

# Économétrie

**Régis Bourbonnais**

***10<sup>e</sup> édition***

**Cours complet**

**Nombreux exemples**

**Applications corrigées sous Excel,  
Eviews, Gretl ou Stata**

**DUNOD**

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique

s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2018  
11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff  
www.dunod.com  
ISBN 978-2-10-077345-9

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

# Table des matières

<b>Avant-propos</b>	<b>XI</b>
<b>1 Qu'est-ce que l'économétrie ?</b>	<b>1</b>
Section 1 La notion de modèle	2
1. Définition	2
2. La construction des modèles en économétrie	2
Section 2 Le rôle de l'économétrie	5
1. L'économétrie comme validation de la théorie	5
2. L'économétrie comme outil d'investigation	5
Section 3 La théorie de la corrélation	6
1. Présentation générale	6
2. Mesure et limite du coefficient de corrélation	8
<b>2 Le modèle de régression simple</b>	<b>13</b>
Section 1 Présentation du modèle	14
1. Exemple introductif	14
2. Rôle du terme aléatoire	15
3. Conséquences du terme aléatoire	17
Section 2 Estimation des paramètres	18
1. Modèle et hypothèses	18
2. Formulation des estimateurs	18
3. Les différentes écritures du modèle : erreur et résidu	22
4. Propriétés des estimateurs	22

Section 3	Conséquences des hypothèses : construction des tests	25
	1. Hypothèse de normalité des erreurs	25
	2. Conséquences de l'hypothèse de normalité des erreurs	25
	3. Test bilatéral, test unilatéral et probabilité critique d'un test	29
Section 4	Équation et tableau d'analyse de la variance	35
	1. Équation d'analyse de la variance	35
	2. Tableau d'analyse de la variance	36
Section 5	La prévision dans le modèle de régression simple	41

### **3 Le modèle de régression multiple 51**

Section 1	Le modèle linéaire général	52
	1. Présentation	52
	2. Forme matricielle	52
Section 2	Estimation et propriétés des estimateurs	53
	1. Estimation des coefficients de régression	53
	2. Hypothèses et propriétés des estimateurs	56
	3. Équation d'analyse de la variance et qualité d'un ajustement	58
Section 3	Les tests statistiques	63
	1. Le rôle des hypothèses	63
	2. Construction des tests	64
	3. Tests sur les résidus : valeur anormale, effet de levier et point d'influence	66
Section 4	L'analyse de la variance	72
	1. Construction du tableau d'analyse de la variance et test de signification globale d'une régression	72
	2. Autres tests à partir du tableau d'analyse de la variance	74
	3. Généralisation des tests par analyse de la variance	80
Section 5	L'utilisation de variables indicatrices	81
	1. Constitution et finalités des variables indicatrices	81
	2. Exemples d'utilisation	82
Section 6	La prévision à l'aide du modèle linéaire général et la régression récursive	88
	1. Prédiction conditionnelle	88
	2. Fiabilité de la prévision et intervalle de prévision	89
	3. Les tests de stabilité par la régression récursive	92
	4. Le test de spécification de Ramsey	93

Section 7	Exercices récapitulatifs	97
	<i>Annexe</i>	111
	1. Interprétation géométrique de la méthode des moindres carrés	111
	2. Résolution de l'exercice 1 par des logiciels informatiques de régression multiple	112
	3. Estimation de la variance de l'erreur	114
<b>4</b>	<b>Multicolinéarité et sélection du modèle optimal</b>	<b>115</b>
Section 1	Corrélation partielle	116
	1. Exemple introductif	116
	2. Généralisation de la notion de corrélation partielle	116
Section 2	Relation entre coefficients de corrélation simple, partielle et multiple	121
Section 3	Multicolinéarité : conséquences et détection	122
	1. Conséquences de la multicolinéarité	123
	2. Tests de détection d'une multicolinéarité	124
	3. Comment remédier à la multicolinéarité ?	128
Section 4	Sélection du modèle optimal	128
<b>5</b>	<b>Problèmes particuliers : la violation des hypothèses</b>	<b>135</b>
Section 1	L'autocorrélation des erreurs	136
	1. Présentation du problème	136
	2. L'estimateur des Moindres Carrés Généralisés (MCG)	137
	3. Les causes et la détection de l'autocorrélation des erreurs	138
	4. Les procédures d'estimation en cas d'autocorrélation des erreurs	145
Section 2	L'hétéroscédasticité	153
	1. Présentation du problème	153
	2. Correction de l'hétéroscédasticité	155
	3. Tests de détection de l'hétéroscédasticité	159
	4. Autre test d'hétéroscédasticité : le test ARCH	165
Section 3	Modèles à erreurs sur les variables	166
	1. Conséquences lorsque les variables sont entachées d'erreurs	166
	2. La méthode des variables instrumentales	167
	3. Le test d'exogénéité d'Hausman	168
	4. La méthode des moments généralisée	169

<b>6</b>	<b>Les modèles non linéaires</b>	<b>179</b>
Section 1	Les différents types de modèles non linéaires	180
	1. Les fonctions de type exponentiel	180
	2. Les modèles de diffusion	183
Section 2	Méthodes d'estimation des modèles non linéaires	184
	1. Initiation aux méthodes d'estimation non linéaires	184
	2. Exemples d'application	186
<b>7</b>	<b>Les modèles à décalages temporels</b>	<b>191</b>
Section 1	Les modèles linéaires autorégressifs	192
	1. Formulation générale	192
	2. Test d'autocorrélation et méthodes d'estimation	193
Section 2	Les modèles à retards échelonnés	198
	1. Formulation générale	198
	2. Détermination du nombre de retards	199
	3. Distribution finie des retards	203
	4. Distribution infinie des retards	208
Section 3	Deux exemples de modèles dynamiques	214
	1. Le modèle d'ajustement partiel	214
	2. Le modèle d'anticipations adaptatives	215
<b>8</b>	<b>Introduction aux modèles à équations simultanées</b>	<b>235</b>
Section 1	Équations structurelles et équations réduites	236
	1. Exemple introductif	236
	2. Le modèle général	238
Section 2	Le problème de l'identification	239
	1. Restrictions sur les coefficients	239
	2. Conditions d'identification	239
Section 3	Les méthodes d'estimation	241
	1. Les moindres carrés indirects	241
	2. Les doubles moindres carrés	241
	3. Autres méthodes d'estimation	242
	<i>Annexe</i>	255
	<i>Identification : les conditions de rang</i>	255

<b>9</b>	<b>Éléments d'analyse des séries temporelles</b>	<b>257</b>
Section 1	Stationnarité	258
	1. Définition et propriétés	258
	2. Fonctions d'autocorrélation simple et partielle	258
	3. Tests de « bruit blanc » et de stationnarité	260
Section 2	La non-stationnarité et les tests de racine unitaire	263
	1. La non-stationnarité : les processus TS et DS	263
	2. Les tests de racine unitaire et la stratégie séquentielle de test	267
Section 3	Les modèles ARIMA	276
	1. Typologie des modèles AR, MA et ARMA	276
	2. L'extension aux processus ARIMA et SARIMA	279
Section 4	La méthode de Box et Jenkins	280
	1. Recherche de la représentation adéquate : l'identification	280
	2. Estimation des paramètres	281
	3. Tests d'adéquation du modèle et prévision	282
<b>10</b>	<b>La modélisation VAR</b>	<b>297</b>
Section 1	Représentation d'un modèle VAR	298
	1. Exemple introductif	298
	2. La représentation générale	299
	3. La représentation ARMAX	301
Section 2	Estimation des paramètres	301
	1. Méthode d'estimation	301
	2. Détermination du nombre de retards	302
	3. Prévision	302
Section 3	Dynamique d'un modèle VAR	308
	1. Représentation VMA d'un processus VAR	308
	2. Analyse et orthogonalisation des « chocs »	308
	3. Décomposition de la variance	312
	4. Choix de l'ordre de décomposition	312
Section 4	La causalité	316
	1. Causalité au sens de Granger	316
	2. Causalité au sens de Sims	317

<b>11</b>	<b>La cointégration et le modèle à correction d'erreur</b>	<b>321</b>
Section 1	Exemples introductifs	322
	1. Premier exemple	322
	2. Deuxième exemple	323
Section 2	Le concept de cointégration	324
	1. Propriétés de l'ordre d'intégration d'une série	324
	2. Conditions de cointégration	326
	3. Le modèle à correction d'erreur (ECM)	326
Section 3	Cointégration entre deux variables	327
	1. Test de cointégration entre deux variables	328
	2. Estimation du modèle à correction d'erreur	328
Section 4	Généralisation à $k$ variables	331
	1. La cointégration entre $k$ variables	332
	2. Estimation du modèle à correction d'erreur	333
	3. Le modèle à correction d'erreur vectoriel	333
	4. Tests de relation de cointégration	335
	5. Test d'exogénéité faible	338
	6. Synthèse de la procédure d'estimation	339
<b>12</b>	<b>Introduction à l'économétrie des variables qualitatives</b>	<b>345</b>
Section 1	Les problèmes et les conséquences de la spécification binaire	346
Section 2	Les modèles de choix binaires	348
	1. Le modèle linéaire sur variable latente	348
	2. Les modèles Probit et Logit	349
	3. Interprétation des résultats et tests statistiques	351
Section 3	Les modèles à choix multiples	356
	1. Les modèles Probit et Logit ordonnés	357
	2. Le modèle de choix multiples non ordonné : le Logit multinomial	361
Section 4	Les modèles à variable dépendante limitée : le modèle Tobit	363
	1. Le modèle Tobit simple : modèle de régression tronqué ou censuré	364
	2. Estimation et interprétation des résultats	366



<b>13</b>	<b>Introduction à l'économétrie des données de panel</b>	<b>371</b>
Section 1	Présentation des modèles à données de panel	372
	1. Spécificités des données de panel	372
	2. La méthode SUR	373
	3. Le modèle linéaire simple	374
Section 2	Les tests d'homogénéité	375
	1. Procédure séquentielle de tests	375
	2. Construction des tests	376
Section 3	Spécifications et estimations des modèles à effets individuels	381
	1. Le modèle à effets fixes individuels	381
	2. Le modèle à effets aléatoires	383
	3. Effets fixes ou effets aléatoires ? Le test d'Hausman	384
	<b>Liste des exercices</b>	<b>388</b>
	<b>Tables statistiques</b>	<b>391</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>399</b>
	<b>Index</b>	<b>402</b>



# Avant-propos

Cette dixième édition, gage que ce livre répond à un besoin constant des étudiants, marque la volonté d'une mise à jour permanente de ce manuel tant sur le plan des concepts de l'économétrie moderne que des applications, tout en lui conservant son aspect très pédagogique. Dans cette nouvelle édition nous avons intégré de manière systématique les logiciels Gretl et Stata dans la correction des exercices à l'aide des fichiers « script » de commandes.

Ce livre couvre tous les champs de l'économétrie : régression simple et multiple, violation des hypothèses (hétéroscédasticité, autocorrélation des erreurs, variables explicatives aléatoires), modèle à décalage, analyse des séries temporelles, tests de racine unitaire, équations multiples, VAR, cointégration, VECM, économétrie des variables qualitatives et des données de panel...

Sur l'ensemble de ces thèmes, ce livre vous propose un cours, des exercices corrigés, et une présentation des logiciels d'économétrie les plus répandus. Souhaitons qu'il corresponde à votre attente.

En effet, nous avons voulu, par une alternance systématique de cours et d'exercices, répondre à un besoin pédagogique qui est de mettre rapidement en pratique les connaissances théoriques et ainsi, d'utiliser de manière opérationnelle les acquis du cours ; les exercices sont repérés grâce à un bandeau grisé. De surcroît, le recours à des logiciels<sup>1</sup>, lors de la résolution des exercices, permet une découverte de ces outils et donne une dimension pratique que recherchent l'étudiant et le praticien.


---

1. Quatre logiciels sont utilisés : EXCEL (copyright Microsoft), Eviews (copyright Quantitative Micro Software), Stata (copyright StataCorp.) et Gretl. Nous recommandons particulièrement le logiciel Gretl (<http://gretl.sourceforge.net/>) qui est un logiciel d'économétrie gratuit, complet et très facile d'apprentissage.

Afin que le lecteur puisse lui-même refaire les exercices, les données utilisées (sous format Excel, Eviews, Gretl et Stata) ainsi que les programmes de traitement de Eviews (extension .prg) ou de Gretl (extension .INP) sont disponibles par téléchargement sur le serveur web.

Les corrigés des exercices et les données sous format Stata ont été réalisés par Dalila Chenaf-Nicet, maître de conférences en économie à l'Université de Bordeaux, et sont disponibles également par téléchargement sur le site web :

**<http://regisbourbonnais.dauphine.fr>**

Pour chaque exercice faisant appel à un fichier de données, le nom du fichier est cité en tête de l'exercice et repéré par l'icône suivante : .

Nous avons voulu faire de ce manuel un livre d'apprentissage facilement accessible ; c'est pourquoi les démonstrations les plus complexes font l'objet de renvois à une bibliographie plus spécialisée. Cependant, il convient de préciser que l'économétrie fait appel à des notions d'algèbre linéaire et d'induction statistique qu'il est souhaitable de connaître.

Dans le terme « économétrie » figure la racine du mot « économie » car son utilisation est surtout destinée à des fins de traitement de données économiques ; cependant, d'autres domaines tels que la finance, la recherche agronomique, la médecine, etc., font maintenant le plus souvent appel à ces techniques.

Ce livre s'adresse en premier lieu aux étudiants (sciences économiques, gestion, écoles de commerce et d'ingénieurs, etc.) dont la formation requiert une connaissance de l'économétrie. Gageons qu'il sera un support de cours indispensable et un allié précieux pour préparer les séances de travaux dirigés.

N'oublions pas cependant le praticien de l'économétrie (économiste d'entreprise, chercheur, etc.) qui, confronté à des problèmes d'estimation statistique, trouvera dans ce livre les réponses pratiques aux différentes questions qu'il peut se poser.

Enfin, j'exprime toute ma gratitude à toutes les personnes – collègues et étudiants – qui ont eu la gentillesse de me faire des commentaires et dont les conseils et suggestions contribuent à la qualité pédagogique de ce livre. Je reste, bien entendu, le seul responsable des erreurs qui subsisteraient<sup>1</sup>.

---

1. Les lecteurs souhaitant faire des commentaires ou des remarques peuvent me contacter : Régis Bourbonnais, université de Paris-Dauphine, place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75775 Paris Cedex 16, E-mail : regis.bourbonnais@dauphine.fr