

Chapitre 10, exercice 6**Instructions pour employer la série CHAMPC du répertoire CH10EX06**

Le répertoire CH10EX06 comporte un exercice de base destiné à tous les apprenants et un exercice avancé réservé aux seuls apprenants de la version avancée du cours.

Exercice de base (Pour tous les utilisateurs du cours)**Préalable****Objectif**

Le but est de modéliser la série au moyen d'un modèle ARIMA et d'en déduire des prévisions. La méthode de Box et Jenkins est employée à cette fin.

Données

Il s'agit des ventes mensuelles de champagne en France entre janvier 1962 et septembre 1970, en millions de bouteilles (Wheelwright et Makridakis, 1977), déjà employée dans le chapitre 4, exercices 2 et 3, dans le chapitre 5, exercices 6 à 10, dans le chapitre 6, exercice 5, dans le chapitre 8, exercice 3, et dans le chapitre 9, exercice 2. La série sera encore utilisée dans plusieurs autres chapitres du cours.

Structure de l'exercice

L'exercice comporte cinq parties :

- Dans la partie 1, le but de l'exercice est de synthétiser les résultats obtenus par d'autres méthodes, de justifier un premier modèle dans le contexte de la méthode de Box et Jenkins, et de proposer une meilleure spécification, basée sur l'examen des autocorrélations du modèle précédent.
- Dans la partie 2, le but de l'exercice est d'estimer le paramètre du modèle proposé dans la partie 1, d'examiner sa validité et de proposer une amélioration du modèle.
- Dans la partie 3, le but de l'exercice est d'estimer les paramètres du modèle proposé dans la partie 2 et de valider son adéquation.
- Dans la partie 4, le but de l'exercice est de fournir les valeurs ajustées et les intervalles de prévision correspondants ainsi que les prévisions et les intervalles de prévision correspondants et de comparer les résultats avec ceux obtenus dans les autres exercices où la série a été employée.
- Dans la partie 5, le but de l'exercice est de revenir sur les méthodes de type lissage exponentiel qui ont été employées dans le chapitre 6 pour prévoir la série, et de placer ces méthodes dans le cadre des modèles ARIMA, ce qui permet notamment de justifier les intervalles de prévision obtenus.

Partie 1 Dans la partie 1, le but de l'exercice est de synthétiser les résultats obtenus par d'autres méthodes, de justifier un premier modèle dans le contexte de la méthode de Box et Jenkins, et de proposer une meilleure spécification, basée sur l'examen des autocorrélations du modèle précédent.

Nous avons déjà traité la série des ventes de champagne par plusieurs méthodes de prévision, en particulier dans les exercices 2 et 3 du chapitre 4, dans l'exercice 9 du chapitre 5 et dans l'exercice 5 du chapitre 6. Nous avons chaque fois demandé de sauvegarder la série des résidus, c'est-à-dire des erreurs de prévision d'horizon 1. Nous avons examiné ces séries résiduelles au moyen du logiciel Time Series Expert for Windows (TSE) dans l'exercice 3 du chapitre 8 et dans l'exercice 2 du chapitre 9. Le but ici est de modéliser la série afin d'obtenir des prévisions, toujours avec TSE.

Dans l'exercice 2 du chapitre 9, nous avons procédé à un examen de la série et avons conclu qu'il convient d'abord d'effectuer une transformation logarithmique, puis d'appliquer une différence saisonnière.

Nous reprenons brièvement la spécification.

1.1 INTRODUCTION

- ⇒ Pour lancer le logiciel, suivez les instructions données en annexe de l'introduction du cours.
- ⇒ Choisissez le répertoire de données approprié sur votre disque (pas sur le CD-ROM): menu File ⇒ Open. Choisissez DATA puis CHAP10 puis CH10EX06.

Remarque



Des instructions plus détaillées ont été données sous forme de remarques lors de la partie 1 de l'exercice 3. Prière de s'y référer.

- ⇒ Chargez le problème déjà préparé : CHAMPC. Vous devez alors voir dans le bas de l'écran que la variable dépendante est CHAMPC, que l'échantillon d'estimation est 1962.01 – 1969.12 et que les prévisions seront calculées jusqu'en 1970.09.
- ⇒ Pour visualiser graphiquement la série: menu Graphics ⇒ Series et sélectionnez CHAMPC. Cliquez OK pour obtenir le graphique.

1.2 ANALYSE PRÉLIMINAIRE

Il serait possible d'effectuer la transformation logarithmique et les différences saisonnières à l'intérieur du tableur, comme nous avons procédé au chapitre 8. Au chapitre 9, nous avons vu comment employer les possibilités des boîtes de dialogue Arima model. Nous avons préparé un problème à cet effet.

- ⇒ Chargez le problème déjà préparé CHAMPC0.
- ⇒ Pour appliquer la transformation logarithmique et la différence saisonnière : menu Methods ⇒ Arima model ⇒ Specification. Dans la fenêtre de dialogue Arima model – Specification, vous devez voir 0 en face de Differences et 1 en face de Seasonal differences. Sur la ligne Normalized transformation, vous devez voir Logarithmic. Sur la ligne Save residuals, vous devez voir "RCHAMPC0". Cliquez OK pour lancer le programme.
- ⇒ Sauvez éventuellement la sortie, par exemple sous le nom CHAMPC0. Descendez pour consulter la sortie.

1.3 EXAMEN DES AUTOCORRÉLATIONS

La zone la plus importante pour le moment est celle qui commence à « Residual analysis ». On y voit les autocorrélations et autocorrélations partielles significatives, classées éventuellement par probabilité de signification, d'abord moins de 0,01 % (soit moins de 0,0001), puis entre 0,01 et 0,2 % , puis entre 0,2 et 1 % , puis entre 1 et 5 % .



Remarque

Le test employé est la variante mentionnée dans la partie A de l'exercice 4 du chapitre 9, qui tient compte pour le retard k des autocorrélations de retards 1 à $k - 1$. Les intervalles d'acceptation des hypothèses, au lieu d'être constants, sont de largeur croissante, donc moins d'autocorrélations paraissent significatives. L'utilisateur est donc légèrement moins perturbé par la présence d'autocorrélations de retard élevé qui sont inexplicables.

- ⇒ Pour visualiser les autocorrélations de la série résiduelle : menu Graphics ⇒ Residual autocorrelations and partials.

**?**

Vérifiez quels sont les retards pour lesquels les autocorrélations sont significatives au seuil de 5%.

1.3.1 Votre réponse

1.4 SPÉCIFICATION DU PREMIER MODÈLE

La série résiduelle RCHAMPC0 a été obtenue en effectuant une transformation logarithmique puis en appliquant une différence saisonnière. Si nous considérons cette série comme une série de données ou même comme une série artificielle, nous pouvons y appliquer la méthodologie décrite dans le chapitre 9 et essayer de trouver un modèle ARMA susceptible de la représenter plus ou moins correctement.

Nous constatons que l'autocorrélation la plus significative est celle de retard 12. Les autocorrélations semblent tronquées au-delà du retard 12. Ceci doit nous faire penser à un processus moyenne mobile d'ordre 12. Cependant, l'autocorrélation partielle la plus significative est aussi celle de retard 12. Les autocorrélations partielles semblent tronquées au-delà du retard 12. Ceci doit nous faire penser à un processus autorégressif d'ordre 12. Que faut-il choisir, processus moyenne mobile d'ordre 12 ou processus autorégressif d'ordre 12. Il faut juger lequel des deux graphiques est en quelque sorte le plus tronqué.



Ceci peut se faire subjectivement en faisant alterner les deux graphiques, ce qui se fait en pressant la touche Enter.

**?**

Quel premier modèle proposez-vous ?

1.4.1 Votre réponse

Dans beaucoup de cas, il est difficile de décider. En général, cela signifie qu'on peut prendre l'un ou l'autre.

SYNTHESE

Nous sommes déjà très familiers avec cette série, et nous avons en fait déjà exploré l'analyse préliminaire aux chapitres 8 et 9, ce qui explique que cette partie soit très courte. Nous avons appliqué une transformation logarithmique et une différence saisonnière. La série obtenue possède des autocorrélations statistiquement significatives et parfaitement explicables puisqu'elles se produisent au retard 1 et au retard 12, principalement. On ne peut donc pas retenir un modèle de la forme $\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) = m + e_t$. Dans la partie 2 de l'exercice, nous allons incorporer l'information sur l'autocorrélation.

Partie 2 Dans la partie 1, nous avons examiné le modèle $\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) = m + e_t$ et la série résiduelle e_t , connue sous le nom RCHAMPC0. Nous avons examiné les autocorrélations ainsi que les autocorrélations partielles de cette série. Nous allons ici estimer le paramètre du modèle proposé dans la partie 1, examiner la validité de ce modèle et en proposer une amélioration.

2.1 SPÉCIFICATION DU PREMIER MODÈLE

- ⇒ Lancez le logiciel comme dans la partie 1.
- ⇒ Choisissez le répertoire de données approprié sur votre disque (pas sur le CD-ROM): menu File ⇒ Open. Choisissez DATA puis CHAP10 puis CH10EX06.
- ⇒ Chargez le problème déjà préparé : CHAMPC0.

Nous avons constaté que l'autocorrélation la plus significative est celle de retard 12 et que les autocorrélations semblent tronquées au-delà du retard 12. Ceci doit nous faire penser à un processus moyenne mobile d'ordre 12. Cependant, l'autocorrélation partielle la plus significative est aussi celle de retard 12 et les autocorrélations partielles semblent tronquées au-delà du retard 12. Ceci doit nous faire penser à un processus autorégressif d'ordre 12. Que faut-il choisir, processus moyenne mobile d'ordre 12 ou processus autorégressif d'ordre 12. Il faut juger lequel des deux graphiques est en quelque sorte le plus tronqué. Etant donné que les autocorrélations partielles semblent plus importantes après le retard 12, que ne le sont les autocorrélations partielles, on peut plaider en faveur d'un modèle moyenne mobile d'ordre 12.

2.2 ESTIMATION DU PREMIER MODÈLE

Nous allons estimer ce modèle en entrant le paramètre de type moyenne mobile saisonnier d'ordre 1, Θ_1 . La constante du modèle est aussi estimée, comme la moyenne des données. Notant $Y_t = \nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t)$, le modèle à estimer est donc

$$Y_t - m = e_t - \Theta_1 e_{t-12}.$$

Procédez comme suit.

- ⇒ Pour accéder à la boîte de dialogue pour l'estimation : menu Methods ⇒ Arima model ⇒ Estimation. Dans la fenêtre de dialogue Arima model – Estimation, vous devez voir 1 en face de

Seasonal differences.

- ⇒ Cliquez sur Add Parameters pour ouvrir la fenêtre de dialogue. Dans la colonne Type cliquez sur la ligne Seasonal moving average. Cliquez Add. La fenêtre montre le type de paramètre sélectionné, Seasonal moving average, l'ordre 1 et la valeur initiale du coefficient 0.0000.
- ⇒ Cliquez OK pour valider le choix des paramètres.
- ⇒ Sur la ligne Save residuals, vous devez voir "RCHAMPC0". Cliquez afin d'éditer la zone. Pressez la touche de correction et tapez 1 pour que le nom devienne RCHAMPC1.
- ⇒ Cliquez OK pour lancer le programme. Nous allons consulter le fichier de sortie.

Vous pouvez sauvegarder le fichier, par exemple sous le nom CHAMPC1.

- ⇒ Dans la fenêtre de sortie, clic droit et choisissez Save as. Tapez CHAMPC1. Cliquez Save.



Ecrivez l'équation du modèle estimé accompagné de l'écart-type résiduel. Interprétez les résultats de l'estimation.



2.2.1 Votre réponse

2.3 VALIDATION DU PREMIER MODÈLE



L'analyse des résidus est-elle favorable au modèle ?

2.3.1 Votre réponse



⇒ Pour visualiser les autocorrélations de la série résiduelle : menu Graphics ⇒ Residual autocorrelations and partials.



Notez les autocorrélations significatives à 5 %.

2.3.2 Votre réponse



⇒ Pour visualiser les autocorrélations partielles de la série résiduelle, pressez Enter.



Notez les autocorrélations partielles significatives à 5 %.

2.3.3 Votre réponse



? Sur la base de l'ensemble des résultats, pouvons-nous considérer que le modèle obtenu est satisfaisant, dans la mesure où les erreurs de prévision varient autour de 0 et ne permettent pas de prévoir le futur ?

2.3.4 Votre réponse



? Quelle amélioration du modèle proposez-vous ?

2.3.5 Votre réponse

Nous allons poursuivre le problème dans la partie 3. Il est donc recom-



mandé de sauvegarder le problème dans l'état actuel.

⇒ Pour sauvegarder le problème en cours : menu File ⇒ Save as. Tapez CHAMPC1. Cliquez Save pour sauvegarder le problème sous le nom CHAMPC1.

SYNTHESE

Comme les autocorrélations semblaient mieux tronquées au-delà du retard 12 que ne l'étaient les autocorrélations partielles. Le retard 12 est évidemment lié à la saisonnalité de la série. On pourrait penser que celle-ci a été éliminée avec la différence saisonnière. Notons que l'autocorrélation de retard 12 de la série $\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t)$ est négative. On peut donc interpréter ceci de la manière suivante :

- Nous avons de l'autocorrélation positive de retard 12 dans la série.
- En appliquant la différence saisonnière, nous enlevons cette autocorrélation mais nous en enlevons un peu trop de sorte que l'autocorrélation résultante de retard 12 devient négative.
- Il faudra donc compenser l'effet excessif de la différence saisonnière.

C'est ce qu'a permis le coefficient moyenne mobile saisonnière. Nous constatons que la série résiduelle RCHAMPC1 n'a plus d'autocorrélation de retard 12 ou multiple de 12, mais il reste une autocorrélation statistiquement significative et assez forte, celle de retard 1. Elle apparaît évidemment aussi dans le graphique des autocorrélations partielles. Il reste donc à compléter le modèle.

Partie 3 Dans la partie 1, nous avons examiné le modèle $\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) = m + e_t$ et la série résiduelle e_t , connue sous le nom RCHAMPC0. Nous avons examiné les autocorrélations ainsi que les autocorrélations partielles de cette série. Un modèle tenant compte partiellement de cette information a été proposé.

Dans la partie 2, nous avons estimé le paramètre du modèle. Nous avons ensuite examiné la validité de ce modèle. Nous l'avons refusé. En examinant la série résiduelle appelée RCHAMPC1, il y a en effet de l'autocorrélation significative de retard 1, de même que l'autocorrélation partielle significative de retard 1. Le modèle doit donc être amélioré. .

Dans la partie 3, le but de l'exercice est d'estimer les paramètres du modèle amélioré et de valider son adéquation

3.1 SPÉCIFICATION DU SECOND MODÈLE

- ⇒ Lancez le logiciel comme dans la partie 1.
- ⇒ Choisissez le répertoire de données approprié sur votre disque (pas sur le CD-ROM): menu File ⇒ Open. Choisissez DATA puis CHAP10 puis CH10EX06.
- ⇒ Chargez le problème déjà préparé : CHAMPC1.

En examinant la série RCHAMPC1, venant de notre premier modèle, nous avons constaté que l'autocorrélation la plus significative est celle de retard 1 mais qu'il y a plusieurs autocorrélations significatives.

Les autocorrélations semblent plutôt tronquées au-delà d'un retard de 3. Ceci doit nous faire penser à un processus moyenne mobile d'ordre 3. Cependant, l'autocorrélation partielle la plus significative est aussi celle de retard 1 et cette fois les autocorrélations partielles semblent tronquées au-delà du retard 1. Ceci doit nous faire penser à un processus autorégressif d'ordre 1.

Que faut-il choisir, processus moyenne mobile d'ordre 3 ou processus autorégressif d'ordre 1. On doit privilégier la simplicité de façon à réduire le nombre de paramètres à estimer, donc un processus autorégressif d'ordre 1.

Mais c'est RCHAMPC1 qui est régi éventuellement par un processus AR(1), et non la série d'origine. Notre première spécification était de la

forme :

$$\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) - m = \text{RCHAMPC}_t - \Theta_1 \text{RCHAMPC}_{t-12}.$$

et nous proposons ici :

$$\text{RCHAMPC}_t - \phi_1 \text{RCHAMPC}_{t-1} = e_t.$$

En combinant les deux équations, qu'obtient-on ? La notation de l'opérateur de retard permet de répondre aisément à cette question. En effet,

$$\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) - m = (1 - \Theta_1 B^{12}) \text{RCHAMPC}_t \quad (1)$$

et

$$(1 - \phi_1 B) \text{RCHAMPC}_t = e_t. \quad (2)$$

En multipliant par $(1 - \phi_1 B)$ les deux membres de l'équation (1), on obtient

$$(1 - \phi_1 B)[\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) - m] = (1 - \Theta_1 B^{12})(1 - \phi_1 B) \text{RCHAMPC}_t$$

et, en remplaçant $(1 - \phi_1 B) \text{RCHAMPC}_t$ par e_t , il vient

$$(1 - \phi_1 B)[\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) - m] = (1 - \Theta_1 B^{12}) e_t$$

Pratiquement, cela signifie qu'on doit ajouter un coefficient autorégressif de retard 1 au modèle.

Remarque



Ce n'est pas toujours aussi simple. Supposons que nous ayons conclu en faveur d'un modèle AR(2) et que la série résiduelle provenant de l'estimation de ce modèle corresponde à un processus AR(1). Dans ce cas, la combinaison donne un processus AR(3). Aux deux coefficients autorégressifs de retard 1 et autorégressif de retard 2 du modèle existant, il faudra donc ajouter un coefficient autorégressif de retard 3.

3.2 ESTIMATION DU SECOND MODÈLE

Nous allons estimer ce modèle en ajoutant un coefficient autorégressif de retard 1, ϕ_1 , au coefficient de type moyenne mobile saisonnier d'ordre 1, Θ_1 . On conserve la constante du modèle, encore estimée comme la moyenne des données. Procédez comme suit.

⇒ Pour accéder à la boîte de dialogue pour l'estimation : menu Methods ⇒ Arima model ⇒ Estimation. Dans la fenêtre de dialogue Arima model – Estimation, vous devez voir 1 en face de Seasonal differences.

- ⇒ Cliquez sur Add Parameters pour ouvrir la fenêtre de dialogue. Un paramètre est déjà spécifié de type Seasonal moving average, l'ordre 1 et la valeur initiale du coefficient 0.0000.
- ⇒ Dans la colonne Type, cliquez sur la ligne Ordinary autoregressive. La fenêtre montre les deux paramètres. Cliquez OK pour valider le choix des paramètres.
- ⇒ Sur la ligne Save residuals, vous devez voir "RCHAMPC1". Cliquez afin d'éditer la zone. Pressez la touche de correction pour enlever 1, et tapez 2 pour que le nom devienne RCHAMPC2.
- ⇒ Sur la ligne Save forecasts or predictions, vous devez voir "Forc". Cliquez afin d'éditer la zone. Pressez la touche de correction pour effacer les caractères et tapez le nom de fichier PCHAMPC2 dans lequel le programme placera les prévisions.
- ⇒ Sur la ligne Save fitted values, vous devez voir "Fit". Cliquez afin d'éditer la zone. Pressez la touche de correction pour effacer les caractères et tapez le nom de fichier FCHAMPC2 dans lequel le programme placera les valeurs ajustées.
- ⇒ Cliquez OK pour lancer le programme. Nous allons consulter le fichier de sortie.

Vous pouvez sauvegarder le fichier, par exemple sous le nom CHAMPC2.

- ⇒ Dans la fenêtre de sortie, clic droit et choisissez Save as. Tapez CHAMPC2. Cliquez Save.



Ecrivez l'équation du modèle estimé accompagné de l'écart-type résiduel. Interprétez les résultats de l'estimation.



3.2.1 Votre réponse

3.3 VALIDATION DU SECOND MODÈLE

**?**

L'analyse des résidus est-elle favorable au modèle ?

3.3.1 Votre réponse

Pour visualiser les autocorrélations de la série résiduelle : menu Graphics \Rightarrow Residual autocorrelations and partials.

**?**

Notez les autocorrélations significatives à 5 %.

3.3.2 Votre réponse

Pour visualiser les autocorrélations partielles de la série résiduelle, pressez Enter.

**?**

Notez les autocorrélations partielles significatives à 5 %.

3.3.3 Votre réponse**?**

Que pouvez-vous conclure ?

3.3.4 Votre réponse

Nous allons poursuivre le problème dans la partie 4. Il est donc recommandé de sauvegarder le problème dans l'état actuel.



Pour sauvegarder le problème en cours : menu File \Rightarrow Save as. Tapez le nom CHAMPC2 pour sauvegarder le problème sous le nom CHAMPC2.

SYNTHESE

Au chapitre 8, dans l'exercice 3, nous avons appliqué les tests de bruit blanc sur la série des ventes de champagne en France. Nous avons conclu rapidement que la série ne peut pas être considérée comme produite par un processus stationnaire parce qu'elle a une légère tendance croissante mais surtout une forte saisonnalité. Il n'était donc pas permis d'effectuer de la statistique sur les autocorrélations de cette série. Nous avons donc transformé la série. Une première tentative avait consisté à appliquer une différence ordinaire. Une seconde tentative avait consisté à appliquer une différence saisonnière.

Au chapitre 9, dans l'exercice 2, Nous avons un moment accepté que la différence saisonnière de la série soit un bruit blanc, en l'absence d'autocorrélation significative. Ceci aurait fourni un modèle très simple, comme pour le produit intérieur brut de l'Italie (chapitre 9, exercice 1).

Cependant, la dispersion de la série transformée n'était pas constante de sorte que l'hypothèse de stationnarité n'était pas tenable. Après quelques essais, nous avons donc conclu en faveur d'une transformation logarithmique. Cependant, en appliquant la différence saisonnière aux logarithmes des données, l'hypothèse de bruit blanc n'était plus acceptable de sorte que l'espoir d'un modèle simple s'évanouissait.

Maintenant que nous connaissons les propriétés de processus AR, MA et ARMA, en ce qui concerne les autocorrélations et les autocorrélations partielles, nous sommes en meilleure position pour analyser la série. Nous avons procédé par étapes, commençant par tenir compte du retard 12 qui est évidemment lié à la saisonnalité de la série. Après avoir estimé le paramètre du modèle, nous avons rejeté le modèle obtenu. Il est vrai que les autocorrélations sont faiblement significatives, c'est-à-dire sortent à peine de la bande à 95 %, mais ce sont celles de retard 1, 2 et 3, qui s'expliquent aisément par l'inertie du système et qu'on ne peut donc pas négliger.

Nous avons donc repris la spécification, non pas en partant de rien, mais en combinant le modèle obtenu avec celui qu'on devinait pour la série résiduelle et nous avons obtenu un modèle très

satisfaisant, seulement en 2 étapes d'estimation. Nous reviendrons encore sur ce modèle au chapitre 11.

Partie 4 Un modèle ARIMA a été obtenu dans les parties 1 à 3 pour la série des ventes de champagne en France. Ce modèle est de la forme suivante

$$(1 - \phi_1 B)[\nabla_{12} \log(\text{CHAMPC}_t) - m] = (1 - \Theta_1 B^{12}) e_t.$$

Nous avons estimé les paramètres et nous avons conclu que la série résiduelle e_t , connue sous le nom RCHAMPC2, n'a plus aucune autocorrélation ou autocorrélation partielle significative. Le modèle ne peut donc pas être amélioré. .

Dans la partie 4, le but de l'exercice est de discuter des prévisions et des intervalles de prévision correspondants et de comparer les résultats avec ceux obtenus dans les autres exercices où la série a été employée. Nous commençons par les prévisions d'horizon 1, souvent appelées valeurs ajustées.

4.1 VALEURS AJUSTÉES EN EMPLOYANT LE SECOND MODÈLE

- ⇒ Lancez le logiciel comme dans la partie 1.
- ⇒ Choisissez le répertoire de données approprié sur votre disque (pas sur le CD-ROM): menu File ⇒ Open. Choisissez DATA puis CHAP10 puis CH10EX06.
- ⇒ Chargez le problème déjà préparé : CHAMPC2.

Ouvrez de nouveau le fichier où nous avons placé les résultats du second modèle.

- ⇒ Pour accéder au fichier de résultats : menu Reports ⇒ Statistic report. Cliquez sur CHAMPC2 puis Open. Le fichier s'ouvre. Descendez sur la ligne “=== Fitting intervals at the 95% level”.

Les valeurs ajustées sont les prévisions effectuées avec un horizon fixe, égal à 1 par défaut, et une origine qui varie, du début à la fin de la série. On voit que le nombre de valeurs ajustées calculées est de 72. On s'attend à ce que, en moyenne dans 95 % des cas, les observations se trouvent dans l'intervalle et que, en moyenne dans 2,5 % des cas, les observations se trouvent au-dessous de l'intervalle et que, dans 2,5 % des cas, les observations se trouvent au-dessus de l'intervalle. Ces intervalles reposent sur l'hypothèse de normalité.

**?**

Commentez le nombre d'observations qui se trouvent au-dessous ou au-dessus de l'intervalle à 95 %.

4.1.1 Votre réponse

On peut aussi examiner les valeurs ajustées sous forme de graphique.

**Remarque**

Si vous n'avez pas sauvegardé le problème CHAMPC2, nous ne pourrions pas obtenir le graphique ci-dessous ni celui des prévisions, même si les séries ont été créées. Il faut alors reprendre le paragraphe 3.2.



Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics ⇒ Fitted values. Cliquez OK.

?

Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?



4.1.2 Votre réponse

**Remarque**

Dans l'exercice 5 du chapitre 6, nous avons déjà examiné les valeurs ajustées et les intervalles de prévision associés. A ce moment, nous ne pouvions pas expliquer comment ces intervalles étaient obtenus. Nous donnerons une explication dans la partie 5 de l'exercice.

4.2 PRÉVISIONS EN EMPLOYANT LE SECOND MODÈLE

Ouvrez de nouveau le fichier où nous avons placé les résultats du second modèle.



Pour accéder au fichier de résultats : menu Reports ⇒ Statistic report.

⇒ Cliquez sur CHAMPC2. Le fichier s'ouvre. Descendez sur la ligne "=== Forecasting from Dec1969 with fresh data".

? Notez la valeur de la prévision pour août 1970. Notez aussi la valeur du critère MAPE, par exemple. Comparez ce dernier avec les trois tableaux ci-dessous, extraits du fichier CH06EX05.XLS. Le résultat obtenu ici est-il meilleur ou moins bon ?

4.2.1 Votre réponse



Remarque

Le troisième tableau est relatif à la méthode de Winters qui a fait l'objet d'un exercice avancé.



Lissage exponentiel simple

Lissage		
exponentiel simple	Prévisions	Ajustement
MSE	65.593	7.024
MAE	8.011	1.818
MAPE%	234.7%	45.0%
Constantes	0.89019745	
de lissage	ALPHA	

Lissage exponentiel simple avec correction saisonnière

SES sur données		
désaison	Prévisions	Ajustement
nalisées		
MSE	0.172	0.335
MAE	0.325	0.410
MAPE%	10.8%	9.9%
Constantes	0.46741404	
de lissage	ALPHAS	

Lissage exponentiel de Winters

	Lissage exponentiel de Winters			Prévisions
	Niveau	Pente	Saisonnier	
MSE				0.113
MAE				0.259
MAPE%				7.9%

?

Commentez les intervalles de prévision obtenus.



4.2.2 Votre réponse

À la fin de la sortie, on voit aussi le nombre de prévisions calculées et la probabilité de couverture des intervalles de prévision. Ces intervalles reposent sur l'hypothèse de normalité.

?

Commentez le nombre d'observations qui se trouvent au-dessous ou au-dessus de l'intervalle à 95 %.



4.2.3 Votre réponse

Nous pouvons aussi regarder le graphique des prévisions.



Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données : menu Graphics ⇒ Predictions/Forecasts. Cliquez OK.

Vous pouvez vous limiter aux dernières années en recommençant mais cette fois en changeant la date de début.



Cliquez sur la deuxième ligne, effacez le chiffre des unités 2 et tapez par exemple 7. Cliquez OK. Focalisez sur des points choisis pour répondre à la question suivante.

?

Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites

de l'intervalle de prévision. Notez-les et comparez la prévision à la réponse 4.2.1. Qu'en pensez-vous ?

4.2.4 Votre réponse



SYNTHESE

Du point de vue prédictif, le modèle ARIMA estimé dans la partie 3 s'avère presque aussi satisfaisant que la meilleure méthode obtenue jusqu'ici, le lissage exponentiel de Winters. Nous n'avons pas repris les prévisions calculées par moyenne mobile d'ordre k qui étaient catastrophiquement mauvaises.

Partie 5 Dans la partie 5, le but de l'exercice est de revenir sur les méthodes de type lissage exponentiel qui ont été employées dans le chapitre 6 pour prévoir la série et de placer ces méthodes dans le cadre des modèles ARIMA, ce qui permet notamment de justifier les intervalles de prévision obtenus.



5.1 INTRODUCTION

Dans le chapitre 6, exercice 5, la partie 3 a été consacrée à traiter deux méthodes, le lissage exponentiel simple (Simple Exponential Smoothing, SES) et le lissage exponentiel simple avec correction saisonnière (Exponential smoothing with seasonality, EWS), en employant le module Exponential Smoothing de TSE. Celui-ci n'utilise pas les formules traditionnelles mais bien les modèles ARIMA sous-jacents aux méthodes de lissage exponentiel, tout au moins celles qui possèdent de telles formes ARIMA sous-jacentes. La justification des auteurs de la méthode (Broze et Mélard, 1990) est donnée dans le paragraphe A.a, dans la partie avancée de l'exercice.

Nous reprenons ici brièvement la partie 3 de l'exercice 5 du chapitre 6, en insistant sur les aspects les plus intéressants. Nous avons chargé des problèmes préparés à l'avance. Ici, nous allons les créer à partir du problème CHAMPC chargé au paragraphe 1.1.

- ⇒ Lancez le logiciel comme dans la partie 1.
- ⇒ Choisissez le répertoire de données approprié sur votre disque (pas sur le CD-ROM): menu File ⇒ Open. Choisissez DATA puis CHAP10 puis CH10EX06.
- ⇒ Chargez le problème déjà préparé : CHAMPC2. Vous devez alors voir dans le bas de l'écran que la variable dépendante est CHAMPC.

5.2 LISSAGE EXPONENTIEL SIMPLE

- ⇒ Pour l'application du lissage exponentiel, menu Methods ⇒ Exponential smoothing.

L'écran doit se présenter comme suit (à l'exception de la rubrique « User directory »).

- ⇒ Avec la flèche vers le bas, descendez sur les lignes qui doivent

être modifiées.

- ⇒ La rubrique Level & Trend doit contenir l'option Level pour le lissage exponentiel simple. La rubrique Power transformation doit contenir None. Les noms des séries de résidus, prévisions et valeurs ajustées sont respectivement : RESSES, FORSES et FITSES. La probabilité pour les intervalles de prévision est de 80 %.

Exponential Smoothing

Level and trend

Seasonality

Normalised transformation

☐ Parameter/deterministic seasonality

Select Initial Values/Options?

Trend

Deterministic seasonality

Initial alpha (level)

Initial gamma (trend slope)

Initial delta (seasonality)

Initial phi (damping trend)

☐ ANSECH command

Leadtime for fit

Forecasting interval probability % : 80

Add... Interventions

Save residuals : RESSES

Save forecasts or predictions : FORSES

Save fitted values : FITSES

OK Cancel

- ⇒ Cochez la case en face de la rubrique Parameter/Deterministic seasonality.

Vous pouvez voir une fenêtre de dialogue (qui sera montrée plus loin) qui comporte notamment la valeur initiale de la constante de lissage α soit 0,5. C'est à partir de cette valeur que la recherche sera effectuée.

- ⇒ Cliquez OK pour lancer le programme. Nous allons consulter la

sortie.

Le fichier produit est de la même forme que ceux vus dans les parties précédentes de l'exercice, sauf quelques rubriques spécifiques.

⇒ Descendez dans le fichier. Repérez les rubriques suivantes: Non linear estimation, final values of the parameters, underlying SARIMA model, significant autocorrelations.

? Commentez vos observations relatives au nombre d'itérations, les valeurs initiales, les valeurs finales des constantes de lissage, la forme ARIMA correspondante, les autocorrélations résiduelles.

5.2.1 Votre réponse



⇒ Descendez dans le fichier. Vers la fin, vous verrez le titre "Forecasting from DEC1969".

? Examinez la valeur de la prévision pour août 1970 et l'intervalle de prévision correspondant. Notez aussi la valeur du critère MAPE, par exemple. Comparez ce dernier avec le tableau ci-dessous, extrait du fichier CH06EX05.XLS, dans la colonne prévision. Le résultat est-il identique?

5.2.2 Votre réponse



Lissage		
exponentiel	Prévisions	Ajustement
simple		
MSE	65.593	7.024
MAE	8.011	1.818
MAPE%	234.7%	45.0%
Constantes	0.89019745	
de lissage	ALPHA	

Dans les instructions précédentes, nous avons déjà demandé le calcul des prévisions et nous avons sauvegardé celles-ci dans un fichier. Commentons par regarder le graphique.

⇒ Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données : menu Graphics ⇒ Predictions/Forecasts. Cliquez OK.

Vous pouvez vous limiter aux dernières années en recommençant mais cette fois en changeant la date de début.

⇒ Cliquez sur la deuxième ligne, et changez le chiffre des unités 2 en 7. Cliquez OK. Focalisez sur des points choisis pour répondre à la question suivante.

? Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites de l'intervalle de prévision. Qu'en pensez-vous ?

5.2.3 Votre réponse

⇒ Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics ⇒ Fitted values. Cliquez OK.

? Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?

5.2.4 Votre réponse



Nous avons déjà examiné la série des résidus RESSES au chapitre 8. Vous pouvez néanmoins revoir ses autocorrélations. Nous avons demandé :

« La série des résidus RESSES obtenue par lissage exponentiel simple vous semble-t-elle correspondre à une série d'erreurs de prévisions idéale ? Sa moyenne est-elle statistiquement significative ? Notez les retards pour lesquels la corrélation est importante avec le signe correspondant. »

Examinons à nouveau la question.



?

La série des résidus RESSES est-elle compatible avec un bruit blanc ?

5.2.5 Vos réponses



5.3 LISSAGE EXPONENTIEL AVEC CORRECTION POUR SAISONNALITÉ

?

Vous rappelez-vous pourquoi nous avons choisi un modèle multiplicatif pour cette série ?

5.3.1 Votre réponse

- ⇒ Pour l'application du lissage exponentiel, menu Methods ⇒ Exponential smoothing ⇒ Forecasting.
- ⇒ L'écran doit se présenter comme suit. Notez que la rubrique Level & Trend contient toujours l'option Level, ce qui correspond au lissage exponentiel simple. La rubrique Power transformation contient Logarithmic, ce qui correspond en fait à une transformation logarithmique. TSE va en quelque sorte effectuer une décomposition saisonnière sur les logarithmes des données. Les noms des séries de résidus, prévisions et valeurs ajustées sont

maintenant : RESEWS, FOREWS et FITEWS, respectivement. La probabilité pour les intervalles de prévision est de 80 %.

⇒ Cochez la case en face de la rubrique Parameter/Deterministic seasonality. Sélectionnez Additive deterministic seasonality.

Vous pouvez voir une fenêtre de dialogue qui doit cette fois comporter la spécification d'une saisonnalité de nature déterministe dans la rubrique Seasonality. La valeur initiale de la constante de lissage α est encore 0,5. C'est à partir de cette valeur que la recherche sera effectuée.

Exponential Smoothing

Level: Level and trend

Seasonality: None

Normalised transformation: None

☒ Parameter/deterministic seasonality

Select Initial Values/Options?

Trend: No mean

Deterministic seasonality: Additive deterministic seasonality

Initial alpha (level): 0.5

Initial gamma (trend slope): 0.1

Initial delta (seasonality): 0.1

Initial phi (damping trend): 0.5

☐ ANSECH command

Leadtime for fit: 1

☒ Forecasting interval probability %: 80

Add... Interventions

Save residuals: RESEWS

Save forecasts or predictions: FOREWS

Save fitted values: FITEWS

OK Cancel

⇒ Cliquez OK pour lancer le programme.

⇒ Descendez dans la sortie. Repérez les rubriques suivantes: Non linear estimation, final values of the parameters, underlying

SARIMA model, significant autocorrelations.



?

Commentez vos observations relatives au nombre d'itérations, les valeurs initiales, les valeurs finales des constantes de lissage, la forme ARIMA correspondante, les autocorrélations résiduelles.



5.3.2 Votre réponse

Remarque

Nous ne détaillons pas la manière dont les coefficients saisonniers sont déterminés. Dans ce cas-ci, le coefficient d'un mois est obtenu par moyenne des différences à travers les années.



Vers la fin, vous verrez le titre "Forecasting from DEC1969".



?

Notez la valeur de la prévision pour août 1970 et l'intervalle de prévision correspondant. Notez aussi la valeur du critère MAPE, par exemple. Comparez ce dernier avec le tableau ci-dessous, extrait du fichier CH06EX05.XLS, dans la colonne prévision. Le résultat est-il identique?

5.3.3 Votre réponse



SES sur données		
désaison	Prévisions	Ajustement
nalisées		
MSE	0.172	0.335
MAE	0.325	0.410
MAPE%	10.8%	9.9%
Constantes	0.46741404	
de lissage	ALPHAS	

Remarque

On constate que la constante de lissage optimale n'est pas la même. C'est probablement dû au fait que la correction pour les variations saisonnières n'est pas effectuée de la même manière. Non seulement elle est effectuée de manière additive sur les logarithmes des données au lieu d'être appliquée de manière multiplicative, mais la méthode employée utilise une tendance linéaire plutôt que des moyennes mobiles, et la synthèse n'est pas effectuée par des moyennes élaguées mais par des moyennes simples.

Nous avons sauvegardé des prévisions dans un fichier. Commençons par regarder le graphique, en nous limitant aux dernières années.



⇒ Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données : menu Graphics ⇒ Predictions/Forecasts. Changez la date de début en 1967, par exemple. Cliquez OK. Focalisez sur des points choisis pour répondre à la question suivante.

?

Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites de l'intervalle de prévision. Qu'en pensez-vous ?

5.3.4 Votre réponse



⇒ Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics ⇒ Fitted values. Cliquez OK.

?

Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?

5.3.5 Votre réponse

Nous avons déjà examiné la série des résidus RESEWS au chapitre 8. Vous pouvez néanmoins revoir ses autocorrélations.

**?**

La série des résidus RESEWS est-elle compatible avec un bruit blanc ?

5.3.6 Votre réponse

SYNTHESE

Nous avons examiné de nouveau les résultats obtenus au chapitre 6 pour la méthode de lissage exponentiel simple, sans ou avec correction saisonnière, au moyen de TSE.

Nous avons pu remarquer que l'approche utilise les formes ARIMA sous-jacentes aux méthodes. Nous avons pu remarquer que ce sont les constantes de lissage qui sont les paramètres au lieu des coefficients autorégressifs et moyenne mobile. La forme ARIMA correspondante est donnée.

Les autres sorties sont similaires à celles fournies pour les modèles ARIMA : analyse des résidus, valeurs ajustées, prévisions et intervalles de prévision.

Nous n'avons pas retrouvé exactement les mêmes résultats que ceux obtenus avec Microsoft Excel, particulièrement dans la partie 2 de l'exercice 5 du chapitre 6. Néanmoins les résultats sont très proches.

Annexe au paragraphe 5.2

```

ESTIM,READ,AUXIN=1,KEY=CHAMPC,RESIT=1,RESIN=RESSES,FITF=1,FITL=1,FITN=FITSES,/
TAPEF=1,NFORC=FORSES,ESM=1,CONF=80,T0= 96,LEAD= 9,CHECK=APSF
RANDOM NOISE GENERATOR: INITIAL SEED IS "?G?@U??C1" ( 512, 5504, 301)
/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/
ANSECH-PC 2.3a, AUTHOR:G.MELARD 12/04/01 05:55:03. PROBLEM( 1):CHAMPC
TITLE: "cVENTES DE CHAMPAGNE EN FRANCE (SERIE CORRIGEE)"
SERIES READ FROM DISK, NAME IS CHAMPC.DB ,LENGTH 105
TIME INTERVAL : FROM JAN1962 TO SEP1970.
/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/
WARNING *** MODEL FITTING IS PERFORMED WITH ONLY 96 DATA, ENDING
AT TIME DEC1969. 9 FRESH DATA ARE RESERVED FOR EX-POST VALIDATION
=== FITTING OF THE PARAMETERS OF CLASSIC SHORT-TERM FORECASTING METHODS
(CO-AUTHORS: O. ROULAND AND L. BROZE)
EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD
-TREND COMPONENT : CONSTANT
-SEASONAL COMPONENT : NONE
1 PARAMETERS WITH STARTING VALUES :
1 ALPHA .50000
=== ESTIMATION BY MAXIMIZATION OF THE EXACT (LOG) LIKELIHOOD
(FAST ALGORITHM WITH TOLERANCE 1.0E-05)
=== MODEL DESCRIPTION FORM DEGREE/ORD PARAMETERS NUMBER
- DIFFERENCE REGULAR 1
- CLASSIC SHORT TERM FORECASTING SEE ABOVE
*** WARNING-THE INFORMATION MATRIX WILL BE COMPUTED FROM 1ST ORDER DERIVATIVES
*** WARNING-THE INFORMATION MATRIX WILL BE COMPUTED FOR A GAUSSIAN MODEL
NON LINEAR ESTIMATION:
ITER SUM OF SQ ALPHA
0 648.9 .500
1 640.4 .570
2 632.0 .645
3 625.3 .717
4 620.9 .778
5 618.7 .824
6 617.8 .854
7 617.5 .872
8 617.4 .882
9 617.3 .887
10 617.3 .890
11 617.3 .892
12 617.3 .892
=ITERATION STOPS - RELATIVE CHANGE IN EACH COEFFICIENT LESS THAN 1.00000E-03
CORRELATION MATRIX
ALPHA
ALPHA 1.00
FINAL VALUES OF THE PARAMETERS WITH 95% CONFIDENCE LIMITS
NAME VALUE STD ERROR T-VALUE LOWER UPPER
1 ALPHA .89229 .10357 8.6 .69 1.1
ESTIMATION HAS TAKEN .0 SEC. FOR 25 EVALUATIONS OF S.S. (MEAN TIME=, .000)
N.B. QUICK RECURSIONS USED FROM TIME 6
= UNDERLYING SARIMA MODEL
DEGREE OF REGULAR DIFFERENCING = 1
DEGREE OF SEASONAL DIFFERENCING = 0 (PERIOD = 12)
MA 1: .1077
*** WARNING-A MEAN LEVEL IS NOT INCLUDED IN THE MODEL
THE FOLLOWING CONSTANTS WERE INVOLVED IN THE LEAST SQUARES ESTIMATION METHOD
ARMA .99994
=== SUMMARY MEASURES <V>
SUM OF SQUARES : COMPUTED = 617.330 ADJUSTED = 617.254
VARIANCE ESTIMATES : BIASED = 6.49741 UNBIASED = 6.56653
TOTAL NUMBER OF PARAMETERS = 1 STANDARD DEVIATION = 2.56252
INFORMATION CRITERIA : AIC = 456.145 SBIC = 461.328
=== RESIDUAL ANALYSIS WITH 95 RESIDUALS, BEGINNING AT TIME FEB1962===
MEAN = .111852 ,T-STATISTIC = .43 (FOR TESTING ZERO MEAN)
=OUTLIERS <R(OR)S>
< .01 % JAN1968: -10.89
.01-.2 % JAN1969: -8.752
.2 - 1 % JAN1966: -6.732 JAN1967: -7.120
1 - 5 % JAN1964: -5.052
=SIGNIFICANT AUTOCORRELATIONS (USING BARTLETT LIMITS) <A(OR)S>
< .01 % 12: .8144
.01-.2 % 24: .6434
.2 - 1 % 4: -.2956
1 - 5 % 2: -.2163 8: -.3160

```

```

=SIGNIFICANT PARTIAL AUTOCORRELATIONS <P(OR)S>
< .01 %      8: -.4221      10: -.4826      12: .6221
.01-.2 %     4: -.3645
1 - 5 %      2: -.2171
=LJUNG-BOX PORTMANTEAU TEST STATISTICS ON RESIDUAL AUTOCORRELATIONS <L>
ORDER D.F. STATISTIC SIGNIFICANCE
 6      5      20.47      .001
12      11     104.37      .000
18      17     120.80      .000
24      23     176.14      .000
26      25     178.29      .000
---> WRITTEN TO FILE : RESSES.DB , LENGTH = 95
== FITTING INTERVALS AT THE 80% LEVEL, WITH LEAD TIME 1
      8 POINTS BELOW THE LOWER LIMIT (TOTAL: 94 POINTS)
      5 POINTS ABOVE THE UPPER LIMIT (TOTAL: 94 POINTS)
---> WRITTEN TO FILE : FITSES.DB , LENGTH = 94
---> WRITTEN TO FILE : FITSES.DBM , LENGTH = 94
---> WRITTEN TO FILE : FITSES.DBP , LENGTH = 94
== FORECASTING FROM DEC1969 WITH FRESH DATA <F>
DATE OBSERVATION FORECAST ERROR % ERROR 80% FORECAST INTERVAL
JAN1970 4.3480 12.3313 -7.9833 183.6 9.0472 15.6153
FEB1970 3.5640 12.3313 -8.7673 246.0 7.9300 16.7325
MAR1970 4.5770 12.3313 -7.7543 169.4 7.0437 17.6188
APR1970 4.7880 12.3313 -7.5433 157.5 6.2860 18.3765
MAY1970 4.6180 12.3313 -7.7133 167.0 5.6133 19.0492
JUN1970 5.3120 12.3313 -7.0193 132.1 5.0020 19.6605
JUL1970 4.2980 12.3313 -8.0333 186.9 4.4379 20.2246
AUG1970 1.4310 12.3313 -10.9003 761.7 3.9116 20.7509
SEP1970 5.8770 12.3313 -6.4543 109.8 3.4162 21.2463
CUMULATED ERROR : -72.1683 (=*****%); MEAN ERROR: -8.0187
MEAN ABSOLUTE ERROR (MAE): 8.0187 (=185.9%);
ROOT MEAN SQUARE ERROR : 8.1062 (=188.0%); MEAN SQUARE ERROR: 65.7
MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR (MAPE): 234.9%
      7 POINTS BELOW THE LOWER LIMIT (TOTAL: 9 POINTS)
      0 POINTS ABOVE THE UPPER LIMIT (TOTAL: 9 POINTS)
---> WRITTEN TO FILE : FORSES.DB , LENGTH = 9
---> WRITTEN TO FILE : FORSES.DBM , LENGTH = 9
---> WRITTEN TO FILE : FORSES.DBP , LENGTH = 9
/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/
END

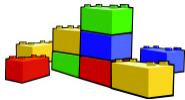
```




Exercice avancé

(Pour les utilisateurs de la version avancée du cours)

Préalable Le chapitre 10 du cours de base et du cours avancé doit avoir été suivi jusqu'à la page 195.



Objectif Le but est d'établir le lien entre les modèles ARIMA et avec les méthodes de type lissage exponentiel qui ont été employées dans le chapitre 6.



Données Les mêmes données que celles utilisées pour l'exercice de base.



Structure de l'exercice

L'exercice avancé comporte une seule partie :

- Dans la partie A, le but de l'exercice est de revenir sur les méthodes de type lissage exponentiel qui ont été traitées dans le chapitre 6, dans la partie avancée des exercices : le lissage exponentiel double et le lissage exponentiel de Holt, tous deux employés sans ou avec correction saisonnière et la méthode de lissage exponentiel de Winters. On veut placer ces méthodes dans le cadre des modèles ARIMA, ce qui permet notamment de justifier les intervalles de prévision obtenus.

Partie A Dans la partie 5, le but de l'exercice est de revenir sur les méthodes de type lissage exponentiel qui ont été traitées dans le chapitre 6, dans la partie avancée des exercices : le lissage exponentiel double et le lissage exponentiel de Holt, tous deux employés sans ou avec correction saisonnière et la méthode de lissage exponentiel de Winters. On veut placer ces méthodes dans le cadre des modèles ARIMA, ce qui permet notamment de justifier les intervalles de prévision obtenus.

A.a INTRODUCTION

Dans le chapitre 6, exercice 5, les parties A, B et C ont été consacrées à traiter plusieurs méthodes de lissage exponentiel :

- le lissage exponentiel double, sans ou avec correction saisonnière
- le lissage exponentiel de Holt, sans ou avec correction saisonnière
- la méthode de lissage exponentiel de Winters.

Dans la partie 5 du présent exercice, nous avons exploité le lien entre les modèles ARIMA et

- le lissage exponentiel simple (Simple Exponential Smoothing, SES)
- le lissage exponentiel simple avec correction saisonnière (Exponential smoothing with seasonality, EWS)

Nous avons employé pour cela le module Exponential Smoothing de TSE. Celui-ci n'utilise pas les formules traditionnelles mais bien les modèles ARIMA sous-jacents aux méthodes de lissage exponentiel, tout au moins celles qui possèdent de telles formes ARIMA sous-jacentes. La justification des auteurs de la méthode (Broze et Mélard, 1990) est la suivante :

- cette approche permet de traiter beaucoup de méthodes de manière unique (voir l'exercice supplémentaire 9.2),
- l'estimation des constantes de lissage peut être effectuée par la méthode du maximum de vraisemblance, sans problème de choix parfois contestable de valeurs lissées initiales,
- les intervalles de prévision sont faciles à déterminer (voir l'exercice 5 du chapitre 6, partie 3),
- toutes les méthodes d'analyse de résidus relatives aux modèles ARIMA sont disponibles, notamment les autocorrélations (voir les exercices

supplémentaires du chapitre 8).

Parmi les inconvénients de l'approche, on peut mentionner les suivantes :

- une plus grande complexité,
- le fait que les valeurs lissées ne soient pas déterminées explicitement,
- le fait que certaines méthodes, comme la méthode de Winters en version multiplicative, et de façon générale toutes les méthodes avec saisonnier multiplicatif, ne soient pas incluses comme cas particuliers, mais seulement de façon approchée, par exemple par la méthode de Winters en version additive sur les logarithmes des données.

Nous reprenons ici brièvement les parties A, B et C de l'exercice 5 du chapitre 6, en insistant sur les aspects les plus intéressants. Nous avons chargé des problèmes préparés à l'avance. Ici, nous allons les créer à partir du problème CHAMPC chargé au paragraphe 1.1.

- ⇒ Lancez le logiciel comme dans la partie 1.
- ⇒ Choisissez le répertoire de données approprié sur votre disque (pas sur le CD-ROM): menu File ⇒ Open. Choisissez DATA puis CHAP10 puis CH10EX06.
- ⇒ Chargez le problème déjà préparé : CHAMPC. Vous devez alors voir dans le bas de l'écran que la variable dépendante est CHAMPC, que l'échantillon d'estimation est 1962.01 – 1969.12 et que les prévisions seront calculées jusqu'en 1970.09.

A.b LISSAGE EXPONENTIEL DOUBLE

- ⇒ Pour l'application du lissage exponentiel, menu Methods ⇒ Exponential smoothing ⇒ Forecasting.
- ⇒ Veillez à ce que la rubrique Level & Trend contienne l'option Level & Linear Trend (BROWN) et que la rubrique Seasonality contienne l'option None (add level and trend), ce qui correspond au lissage exponentiel double de Brown. La rubrique Power transformation doit contenir None.
- ⇒ Changez les noms des séries de résidus, prévisions et valeurs ajustées qui doivent être maintenant : RESDOU, FORDOU et FITDOU, respectivement. La probabilité pour les intervalles de

prévision est de 80 %.

⇒ Cochez la case en face de la rubrique Parameter/Deterministic seasonality. Vous devez avoir None pour Deterministic seasonality.

Vous pouvez voir une fenêtre de dialogue. La valeur initiale de la constante de lissage pour le niveau, α , soit 0,5.

⇒ Cliquez OK pour lancer le programme.

⇒ Descendez dans le fichier. Repérez les rubriques suivantes: Non linear estimation, final values of the parameters, underlying SARIMA model, significant autocorrelations.

?

Commentez vos observations relatives au nombre d'itérations, les valeurs initiales, les valeurs finales des constantes de lissage, la forme ARIMA correspondante, les autocorrélations résiduelles.



A.b.1 Votre réponse

⇒ Descendez dans le fichier. Vers la fin, vous verrez le titre "Forecasting from DEC1969".

?

Notez la valeur de la prévision pour août 1970 et l'intervalle de prévision correspondant. Notez aussi la valeur du critère MAPE, par exemple.



A.b.2 Votre réponse

Nous avons sauvegardé des prévisions dans un fichier. Commençons par regarder le graphique, en nous limitant aux dernières années.

⇒ Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données :

menu Graphics \Rightarrow Predictions/Forecasts. Changez la date de début en 1967, par exemple. Cliquez OK. Focalisez sur des points choisis pour répondre à la question suivante.



Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites de l'intervalle de prévision. Qu'en pensez-vous ?



A.b.3 Votre réponse



Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics \Rightarrow Fitted values. Cliquez OK.



Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?



A.b.4 Votre réponse

Nous avons déjà examiné la série des résidus RESDOU au chapitre 8. Vous pouvez néanmoins revoir ses autocorrélations.



La série des résidus RESDOU est-elle compatible avec un bruit blanc ?



A.b.5 Vos réponses

A.C LISSAGE EXPONENTIEL DE HOLT SANS SAISONNALITÉ



Pour l'application du lissage exponentiel, menu Methods \Rightarrow Exponential smoothing \Rightarrow Forecasting.



Veillez à ce que la rubrique Level & Trend contienne l'option

Level & Linear Trend (HOLT) et que la rubrique Seasonality contienne l'option None (add level and trend), ce qui correspond au lissage exponentiel de Holt. La rubrique Power transformation doit contenir None.

- ⇒ Changez les noms des séries de résidus, prévisions et valeurs ajustées qui doivent être maintenant : RESHOLT, FORHOLT et FITHOLT, respectivement. La probabilité pour les intervalles de prévision est de 80 %.
- ⇒ Cochez la case en face de la rubrique Parameter/Deterministic seasonality. Vous devez avoir None pour Deterministic seasonality.

Vous pouvez voir une fenêtre de dialogue. Outre la valeur initiale de la constante de lissage pour le niveau, α , soit 0,5, on voit apparaître en surbrillance les valeurs initiales de la constante de lissage pour la pente, γ , soit 0,1.

- ⇒ Cliquez OK pour lancer le programme.
- ⇒ Descendez dans le fichier. Repérez les rubriques suivantes: Non linear estimation, final values of the parameters, underlying SARIMA model, significant autocorrelations.

?

Commentez vos observations relatives au nombre d'itérations, les valeurs initiales, les valeurs finales des constantes de lissage, la forme ARIMA correspondante, les autocorrélations résiduelles.



A.c.1 Votre réponse

- ⇒ Descendez dans le fichier. Vers la fin, vous verrez le titre "Forecasting from DEC1969".

?

Notez la valeur de la prévision pour août 1970 et l'intervalle de prévision correspondant. Notez aussi la valeur du critère MAPE,

par exemple.

A.c.2 Votre réponse



Nous avons sauvegardé des prévisions dans un fichier. Commençons par regarder le graphique, en nous limitant aux dernières années.

⇒ Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données : menu Graphics ⇒ Predictions/Forecasts. Changez la date de début en 1967, par exemple. Cliquez OK. Focalisez sur des points choisis pour répondre à la question suivante.

? Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites de l'intervalle de prévision. Qu'en pensez-vous ?

A.c.3 Votre réponse



⇒ Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics ⇒ Fitted values. Cliquez OK.

? Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?

A.c.4 Votre réponse



? La série des résidus RESHOLT est-elle compatible avec un bruit blanc.

*A.c.5 Vos réponses***A.d LISSAGE EXPONENTIEL DOUBLE AVEC SAISONNALITÉ**

- ⇒ Pour l'application du lissage exponentiel, menu Methods ⇒ Exponential smoothing ⇒ Forecasting.
- ⇒ Veillez à ce que la rubrique Level & Trend contienne l'option Level & Linear Trend (BROWN), que la rubrique Seasonality contienne l'option None (add level and trend), ce qui correspond au lissage exponentiel double de Brown, et que la rubrique Power transformation contienne Logarithmic, ce qui correspond en fait à une transformation logarithmique.
- ⇒ Changez les noms des séries de résidus, prévisions et valeurs ajustées qui doivent être maintenant : RESDWS, FORDWS et FITDWS, respectivement. La probabilité pour les intervalles de prévision est de 80 %.
- ⇒ Cochez la case en face de la rubrique Parameter/Deterministic seasonality. Vous devez cette fois sélectionner Additive deterministic seasonality.

TSE va en quelque sorte effectuer une décomposition saisonnière sur les logarithmes des données.

On voit la valeur initiale de la constante de lissage pour le niveau, α , soit 0,5

- ⇒ Cliquez OK pour lancer le programme.
- ⇒ Descendez dans le fichier. Repérez les rubriques suivantes: Non linear estimation, final values of the parameters, underlying SARIMA model, significant autocorrelations.



?

Commentez vos observations relatives au nombre d'itérations, les valeurs initiales, les valeurs finales des constantes de lissage, la forme ARIMA correspondante, les autocorrélations résiduelles.

A.d.1 Votre réponse



Descendez dans le fichier. Vers la fin, vous verrez le titre "Forecasting from DEC1969".

?

Notez la valeur de la prévision pour août 1970 et l'intervalle de prévision correspondant. Notez aussi la valeur du critère MAPE, par exemple.

A.d.2 Votre réponse



Nous avons sauvegardé des prévisions dans un fichier. Commençons par regarder le graphique, en nous limitant aux dernières années.



Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données : menu Graphics \Rightarrow Predictions/Forecasts. Changez la date de début en 1967, par exemple. Pressez Enter. Focalisez sur des points choisis pour répondre à la question suivante.

?

Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites de l'intervalle de prévision. Qu'en pensez-vous ?

A.d.3 Votre réponse





⇒ Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics ⇒ Fitted values. Cliquez OK.

?

Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?

A.d.4 Votre réponse



?


La série des résidus RESDWS est-elle compatible avec un bruit blanc.

A.d.5 Vos réponses

A.e LISSAGE EXPONENTIEL DE HOLT AVEC SAISONNALITÉ


- ⇒ Pour l'application du lissage exponentiel, menu Methods ⇒ Exponential smoothing ⇒ Forecasting.
- ⇒ Veillez à ce que la rubrique Level & Trend contienne l'option Level & Linear Trend (HOLT), que la rubrique Seasonality contienne l'option None (add level and trend), ce qui correspond au lissage exponentiel de Holt, et que la rubrique Power transformation contienne Logarithmic, ce qui correspond en fait à une transformation logarithmique.
- ⇒ Changez les noms des séries de résidus, prévisions et valeurs ajustées qui doivent être maintenant : RESHWS, FORHWS et FITHWS, respectivement. La probabilité pour les intervalles de prévision est de 80 %.
- ⇒ Cochez la case en face de la rubrique Parameter/Deterministic seasonality. La rubrique Deterministic seasonality doit contenir Additive deterministic seasonality.

Outre la valeur initiale de la constante de lissage pour le niveau, α , soit 0,5, on voit apparaître en surbrillance la valeur initiale de la constante de lissage pour la pente, γ , soit 0,1.

- 
- ⇒ Cliquez OK pour lancer le programme.
 - ⇒ Descendez dans le fichier. Repérez les rubriques suivantes: Non linear estimation, final values of the parameters, underlying SARIMA model, significant autocorrelations.

? Commentez vos observations relatives au nombre d'itérations, les valeurs initiales, les valeurs finales des constantes de lissage, la forme ARIMA correspondante, les autocorrélations résiduelles.

A.e.1 Votre réponse

- 
- ⇒ Descendez dans le fichier. Vers la fin, vous verrez le titre "Forecasting from DEC1969".

? Notez la valeur de la prévision pour août 1970 et l'intervalle de prévision correspondant. Notez aussi la valeur du critère MAPE, par exemple.

A.e.2 Votre réponse

Nous avons sauvegardé des prévisions dans un fichier. Commençons par regarder le graphique, en nous limitant aux dernières années.

- ⇒ Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données : menu Graphics ⇒ Predictions/Forecasts. Changez la date de début en 1967, par exemple. Pressez Enter. Focalisez sur des points



choisis pour répondre à la question suivante.

?

Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites de l'intervalle de prévision. Qu'en pensez-vous ?

A.e.3 Votre réponse



Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics \Rightarrow Fitted values. Cliquez OK.



?

Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?

A.e.4 Votre réponse



?

La série des résidus RESHWS est-elle compatible avec un bruit blanc ?

A.e.5 Vos réponses

A.f LISSAGE EXPONENTIEL DE WINTERS

Nous nous limitons à la méthode de Winters en version multiplicative, représentée dans TSE comme la méthode de Winters en version additive mais sur les logarithmes des données.



Pour l'application du lissage exponentiel, menu Methods \Rightarrow Exponential smoothing \Rightarrow Forecasting.



Veillez à ce que la rubrique Level & Trend contienne l'option Level & Linear Trend (HOLT), que la rubrique Seasonality

contienne l'option WINTERS (not normalised), ce qui correspond au lissage exponentiel de Winters. La rubrique Power transformation doit contenir Logarithmic.

⇒ Changez les noms des séries de résidus, prévisions et valeurs ajustées qui doivent être maintenant : RESWIN, FORWIN et FITWIN, respectivement. La probabilité pour les intervalles de prévision est de 80 %.

⇒ Cochez la case en face de la rubrique Parameter/Deterministic seasonality. La rubrique Deterministic seasonality doit cette fois contenir None.

Vous pouvez voir une fenêtre de dialogue maintenant sans saisonnalité de nature déterministe. Outre la valeur initiale de la constante de lissage pour le niveau, α , soit 0,5, on voit apparaître en surbrillance les valeurs initiales de la constante de lissage pour la pente, γ , soit 0,1, et de la constante de lissage pour la saisonnalité, δ , soit 0,1.

⇒ Cliquez OK pour lancer le programme.

⇒ Descendez dans le fichier. Repérez les rubriques suivantes: Non linear estimation, final values of the parameters, underlying SARIMA model, significant autocorrelations.

?

Commentez vos observations relatives au nombre d'itérations, les valeurs initiales, les valeurs finales des constantes de lissage, la forme ARIMA correspondante, les autocorrélations résiduelles.



A.f.1 Votre réponse

⇒ Descendez dans le fichier. Vers la fin, vous verrez le titre "Forecasting from DEC1969".



?

Notez la valeur de la prévision pour août 1970 et l'intervalle de prévision correspondant. Notez aussi la valeur du critère MAPE, par exemple.

A.f.2 Votre réponse

Nous avons sauvegardé des prévisions dans un fichier. Commençons par regarder le graphique, en nous limitant aux dernières années.



Pour visualiser graphiquement les prévisions et les données : menu Graphics \Rightarrow Predictions/Forecasts. Changez la date de début en 1967, par exemple. Pressez Enter. Focalisez sur des points choisis pour répondre à la question suivante.

?

Notez les valeurs de la prévision pour août 1970 et les limites de l'intervalle de prévision. Qu'en pensez-vous ?



A.f.3 Votre réponse



Pour visualiser graphiquement les données et les valeurs ajustées, c'est-à-dire les prévisions d'horizon égal à 1 mois : menu Graphics \Rightarrow Fitted values. Cliquez OK.

?

Que pensez-vous de ces prévisions à un mois ?



A.f.4 Votre réponse

?

La série des résidus RESWIN est-elle compatible avec un bruit blanc.



A.f.5 Vos réponses

SYNTHESE

Nous avons examiné de nouveau les résultats obtenus au chapitre 6 pour les méthodes de lissage exponentiel au moyen de TSE.

Nous avons pu remarquer que l'approche utilise les formes ARIMA sous-jacentes aux méthodes. Nous avons pu remarquer que ce sont les constantes de lissage qui sont les paramètres au lieu des coefficients autorégressifs et moyenne mobile. La forme ARIMA correspondante est donnée.

Les autres sorties sont similaires à celles fournies pour les modèles ARIMA : analyse des résidus, valeurs ajustées, prévisions et intervalles de prévision.

Le programme permet de traiter un certain nombre de combinaisons concernant le niveau, la pente de la tendance et la saisonnalité.

[Retour au chapitre 10](#)