance des coûts.

Demande continue

Dans cette partie, on suppose que X est une variable aléatoire continue de densité f_X.

Question 1. Exprimer l'espérance du coût $C(q)$ lorsque le stock initial est q.

Question 2. Exprimer $C'(q)$ et $C''(q)$.

Question 3. Démontrer que l'optimal est atteint quand la dérivée s'annule.

Question 4. En déduire un théorème permettant de déterminer la quantité optimale q^*.

Question 5. Exprimer les taux de service en temps et en quantité.

Question 6. Comment varie le stock de sécurité (à l'optimal) avec h ? Avec b ?

Question 7. Que vaut le stock de sécurité (à l'optimal) si l'écart-type de la demande est nul ?

Demande discrète

Dans cette partie, on suppose que X est une variable aléatoire discrète et on note $p(x) = P(X = x)$.

Question 8. Exprimer l'espérance du coût $C(q)$ lorsque le stock initial est q.

Question 9. Exprimer $C(q+1) - C(q)$. En déduire que $C(q)$ est convexe.

Question 10. En déduire un théorème permettant de déterminer la quantité optimale q^*.

Question 11. Exprimer les taux de service en temps et en quantité.

Loi normale

Soit $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma)$ et $Z \sim \mathcal{N}(0, 1)$. Soit $C_X(q)$ le coût si la demande est X et la quantité commandée est q. Soit q_X^* la quantité optimale si la demande est x.

Question 12. Expliquer pourquoi la loi normale est importante.

Question 13. Montrer que $q_X^* = \mu + \sigma q_Z^*$

Question 14. Démontrer que $C_X(q) = \sigma C_Z(z)$ si $q = \mu + \sigma z$.

Question 15. Démontrer que $C_X^* = \sigma C_Z^*$.

Question 16. Exprimer le stock de sécurité. Comment varie-t-il avec l'écart-type ? Pour quelles valeurs des paramètres a-t-on un stock de sécurité nul ?

8 Demande uniformément distribuée

On se place dans le cadre du modèle du vendeur de journaux et on suppose que la demande X est une variable aléatoire continue uniformément distribuée sur $[a, b]$ avec $b > a$. On note c_i et c_r les coûts d'invendu et de rupture.

Question 1. Soit $C(q)$ l'espérance des coûts lorsque la quantité commandée est q. Exprimer $C(q)$ en fonction des paramètres du modèle.

Question 2. Soit q^* la quantité qui minimise $C(q)$. En dérivant $C(q)$, déterminer q^* sans utiliser de théorème du cours.

Question 3. Retrouver l'expression de q^* en utilisant un théorème du cours.

Question 4. Quand la quantité commandée optimale est-elle égale à l'espérance de la demande ? supérieure à l'espérance de la demande ? Inférieure ?

Question 5. Notons $\alpha(q)$ le taux de service en temps. Exprimer $\alpha(q)$ et $\alpha^* \equiv \alpha(q^*)$ en fonction des paramètres du modèle.

Question 6. Notons $\beta(q)$ le taux de service en quantité, quand q est commandé. Exprimer $\beta(q)$ en fonction des paramètres du modèle.

Question 7. Application numérique :
- Instance 1 : $a = 40$, $b = 60$, $c_i = 1$, $c_r = 10$
- Instance 2 : $a = 10$, $b = 90$, $c_i = 1$, $c_r = 10$
- Instance 3 : $a = 40$, $b = 60$, $c_i = 10$, $c_r = 1$
- Instance 4 : $a = 10$, $b = 90$, $c_i = 10$, $c_r = 1$

Pour chaque instance, calculer $E(X)$, $\sigma(X)$, $E(Y)$ avec $q = q^*$, q^*, ν^* (stock de sécurité à l'optimal), $\alpha*$, β^*. Commenter.

9 Soldes

Cindy est propriétaire d'une petite boutique qui vend des costumes. En début de saison, elle commande auprès de son fournisseur, une quantité q au prix unitaire w. Au cours de la saison, elle vend ses costumes au prix de vente r ($r > w$). Si à la fin de la saison, Cindy possède encore des articles non vendus, elle les solde au prix s ($s < w$). Tous les articles non vendus pendant la saison trouvent acquéreur lors des soldes.

On suppose que la demande X pendant la saison est une variable aléatoire discrète dont on connaît la distribution $p(x) = P(X = x)$ pour tout x entier.

Question 1. Soit $G(q, X)$ le profit réalisé par Cindy au cours de la saison si elle commande q unités et que la demande est X. Exprimer $G(q, X)$ en fonction de q, X et des paramètres du problème.

Question 2. Vérifier que

$$G(q, X) = (r - w)X - (r - w)(X - q)^+ - (w - s)(q - X)^+$$

Question 3. Soit q^* la quantité qui maximise l'espérance du profit. Déduire de la question précédente que l'on peut obtenir q^* résolvant un problème de vendeur de journaux dont on précisera les paramètres.

Question 4. On connaît les demandes des années précédentes :

Année	2010	2009	2008	2007	2006
nombre de costumes demandés	3	5	2	6	4

On suppose que X suit une loi de Poisson de paramètre λ. La loi de Poisson est souvent appelée loi des événements rares. On rappelle que :

$$P(X = k) = \frac{\lambda^k \exp(-\lambda)}{k!} \quad \text{pour } k \geq 0$$

$$E(X) = Var(X) = \lambda$$

Donner une estimation de λ. En vous basant sur cette estimation, en déduire la quantité optimale à commander si $r = 60$ euros, $w = 50$ euros et $s = 30$ euros.

Question 5. Le paramètre λ peut avoir été mal estimé, par exemple en raison de variations de la demande d'une année à l'autre. Calculer q^* pour différentes valeurs de λ et commenter.

Question 6. On suppose désormais que $\lambda = 4$. L'espérance du profit est donnée dans le tableau ci-dessous pour différentes quantités commandées :

q	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G(q)$, en euros	0	9.5	16.7	19.6	16.6	7.7	-5.9	-22.5	-41.0	-60.4

Vérifier les résultats du tableau, en utilisant un tableur excel par exemple.

Question 7. On suppose maintenant que $\lambda = 40$. Calculer la quantité optimale à commander. Vous pourrez utiliser la table de la loi normale centrée réduite ci-jointe.

10 Vendeur de journaux avec coûts fixes

On reprend un modèle de vendeur de journaux classique. On ajoute une hypothèse supplémentaire. Si une commande non nulle est passée ($q > 0$), un coût fixe k est encouru.

Question 1. Déterminer quelle est la quantité économique de commande. On supposera qu'on est capable, dans le cas sans coût fixe de commande ($k = 0$), de calculer le coût optimal C_0^* ainsi que la quantité économique de commande correspondante q_0^*.

Question 2. Application numérique : X suit une loi uniforme continue sur $[0, 10]$, $h = 5$, $b = 1$, $k = 1$. Quelle est la quantité optimale ainsi que le coût optimal ?

11 Vendeur de journaux : demande discrète

Adaptation examen 2016

On considère un problème de vendeur de journaux avec un coût d'invendu unitaire $h = 1$ et un coût de rupture unitaire $b = 10$. La demande X a la distribution suivante :

i	0	1	2	3	4
$P(X = i)$	1/2	1/4	1/8	1/16	1/16

Question 1. Déterminer (numériquement) la quantité optimale ainsi que le coût optimal.

Question 2. Lorsqu'on commande la quantité optimale, déterminer (numériquement) le taux de service en temps, le taux de service en quantité ainsi que le stock de sécurité.

Question 3. On suppose désormais qu'il y a un coût fixe de commande $k = 8$. Déterminer (numériquement) la quantité optimale ainsi que le coût optimal.

12 Vendeur de skis

Adaptation contrôle continu 2013

Un vendeur de skis doit décider combien de paires de skis commander en début de saison. Le prix de vente pendant la saison est de 500 euros. Le vendeur achète 300 euros la paire de skis. La demande pendant la saison est une variable aléatoire suivant une loi uniforme discrète comprise entre 1 et 10, c'est-à-dire $P(X = i) = 1/10, \forall i \in \{1, \cdots, 10\}$. Une fois la saison terminée, le produit est soldé à moitié prix et on suppose que tous les produits soldés sont vendus.

Question 1. Quelle est la quantité optimale ?

Question 2. Même question si le vendeur achète la paire de skis 200 euros.

13 Simulation et optimisation de politiques de gestion des stocks

13.1 Problématique

Une pièce dont vous avez la gestion a une demande journalière aléatoire. Vous disposez d'un historique des ventes pour cette pièce sur l'année qui précède (cf fichier sur l'ENT). Une demande est l'agrégation des demandes de plusieurs clients. Ainsi, une demande de trois signifie que trois clients ont passé une commande de 1. A chaque commande passée, vous avez un coût fixe s'élevant à 100 €. On supposera que le coût variable de commande est nul. La possession d'une pièce pendant un jour est de 1 € . Le délai d'approvisionnement de 5 jours est supposé fiable dans un premier temps. Une commande passée en début du jour j est disponible en début du jour $j+5$. Les demandes non satisfaites sont mises en attente. Il n'y a pas de coût de rupture de stock mais on cherchera à satisfaire une certaine qualité de service. On supposera enfin que les demandes sont servis suivant leur ordre d'arrivée (first come, first served).

Votre mission de stage est de développer un outil d'aide à la décision afin de choisir une politique de gestion des stocks appropriée. Les objectifs de l'entreprise sont, entre autres :

— d'avoir un bon taux de service (en quantité). Le taux de service est défini comme le pourcentage des demandes satisfaites immédiatement.

— de minimiser les coûts

13.2 Questions préliminaires

Question 1. Rappeler la définition des politiques classiques (r, q), (r, S), (T, q) et (T, S).

Quelques notations utiles pour décrire la dynamique des stocks :
- X_t = stock net au début du jour t (avant réception de la livraison du jour, ayant lieu en début de matinée)
- Y_t = stock brut au début du jour t (avant que la commande du jour soit passée)
- Q_t = quantité commandée au début du jour t
- D_t = demande le jour t
- L = délai de livraison

Question 2. Donner une équation qui relie les stocks nets X_t et X_{t+1}.

Question 3. Exprimer le stock brut Y_t en fonction du stock net X_t et des quantités commandées.

Question 4. Donner une équation qui relie les stocks bruts Y_t et Y_{t+1}.

Question 5. En période t, combien de demandes sont satisfaites (en incluant celles déjà en attente) ?

Question 6. En période t, combien de demandes sont satisfaites immédiatement ? On supposera que la politique est premier arrivé, premier servi (first come first served).

13.3 Simulation et optimisation sur la base de l'historique des demandes

Simulation de la politique (r, q)

Question 7. Avec Excel, réaliser un simulateur de politique (r, q) sur une année (365 jours ouvrés) avec un stock initial de 50 pièces et aucune commande en transit. Vous utiliserez l'historique des demandes disponible sur Dokeos.

Vous pourrez par exemple remplir les colonnes suivantes :

Jour	Demande	Stock net	Stock brut	Quantité commandée	...
1	?	50	50	?	...
2	?	?	?	?	...
...	...	...	...	...	...
365	?	?	?	?	...

Question 8. Représenter l'évolution du stock net et du stock brut en fonction du temps.

Question 9. Compléter le simulateur afin qu'il calcule les paramètres de performance suivants :
- Coût moyen par jour (fixe, possession, total)
- Taux de service en quantité : Proportion des pièces fournies à temps par rapport au nombre de pièces demandées
- Taux de service en temps : % de jours sans rupture de stock (toute la demande du jour est satisfaite immédiatement)
- Stock physique moyen
- Temps moyen passé par une pièce en stock
- Nombre moyen de clients en attente
- Délai moyen pour servir un client (inclure les clients qui n'attendent pas)
- Délai moyen pour servir un client, parmi ceux qui attendent au moins une période pour être servis
- Rotation annuelle des stocks

Nous allons chercher à déterminer les paramètres optimaux (r^*, q^*) qui minimisent les coûts tout en assurant que $(1 - \alpha)\%$ des pièces sont satisfaites immédiatement.

Question 10. Une heuristique classique consiste à utiliser la formule de Wilson (avec λ = demande moyenne) pour approcher q^*. Calculer la quantité q_{EOQ} ainsi obtenu.

Question 11. En prenant comme quantité de commande q^{EOQ}, déterminer les points de commande r^{EOQ} qui assure des taux de service de 80 %, 90 % et 100 % et qui minimise le coût. Au passage, calculer le coût journalier $C(r^{EOQ}, q^{EOQ})$ pour les trois taux de service.

Question 12. Déterminer les paramètres optimaux (r^*, q^*) ainsi que le coût journalier associé, pour les 3 taux de service. Pour ce faire, vous utiliserez 2 méthodes
- Par tâtonnements
- En utilisant une macro Visual Basic (guide d'utilisation sur Chamilo)

Question 13. L'approximation de q^* par la formule de Wilson vous semble-t-elle bonne ? Proposez une explication à partir du graphique d'évolution des stocks.

13.4 Politique (T, S)

Afin de regrouper les commandes avec d'autres produits, il est envisagé de passer à une gestion calendaire.

Question 14. Réaliser un simulateur de politique (T, S) et trouver les paramètres optimaux (T^*, S^*)