

Fiches de TD
Cours de Séries Temporelles

Professeur Georges Bresson

Université Paris II / Sorbonne Universités

Master I - Monnaie - Finance - Banque

Master I - Ingénierie Economique et Statistique

TD-1. Processus stationnaires

1. La base de données "*td_taux_de_change_euro_journaliers.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Janv/04/1999 - Juin/01/2016. On considère les taux de change journaliers US\$/€ (*usd*), £/€ (*gbp*), Yen/€ (*jpy*) et couronne norvégienne/€ (*nok*).
 - (a) Tracez les courbes de chaque série X_t .
 - (b) Tracez les courbes des différences premières de chaque série $((1 - B) X_t = X_t - X_{t-1})$.
 - (c) Tracez les courbes des rendements composés (*log returns*) de chaque série $((1 - B) \log X_t = \log X_t - \log X_{t-1})$.
 - (d) Tracez les histogrammes et donnez les statistiques descriptives (moyenne, variance, min, max,) pour chacune des séries X_t , $(1 - B) X_t$ et $(1 - B) \log X_t$.
 - (e) Déterminez les autocorrélations (ρ_τ) et les autocorrélations partielles ($\psi_{\tau\tau}$) de chaque série X_t , $(1 - B) X_t$ et $(1 - B) \log X_t$ pour 40 retards ($\tau = 40$) et proposez une spécification ARIMA de chacune des séries.
2. La base de données annuelles "*td_earthquakes.wf1*" (au format Eviews) couvre la période 1900 - 1998. Il s'agit du nombre de tremblements de terre (*earthquakes*) dans le monde dont l'intensité est supérieure à 7 sur l'échelle ouverte de Richter.
 - (a) Tracez les courbes de la série X_t , de la série des différences premières $(1 - B) X_t$ et de la série des taux de croissance $(1 - B) \log X_t$.
 - (b) Tracez les histogrammes et donnez les statistiques descriptives (moyenne, variance, min, max,) pour chacune des séries de la question 2.a).
 - (c) Déterminez les autocorrélations (ρ_τ) et les autocorrélations partielles ($\psi_{\tau\tau}$) de chaque série de la question 2.a) pour 20 retards ($\tau = 20$) et proposez une spécification ARIMA de chacune des séries.
3. La base de données annuelles "*td_rainfall_fortaleza.wf1*" (au format Eviews) couvre la période 1850 - 1979. Il s'agit des précipitations moyennes (en mm) à Fortaleza (Brésil) (*rainfall*).
 - (a) mêmes questions que pour l'exercice 2.
4. La base de données mensuelles "*td_boston_armed_robberies.wf1*" (au format Eviews) couvre la période jan/1966 - jan/1975. Il s'agit du nombre d'attaques à mains armées (*robberies*) à Boston (USA).
 - (a) Tracez les courbes de la série X_t , de la série des différences premières $(1 - B) X_t$, de la série des différences premières et saisonnières $(1 - B)(1 - B^{12}) X_t$ et de la série $(1 - B)(1 - B^{12}) \log X_t$.
 - (b) Tracez les histogrammes et donnez les statistiques descriptives (moyenne, variance, min, max,) pour chacune des séries de la question 4.a).

- (c) Déterminez les autocorrélations (ρ_τ) et les autocorrélations partielles ($\psi_{\tau\tau}$) de chaque série de la question 4.a) pour 36 retards ($\tau = 36$) et proposez une spécification ARIMA de chacune des séries.
5. La base de données mensuelles "*td_ventes_logements_anciens.wf1*" (au format Eviews) couvre la période jan/2001 - mars/2016. Il s'agit du nombre de ventes de logements anciens (*ventes*) en France.
- (a) mêmes questions que pour l'exercice 4.

TD-2. Modèles ARIMA et SARIMA

1. La base de données trimestrielles "*td.bts.france.wf1*" (au format Eviews) couvre la période 1990q1 - 2015q4. On considère le PIB français en millions d'euros courants (*pib*).
 - (a) Tracez la courbe représentative du PIB X_t , des différences premières $(1 - B)X_t$ et du taux de croissance $y_t = (1 - B) \log X_t$ sur l'ensemble de la période.
 - (b) Déterminez les autocorrélations (ρ_τ) et autocorrélations partielles ($\psi_{\tau\tau}$) des 3 séries pour 20 retards ($\tau = 20$).
 - (c) Choisissez une spécification ARMA pour y_t à partir de 1.b) et estimez ce modèle sur la période 1990q1-2014q4.
 - (d) A l'aide des autocorrélations des résidus sur 20 retards, vérifiez l'adéquation du modèle aux observations. Re-spécifiez et ré-estimez le modèle si vous pouvez l'améliorer.
 - (e) Tracez les courbes observée et estimée pour le niveau du PIB ainsi que l'intervalle de confiance à 95%.
 - (f) Déterminez les valeurs prévues du PIB (en niveau) pour la période 2015q1 - 2017q4. Tracez les courbes des valeurs observées et prévues ainsi que l'intervalle de prévision à 95%.
2. La base de données "*td.ford_motors_company.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Janv/06/1972 - Juin/22/2016. On considère le cours de clôture (*close*) de l'action Ford Motors Company au NYSE.
 - (a) Tracez les courbes de la série en niveau X_t et des rendements composés $y_t = (1 - B) \log X_t$ sur l'ensemble de la période.
 - (b) A partir des autocorrélations et autocorrélations partielles de la série y_t , spécifiez et estimez un modèle ARMA sur la période Janv/06/1972 - Mai/31/2016.
 - (c) A l'aide des autocorrélations des résidus, vérifiez l'adéquation du modèle aux observations. Re-spécifiez et ré-estimez le modèle si vous pouvez l'améliorer.
 - (d) Tracez les courbes observée et estimée pour le cours de clôture de l'action Ford ainsi que l'intervalle de confiance à 95%.
 - (e) Déterminez les valeurs prévues du cours de clôture de l'action Ford pour la période Juin/01/2016 - Dec/30/2016. Tracez les courbes des valeurs observées et prévues ainsi que l'intervalle de prévision à 95%.
3. La base de données mensuelles "*td.temperatures_paris_le_bourget.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Janv/1881 - Dec/1995. Il s'agit du relevé de température moyenne (en degrés Celsius) (*temperatures*) à la station météo Paris - Le Bourget.
 - (a) Tracez les courbes de la série en niveau X_t et des différences premières et saisonnières $y_t = (1 - B)(1 - B^{12})X_t$ sur l'ensemble de la période.

- (b) A partir des autocorrélations et autocorrélations partielles de la série y_t , spécifiez et estimez un modèle ARMA sur la période Janv/1881 - Dec/1994.
- (c) A l'aide des autocorrélations des résidus, vérifiez l'adéquation du modèle aux observations. Re-spécifiez et ré-estimez le modèle si vous pouvez l'améliorer.
- (d) Tracez les courbes observée et estimée pour le relevé de températures ainsi que l'intervalle de confiance à 95%.
- (e) Déterminez les valeurs prévues du relevé de températures pour la période Jan/1995 - Dec/1998. Tracez les courbes des valeurs observées et prévues ainsi que l'intervalle de prévision à 95%.

TD-3. Modèles ARIMA et SARIMA (suite)

1. La base de données mensuelles "*td_champagne.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Janv/1964 - Juillet/1972. Il s'agit des ventes de champagne Perrin Frères (en millions de francs) (*champagne_sales*).
 - (a) Tracez les courbes de la série en niveau X_t et des différences premières et saisonnières $y_t = (1 - B)(1 - B^{12}) \log X_t$ sur l'ensemble de la période.
 - (b) A partir des autocorrélations et autocorrélations partielles de la série y_t , spécifiez et estimez un modèle ARMA sur la période Janv/1964 - Dec/1971.
 - (c) A l'aide des autocorrélations des résidus, vérifiez l'adéquation du modèle aux observations. Re-spécifiez et ré-estimez le modèle si vous pouvez l'améliorer.
 - (d) Tracez les courbes observée et estimée pour les ventes de champagne ainsi que l'intervalle de confiance à 95%.
 - (e) Déterminez les valeurs prévues des ventes de champagne pour la période Jan/1972 - Dec/1973. Tracez les courbes des valeurs observées et prévues ainsi que l'intervalle de prévision à 95%.
2. La base de données mensuelles "*td_australian_imports_from_japan.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Juillet/1965 - Octobre/1993. Il s'agit des importations australiennes en provenance du Japon (en milliers de dollars australiens) (*imports*).
 - (a) Tracez les courbes de la série en niveau X_t et des différences premières et saisonnières $y_t = (1 - B)(1 - B^{12}) \log X_t$ sur l'ensemble de la période.
 - (b) A partir des autocorrélations et autocorrélations partielles de la série y_t , spécifiez et estimez un modèle ARMA sur la période Juillet/1965 - Mai/1993.
 - (c) A l'aide des autocorrélations des résidus, vérifiez l'adéquation du modèle aux observations. Re-spécifiez et ré-estimez le modèle si vous pouvez l'améliorer.
 - (d) Tracez les courbes observée et estimée pour les importations ainsi que l'intervalle de confiance à 95%.
 - (e) Déterminez les valeurs prévues des importations pour la période Juin/1993 - Dec/1995. Tracez les courbes des valeurs observées et prévues ainsi que l'intervalle de prévision à 95%.
3. La base de données "*td_walmart.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Août/25/1972 - Juin/22/2016. On considère le cours de clôture (*close*) de l'action Walmart au NYSE.
 - (a) Tracez les courbes de la série en niveau X_t et des rendements composés $r_t = (1 - B) \log X_t$ sur l'ensemble de la période.

- (b) A partir des autocorrélations et autocorrélations partielles de la série r_t , spécifiez et estimez un modèle ARMA sur la période Août/25/1972 - Mai/31/2016.
- (c) A l'aide des autocorrélations des résidus, vérifiez l'adéquation du modèle aux observations. Re-spécifiez et ré-estimez le modèle si vous pouvez l'améliorer.
- (d) Tracez les courbes observée et estimée pour le cours de clôture de l'action ainsi que l'intervalle de confiance à 95%.
- (e) Déterminez les valeurs prévues du cours de clôture de l'action pour la période Juin/01/2016 - Dec/30/2016. Tracez les courbes des valeurs observées et prévues ainsi que l'intervalle de prévision à 95%.
- (f) Mêmes questions que 3.a) à 3.e) pour les volumes échangés (*volume*).

TD 4 et TD 5 . Processus non stationnaires, extraction des cycles et tests de racine unitaire

1. La base de données trimestrielles "*td_bts_france.wf1*" (au format Eviews) couvre la période 1990q1 - 2015q4. On considère le PIB français (série X_t) en millions d'euros courants (*pib*).
 - (a) Estimez un modèle ARMA(1,1) sur la série $y_t = (1 - B) \log X_t$. On introduira en plus une constante et une variable indicatrice (*dummy_2008*) pour tenir compte de la crise de 2008.
 - (b) A partir de cette estimation et en utilisant la décomposition de Beveridge-Nelson, déterminez et tracez les composantes permanente, transitoire ainsi que le cycle économique. Interprétez.
 - (c) A l'aide du filtre d'Hodrick-Prescott, définissez et tracez le trend et le cycle pour la série X_t . On utilisera $\lambda = 1600$. Interprétez.
 - (d) Soient les séries en niveau X_t et en taux de croissance y_t . A l'aide des tests de Dickey-Fuller (ADF)¹ et de Phillips-Perron, tester les hypothèses de racine unitaire:
 - i. pour le modèle avec constante et tendance;
 - ii. pour le modèle avec constante et sans tendance;
 - iii. pour le modèle sans constante et sans tendance.
 - (e) A l'aide du test KPSS, et pour les séries en niveau X_t et en taux de croissance y_t , testez l'hypothèse de stationnarité
 - i. pour le modèle avec constante et tendance;
 - ii. pour le modèle avec constante et sans tendance.
2. Avec la même base de données, répondez aux questions 1.c) à 1.e) mais pour les variables taux de chômage au sens du BIT (*taux_chomage_bit*) et taux d'épargne des ménages (*taux_epargne_menage*).
3. La base de données "*td_hsbcb.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Juillet/16/1999 - Juin/22/2016. On considère le cours de clôture (*close*) de l'action HSBC.
 - (a) répondez aux questions 1.c) à 1.e) pour la série en niveau X_t et pour les rendements composés $y_t = (1 - B) \log X_t$.

TD 6 - Révision

¹On utilisera le critère AIC pour déterminer l'ordre optimal des spécifications.

TD 7 . Modèles ARCH

1. La base de données "*td_toyota_honda_nissan.wf1*" (au format Eviews) couvre la période 1/02/2003 - 9/22/2010. Elle contient les rendements composés (log returns) des actions TOYOTA (*toyota*), HONDA (*honda*) et NISSAN (*nissan*).

- (a) Tracez les courbes des séries *toyota* et *honda* sur l'ensemble de la période.
- (b) Tracez les histogrammes de ces deux séries et calculez les statistiques de Jarque-Bera. Qu'en déduisez-vous?
- (c) On estime par les moindres carrés, sur la période 1/02/2003 - 7/31/2010, la régression suivante:

$$toyota_t = \beta_0 + \beta_1 honda_{t-1} + \varepsilon_t$$

- i. A l'aide du test du multiplicateur de Lagrange, vérifier si le modèle accepte l'hypothèse d'effets ARCH(p) pour $p = 10$?
 - ii. Récupérez la série des carrés des résidus $\hat{\varepsilon}_t^2$ et calculez les auto-corrélations et autocorrélations partielles pour 20 retards
- (d) A l'aide du maximum de vraisemblance, estimez le modèle précédent en rajoutant:
- i. un ARCH(1);
 - ii. un GARCH(1,1);
 - iii. un EGARCH(1,1);
 - iv. un TGARCH(1,1) à un seuil;
 - v. un PGARCH(1,1);
 - vi. un CGARCH(1,1).
- (e) Interprétez les estimations. Quelle est selon vous la spécification la plus appropriée?
- (f) Tracez les courbes des variances d'erreur conditionnelles de chacun des modèles précédents.

2. La base de données "*td_walmart.wf1*" (au format Eviews) couvre la période 8/25/1972 - Juin/22/2016. On considère le cours de clôture (*close*) de l'action Walmart au NYSE.

- (a) Tracez les courbes de la série en niveau X_t et des rendements composés $r_t = (1 - B) \log X_t$ sur l'ensemble de la période.
- (b) On estime par les moindres carrés, sur la période 8/25/1972 - 4/30/2016, la régression suivante:

$$r_t = \beta_0 + \beta_1 r_{t-1} + \varepsilon_t$$

- i. A l'aide du test du multiplicateur de Lagrange, vérifier si le modèle accepte l'hypothèse d'effets ARCH(p) pour $p = 10$?

- ii. Récupérez la série des carrés des résidus $\hat{\varepsilon}_t^2$ et calculez les auto-corrélations et autocorrélations partielles pour 20 retards
- (c) A l'aide du maximum de vraisemblance, estimez le modèle précédent en rajoutant un EGARCH(1,1).
- (d) Tracez les courbes du cours de clôture observé et estimé ainsi que l'intervalle de confiance à 95%.
- (e) Tracez la courbe de la variance d'erreur conditionnelle.
- (f) Ré-écrivez le modèle sous la forme d'un TGARCH.
- (g) Pour un choc "standardisé" de 2 écarts-type, montrez que l'impact d'un choc négatif est plus important que celui d'un choc positif.
- (h) Déterminez les valeurs prévues du cours de clôture de l'action Walmart pour la période 5/01/2016 - 6/22/2016. Tracez les courbes des valeurs observées et prévues ainsi que les intervalles de prévision à 95%.

TD 8 . Cointégration: méthode d'Engle et Granger

1. La base de données trimestrielles "*td.bts_france.wf1*" (au format Eviews) couvre la période 1990q1 - 2015q4. On considère les variables suivantes: consommation des ménages (*consommation_menages*), PIB (*pib*), taux d'épargne des ménages (*s*) en pourcentage (*taux_epargne_menages*), indice des prix à la consommation (*indice_prix_consommation*) et indice de confiance des consommateurs (*indice_confiance_consommateur*). La consommation des ménages et le PIB sont exprimés en millions d'euros courants.

- (a) Créez les séries suivantes: consommation réelle (C_t) et pib réel (Y_t).
- (b) On utilise les variables en logarithmes: $\log C_t$, $\log Y_t$, $\log(s_t)$ et $\log(\text{confiance}_t)$.
- (c) Testez les hypothèses de racine unitaire sur ces 4 variables. Vérifiez qu'elles sont $I(1)$.
- (d) On estime, par les MCO, la fonction de consommation de long terme:

$$\log C_t = \beta_0 + \beta_1 \log Y_t + \beta_2 \log s_t + \beta_3 \log \text{confiance}_t + \beta_4 \text{dummy_2008} + \varepsilon_t$$

la variable indicatrice (*dummy_2008*) est introduite pour tenir compte de la crise de 2008.

- i. La régression est-elle cointégrée? On utilisera le test DF de cointégration.
- ii. Interprétez les coefficients estimés.
- iii. Tracez les courbes des séries de consommation réelle observée et estimée ainsi que la courbe des résidus.
- (e) On estime l'ECM associé:

$$\begin{aligned} \Delta \log C_t = & \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \log C_{t-1} + \alpha_2 \Delta \log Y_t + \alpha_3 \Delta \log Y_{t-1} \\ & + \alpha_4 \Delta \log s_t + \alpha_5 \Delta \log s_{t-1} + \alpha_6 \Delta \log \text{confiance}_t + \alpha_7 \Delta \log \text{confiance}_{t-1} \\ & + \alpha_8 \text{dummy_2008} + \hat{\varepsilon}_{t-1} \end{aligned}$$

où $\Delta x_t = x_t - x_{t-1}$.

- i. Interprétez la relation. Cette relation est-elle plausible?
- ii. Tracez les courbes des séries des taux de croissance de la consommation réelle observée et estimée ainsi que la courbe des résidus.
- (f) On estime l'ECM "à la Hendry":

$$\begin{aligned} \Delta_4 \log C_t = & \alpha_0 + \alpha_1 \Delta_4 \log C_{t-1} + \alpha_2 \Delta_4 \log Y_t + \alpha_3 \Delta_4 \log Y_{t-1} \\ & + \alpha_4 \Delta_4 \log s_t + \alpha_5 \Delta_4 \log s_{t-1} + \alpha_6 \Delta_4 \log \text{confiance}_t \\ & + \alpha_7 \Delta_4 \log \text{confiance}_{t-1} + \alpha_8 \text{dummy_2008} + \hat{\varepsilon}_{t-4} \end{aligned}$$

où $\Delta_4 x_t = x_t - x_{t-4}$.

- i. Interprétez la relation. Cette relation est-elle plus cohérente que celle estimée à la question 1.e) ?
- ii. Tracez les courbes des séries des taux de croissance de la consommation réelle observée et estimée ainsi que la courbe des résidus.

2. La base de données "td_ftse100_future.wf1" (au format Eviews) couvre la période Juillet/22/2015 - Juillet/06/2016. Elle concerne l'indice spot FTSE 100 (*ftse_100_spot*) (S_t) et l'indice FTSE 100 à terme (*ftse_100_future*) (F_t).

- (a) Tracez sur le même graphique les courbes de S_t et de F_t .
- (b) Tracez les histogrammes de $\log S_t$ et $\log F_t$. Calculez la statistique de Jarque-Bera pour les deux séries. Qu'en déduisez-vous?
- (c) Testez les hypothèses de racine unitaire pour $\log S_t$ et $\log F_t$. Vérifiez qu'elles sont $I(1)$
- (d) On estime, par les MCO, la relation entre l'indice spot et l'indice à terme:

$$\log S_t = \beta_0 + \beta_1 \log F_t + \varepsilon_t$$

- (e) La régression est-elle cointégrée? On utilisera le test DF de cointégration.
 - i. Interprétez les coefficients estimés.
 - ii. Tracez les courbes des séries observée et estimée de l'indice spot ainsi que la courbe des résidus.
- (f) On estime l'ECM associé:

$$\Delta \log S_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \log S_{t-1} + \alpha_2 \Delta \log F_t + \alpha_3 \Delta \log F_{t-1} + \hat{\varepsilon}_{t-1}$$

où $\Delta x_t = x_t - x_{t-1}$.

- i. Interprétez la relation.
- ii. Tracez les courbes des séries observée et estimée du rendement de l'indice spot ($\Delta \log S_t$) ainsi que la courbe des résidus.

TD 9 . Processus VAR, VECM, causalité et réponses impulsionnelles

La base de données "*td_ftse100_future.wf1*" (au format Eviews) couvre la période Juillet/22/2015 - Juillet/06/2016. Elle concerne l'indice spot FTSE 100 (*ftse_100_spot*) (S_t) et l'indice FTSE 100 à terme (*ftse_100_future*) (F_t).

1. A l'aide d'un VAR(4) pour le couple $[\Delta \log S_t, \Delta \log F_t]$, testez les relations de causalité "à la Granger". Que concluez-vous?
2. On souhaite estimer un processus $VAR(p)$ pour le couple $[\Delta \log S_t, \Delta \log F_t]$.
 - (a) A l'aide du critère AIC, déterminer l'ordre optimal p^* de p .
 - (b) Estimez le modèle $VAR(p^*)$.
 - (c) Vérifiez la stationnarité du modèle. Représentez, sur le disque unité du plan complexe, l'inverse des racines du polynôme caractéristique AR.
 - (d) Calculez les autocorrélations et les corrélations croisées des résidus pour 10 retards. Interprétez les graphiques de ces corrélations.
 - (e) Tracez les courbes des résidus du modèle.
 - (f) Tracez les courbes des séries observées (S_t et F_t) et estimées ainsi que leur intervalles de confiance à 95%.
 - (g) Calculez et interprétez les fonctions de réponses impulsionnelles pour un horizon de 10 périodes.
 - (h) Calculez et interprétez les proportions de variance d'erreur de prévision captées par les innovations (schéma d'orthogonalisation) pour un horizon de 10 périodes.
3. On estime un VECM(4) avec une seule relation de cointégration.
 - (a) Ecrivez la relation d'équilibre avec les coefficients et écarts-type estimés. Interprétez cette relation.
 - (b) Interprétez les paramètres d'ajustement du VECM.
 - (c) Calculez les vitesses moyennes de convergence de S_t et de F_t vers leur équilibres de long terme.
 - (d) Calculez les autocorrélations et les corrélations croisées des résidus pour 10 retards. Interprétez les graphiques de ces corrélations.
 - (e) Tracez les courbes des résidus du modèle.
 - (f) Tracez la courbe de l'erreur d'équilibre.
 - (g) Tracez les courbes des séries observées (S_t et F_t) et estimées ainsi que leur intervalles de confiance à 95%.
 - (h) Calculez et interprétez les fonctions de réponses impulsionnelles pour un horizon de 10 périodes.
 - (i) Calculez et interprétez les proportions de variance d'erreur de prévision captées par les innovations (schéma d'orthogonalisation) pour un horizon de 10 périodes.

- (j) Comparez les résultats du VAR et du VECM. Quelle est selon vous la spécification la mieux adaptée?

TD 10 - Révision