

# SOMMAIRE

## PARTIE I ÉLÉMENTS DE PROBABILITÉ ET DE STATISTIQUE 1

### 1 Nature de la statistique 3

- 1-1 Echantillonnage au hasard :  
un sondage politique 4
  - 1-2 Expériences aléatoires : test  
de l'influence d'une habitude  
hospitalière 11
  - 1-3 Etudes empiriques ou expériences  
aléatoires 16
  - 1-4 Sommaire rapide de l'ouvrage 23
- Chapitre 1 Résumé 23

### 2 Statistique descriptive 28

- 2-1 Tableaux et diagrammes  
des fréquences 29
  - 2-2 Centre d'une distribution 36
  - 2-3 Dispersion d'une distribution 45
  - 2-4 Statistiques sur ordinateur 52
  - 2-5 Transformations linéaires 54
  - 2-6 Calculs utilisant les fréquences  
relatives 56
  - 2-7 Du bon et mauvais usage des graphes 61
- Chapitre 2 Résumé 73

### 3 Probabilités 78

- 3-1 Introduction 79
  - 3-2 Modèles de probabilité 82
  - 3-3 Événements composés 90
  - 3-4 Probabilités conditionnelles 96
  - 3-5 Indépendance 100
  - 3-6 Théorème de Bayes :  
l'arbre inversé 104
  - 3-7 Autres conceptions des probabilités 110
- Chapitre 3 Résumé 116

### 4 Distributions de probabilité 122

- 4-1 Variables aléatoires discrètes 123
- 4-2 Moyenne et variance 126

- 4-5 La loi normale 142
  - 4-6 Fonction d'une variable aléatoire 150
  - 4-7 Espérance mathématique  
dans un mécanisme d'enchères 157
- Chapitre 4 Résumé 164

### 5 Couple de variables aléatoires 172

- 5-1 Distributions 173
  - 5-2 Fonction de deux variables  
aléatoires 180
  - 5-3 Covariance 185
  - 5-4 Combinaison linéaire de deux variables  
aléatoires 191
- Chapitre 5 Résumé 198
- Problèmes de révision  
des Chapitres 1 à 5 203

## PARTIE II L'INFÉRENCE STATIS- TIQUE (MOYENNES ET PROPORTIONS) 210

### 6 L'échantillonnage 211

- 6-1 L'échantillonnage aléatoire 212
  - 6-2 Moments de la moyenne  
de l'échantillon 220
  - 6-3 La forme de la distribution  
d'échantillonnage 224
  - 6-4 Les proportions 232
  - \* 6-5 L'échantillonnage dans le cas  
d'une petite population 242
  - \* 6-6 Monte Carlo 245
- Chapitre 6 Résumé 254

### 7 L'estimation ponctuelle 260

- 7-1 Populations et échantillons 261
- 7-2 Propriétés souhaitables  
des estimateurs (efficacité  
des estimateurs sans biais) 262

- \* 7-4 La consistance 275
- Chapitre 7 Résumé 279

## 8 L'estimation par intervalle 285

- 8-1 La moyenne simple 286
- 8-2 Le  $t$  pour les petits échantillons 295
- 8-3 Différence entre deux moyennes, échantillons indépendants 299
- 8-4 Différence entre deux moyennes, échantillons appariés 303
- 8-5 Les proportions 309
- 8-6 Le Bootstrap (la méthode du va-et-vient) 313
- Chapitre 8 Résumé 319

## 9 Tests d'hypothèses 326

- 9-1 Les tests d'hypothèses par intervalles de confiance 327
- 9-2 Probabilité critique (unilatérale) 333
- 9-3 Tests d'hypothèses classiques 341
- \* 9-4 Nouvelle approche des tests classiques 349
- \* 9-5 Courbe des caractéristiques opérationnelles (CCO) 354
- \* 9-6 Tests bilatéraux 358
- Chapitre 9 Résumé 365

## 10 Analyse de variance (ANOVA) 369

- 10-1 Analyse de variance à un facteur 370
- 10-2 Analyse de variance à deux facteurs 383
- 10-3 Intervalles de confiance 391
- Chapitre 10 Résumé 395
- Problèmes de révision des Chapitres 6 à 10 399

## PARTIE III RÉGRESSION : RELATION ENTRE DEUX OU PLUSIEURS VARIABLES 406

### 11 L'ajustement linéaire 407

- 11-1 Introduction 408
- 11-2 Les moindres carrés ordinaires (MCO) 410

### 12 La régression simple 423

- 12-1 Le modèle de régression 424
- 12-2 Variabilité due aux fluctuations d'échantillonnage 428
- 12-3 Intervalles de confiance et test pour  $\beta$  432
- 12-4 Prédiction de  $Y$  pour une valeur donnée de  $X$  437
- 12-5 Extensions du modèle 442
- Chapitre 12 Résumé 445

### 13 La régression multiple 451

- 13-1 Pour quelles raisons on utilise la régression multiple 452
- 13-2 Le modèle de régression multiple et son ajustement par les MCO 456
- 13-3 Intervalles de confiance et tests statistiques 463
- 13-4 Les facteurs de régression considérés comme des multiplicateurs 468
- \* 13-5 Comparaison de la régression simple et de la régression multiple 475
- \* 13-6 Analyse des chemins 483
- Chapitre 13 Résumé 487
- Problèmes de révision 488

### 14 Extensions de la régression 493

- 14-1 Les variables muettes (0-1) 494
- 14-2 Analyse de la variance (ANOVA) à l'aide de la régression 505
- 14-3 Régression linéaire dans les cas les plus simples 511
- \* 14-4 La non-linéarité résolue grâce aux logarithmes 513
- \* 14-5 Diagnostic à partir des résidus 524
- Chapitre 14 Résumé 529

### 15 Corrélation 538

- 15-1 Corrélation simple 539
- 15-2 Corrélation et régression 547
- 15-3 Les deux droites de régression 555
- 15-4 La corrélation dans la régression multiple 562
- 15-5 La multicollinéarité 568
- Chapitre 15 Résumé 574
- Problèmes de révision des Chapitres 11 à 15 580

**12 La régression simple 423**

- 12-1 Le modèle de régression 424  
 12-2 Variabilité due aux fluctuations d'échantillonnage 428  
 12-3 Intervalles de confiance et test pour  $\beta$  432  
 12-4 Prédiction de Y pour une valeur donnée de X 437  
 12-5 Extensions du modèle 442  
 Chapitre 12 Résumé 445

**13 La régression multiple 451**

- 13-1 Pour quelles raisons on utilise la régression multiple 452  
 13-2 Le modèle de régression multiple et son ajustement par les MCO 456  
 13-3 Intervalles de confiance et tests statistiques 463  
 13-4 Les facteurs de régression considérés comme des multiplicateurs 468  
 \* 13-5 Comparaison de la régression simple et de la régression multiple 475  
 \* 13-6 Analyse des chemins 483  
 Chapitre 13 Résumé 487  
 Problèmes de révision 488

**14 Extensions de la régression 493**

- 14-1 Les variables muettes (0-1) 494  
 14-2 Analyse de la variance (ANOVA) à l'aide de la régression 505  
 14-3 Régression linéaire dans les cas les plus simples 511  
 \* 14-4 La non-linéarité résolue grâce aux logarithmes 513  
 \* 14-5 Diagnostic à partir des résidus 524  
 Chapitre 14 Résumé 529

**15 Corrélation 538**

- 15-1 Corrélation simple 539  
 15-2 Corrélation et régression 547  
 15-3 Les deux droites de régression 555  
 15-4 La corrélation dans la régression multiple 562  
 15-5 La multicolinéarité 568  
 Chapitre 15 Résumé 574  
 Problèmes de révision des Chapitres 11 à 15 580

**PARTIE IV INFÉRENCE CLASSIQUE ET INFÉRENCE BAYÉSIENNE****16 Statistiques non paramétriques et statistiques robustes (la connaissance du chapitre 9 est nécessaire) 585**

- 16-1 Introduction : moyenne ou médiane ? 586  
 16-2 Tests des signes sur les médianes 586  
 16-3 Intervalle de confiance pour la médiane 591  
 16-4 Le test de Wilcoxon sur les rangs 594  
 16-5 Les tests sur les rangs : cas général 598  
 16-6 Test des séquences, pour tester l'indépendance 602  
 16-7 Statistiques robustes : tronquage et pondération 605  
 Chapitre 16 Résumé 615

**17 Tests du Khi-deux (la connaissance du chapitre 9 est nécessaire) 620**

- 17-1 Tests du  $\chi^2$  pour multinomiales : qualité d'un ajustement 621  
 17-2 Tests du  $\chi^2$  d'indépendance : tableaux de contingence 627  
 Chapitre 17 Résumé 634

**\*18 Estimation par la méthode du maximum de vraisemblance (la connaissance du chapitre 7 est nécessaire) 637**

- 18-1 Introduction 638  
 18-2 EMV pour quelques cas familiers 640  
 18-3 EMV d'une distribution uniforme 646  
 18-4 L'EMV : cas général 650  
 Chapitre 18 Résumé 653

**\*19 Inférence bayésienne (la connaissance du chapitre 8 est nécessaire) 656**

- 19-1 Distributions *a posteriori* 657  
 19-2 La proportion de la population 663  
 19-3 La moyenne  $\mu$  dans un modèle

- 19-6 Comparaison des estimations classique et bayésienne 693  
 Chapitre 19 Résumé 693

**\*20 Théorie de la décision bayésienne (la connaissance du chapitre 19 est nécessaire) 699**

- 20-1 En maximisant le gain (ou minimisant la perte) 700  
 20-2 Prise de décision par estimation ponctuelle 708  
 20-3 Comparaison des statistiques classiques et bayésiennes 713  
 Chapitre 20 Résumé 716  
 Problèmes de révision 717

**PARTIE V QUELQUES SUJETS PARTICULIERS POUR L'ÉCONOMIE ET LA GESTION 720****\*21 Arbres de décision (la connaissance du chapitre 13 est nécessaire) 721**

- 21-1 Les composantes de l'arbre de décision 722  
 21-2 Révisions des probabilités : le théorème de Bayes 732  
 21-3 Utilisation de la théorie de l'utilité en cas d'aversion pour le risque 738  
 Chapitre 21 Résumé 743  
 Problèmes de révision 744

**22 Nombres indices 751**

- 22-1 Indices de prix 752  
 22-2 Autres indices 756  
 22-3 Indices utilisés dans la pratique 760  
 Chapitre 22 Résumé 765  
 Problèmes de révision 766

**\*23 Méthodes de sondage (la connaissance du chapitre 8 est nécessaire) 768**

## 24 Les séries chronologiques (la connaissance du chapitre 15 est nécessaire) 784

- 24-1 Les deux composantes caractéristiques d'une série chronologique 785
  - 24-2 La décomposition et la prévision fondées sur la régression 788
  - 24-3 Une décomposition traditionnelle : le rapport à la moyenne mobile 799
  - 24-4 La prévision par le lissage exponentiel 805
  - 24-5 La prévision d'après les modèles « Box-Jenkins » 807
  - \*24-6 La corrélation des termes de la série et les moindres carrés généralisés (MCG) 808
- Chapitre 24 Résumé 814

## \*25 Equations simultanées 818

- 25-1 Introduction : les biais dans les MCO 819
  - 25-2 Le remède : les variables instrumentales (VI) 824
  - 25-3 Les doubles moindres carrés (DMC) 828
- Chapitre 25 Résumé 832

## \*Appendices 835

- 2-2 Le calcul précis de la médiane 836
- 2-5 Les effets d'une transformation linéaire 836
- 3-7 Les axiomes mathématiques de la théorie des probabilités 837
- 4-2 Une formule plus pratique pour exprimer  $\sigma^2$  : démonstration 837
- 4-3 Formule de la loi binomiale : démonstration 837
- 4-4 Calculs pour les distributions continues 840
- 5-3 L'indépendance implique la non-corrélation : démonstration 840
- 6-3 Le théorème central limite 841
- 6-4 La correction de continuité : explication graphique 842
- 7-2 Ecart type de  $X$  842
- 7-4 Consistance : définition précise 843
- 8-3 L'écart type de  $(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$  : démonstration 843
- 8-5 Intervalle de confiance pour

- 10-2 Analyse de la variance à deux facteurs : démonstration 846
- 10-3 L'ANOVA est beaucoup plus simple qu'un test sur  $H_0$  846
- 11-1 Droites et plans 847
- 11-2 Formules des moindres carrés : démonstrations 849
- 12-2 Calcul des moments de  $b$  850
- 12-3 Comment choisir un test unilatéral et un test bilatéral 852
- 12-4 Intervalles de confiance à partir de  $X_0$  : démonstration 853
- 13-2 Solution d'un système d'équations simultanées 854
- 13-5 Relation directe plus relation indirecte : démonstration 855
- 14-4 Logarithme d'une équation de régression avec une erreur sous forme multiplicative 855
- 15-1 La corrélation définie au Chapitre 15 est identique à celle définie au Chapitre 5 856
- 15-2 ANOVA et  $r^2$  : démonstration 856
- 18-2 EMV dans quelques cas familiers : démonstrations 857
- 19-2 Intervalle de confiance bayésien pour : démonstration 859
- 19-3 Distribution *a posteriori* de  $\mu$  lorsque la loi est normale : démonstration 860
- 19-4 Distribution *a posteriori* de  $\beta$  dans la régression normale : démonstration 860
- 19-5 Réduction de l'amplitude des intervalles de confiance par la méthode bayésienne 861
- 24-2 Corrélation des séries et test de Durbin-Watson 861
- 24-3 Moyennes mobiles dans le cas général 862
- 24-4 Lissage exponentiel : démonstration 863
- 24-5 Prévisions utilisant les modèles de Box et Jenkins 863

**Tables 865**

**Références 881**

**Réponses aux problèmes numérotés impairs 887**

**Glossaire**