



# TABLE DES MATIÈRES

Avant propos	V
--------------	---

<b>1</b>	MÉTHODES DE COLLECTES DE DONNÉES	1
----------	----------------------------------	---

Section 1	Modes de collectes de données primaires ou secondaires	1
	1 Données primaires <i>versus</i> secondaires	1
	2 Collecte des données primaires	2
Section 2	Élaboration d'un questionnaire	4
	1 Analyse du problème étudié	4
	2 Nature des questions	4
	3 Catégories de questions fermées	5
	4 Ordre des questions et pré-test	10
	5 L'administration du questionnaire	10
Section 3	Saisie de données avec les logiciels Excel et SPSS	11
	1 Traitement avec Excel	13
	2 Traitement avec SPSS	15

<b>2</b>	SÉRIES STATISTIQUES SIMPLES	19
----------	-----------------------------	----

Section 1	Définitions	20
	1 La statistique	20
	2 Variable statistique	20
	3 Série statistique	21
Section 2	Présentation d'une série statistique de variable discrète	22
	1 Distribution présentée sous forme de tableau et de graphe	22
	2 Fonction de répartition de la variable statistique $x$	24
	3 Valeurs caractéristiques d'une répartition	27

Section 3	Description d'une série statistique issue d'une variable continue	30
	1 Représentation de la distribution sous forme de tableau et de graphe	31
	2 Fonction de répartition associée à une distribution en classes	34
	3 Valeurs caractéristiques de la répartition	36
Section 4	Indicateurs de tendance centrale	38
	1 Moyenne arithmétique $\bar{x}$	38
	2 Autres moyennes usuelles	39
	3 Le mode	40
Section 5	Indicateurs de dispersion	41
	1 La dispersion en termes d'écart moyen	42
	2 La dispersion en termes d'intervalles	44
Section 6	Indicateurs de forme	45
	1 Coefficients d'asymétrie et d'aplatissement	45
	2 Coefficients de dispersion relative de la distribution	45
Section 7	Représentations graphiques	46
	1 Diagramme circulaire	46
	2 Diagramme en barres	46
Section 8	Indicateurs de concentration	47
	1 Courbe de Lorenz	49
	2 Médiale	50
	3 Indices de concentration	51
Section 9	Analyses statistiques avec Excel et SPSS	52
	1 Traitements avec Excel	52
	2 Traitements avec SPSS	57

3	LES SÉRIES STATISTIQUES DOUBLES	62
---	---------------------------------	----

Section 1	Séries doubles à indices simples	63
Section 2	Séries doubles à doubles indices	64
	1 Cas de variables discrètes	64
	2 Cas mixte de variable discrète et continue	69
Section 3	Ajustement linéaire par la méthode des moindres carrés	70
	1 Série double à indice simple	71
	2 Série double à deux indices	74
Section 4	Ajustements non linéaires de séries doubles	76
	1 Ajustement logarithmique	76
	2 Ajustement exponentiel	76
Section 5	Analyses statistiques avec Excel	77

4	ANALYSE INDICIAIRE DE SÉRIES TEMPORELLES	80
---	--	----

Section 1	Les indices simples	81
	1 Indices simples de prix et de volume	81
	2 Propriétés des indices simples	82

Section 2	Les indices synthétiques	83
	1 Indices de volumes	83
	2 Indices de prix	84

## 5 ANALYSE DES SÉRIES CHRONOLOGIQUES 87

Section 1	Les composantes d'une série chronologique	88
Section 2	Les modèles de décomposition	89
Section 3	Déterminations des composantes temporelles par méthodes empiriques	90
	1 Méthode de la moyenne mobile	91
	2 Méthode des pourcentages au trend	94
Section 4	Désaisonnalisation par la méthode analytique de Buys-Ballot	94
	1 Modèle additif	94
	2 Modèle multiplicatif à trend exponentiel	96
Section 5	Méthode de lissage exponentiel	96
	1 Lissage simple pour les séries sans trend	96
	2 Lissage de Holt-Winters pour modèle avec trend et saisonnalité	97
Section 6	Traitements avec SPSS et Excel	97
	1 Traitements avec SPSS	98
	2 Traitements avec Excel	100

## 6 ANALYSE COMBINATOIRE 104

Section 1	Permutations	104
Section 2	Arrangements	105
	1 Arrangements avec répétition	105
	2 Arrangements sans répétition	105
Section 3	Combinaisons	106
Section 4	Répartition d'éléments non différentiables	107
Section 5	Formule de Poincaré	107

## 7 NOTIONS DE PROBABILITÉS 109

Section 1	Notions essentielles	109
	1 Référentiel	109
	2 Événements	110
Section 2	Probabilité définie sur un référentiel	110
Section 3	Composition d'événements	111
	1 Réalisation simultanée ou conjointe de deux événements	111
	2 Réalisation d'un événement au moins	112

	3 Événement contraire	112
	4 Formule de Poincaré	112
	5 Implication, <i>i.e.</i> inclusion	113
Section 4	Probabilités conditionnelles	113
	1 Définition	113
	2 Formule de Bayes	114

8	VARIABLES ALÉATOIRES RÉELLES	116
---	------------------------------	-----

Section 1	Définition	117
Section 2	Variables aléatoires discrètes	117
	1 Lois de probabilité discrètes	117
	2 Fonction de répartition de $X$	118
	3 Valeur moyenne $m$ ou espérance mathématique $E(X)$	119
	4 Variance $V(X)$ et autres moments centrés $\mu_r$	120
	5 Médiane, $p$ -quantiles d'une loi discrète	120
Section 3	Variables aléatoires continues	121
	1 Lois de probabilité continues dont le support est un intervalle	121
	2 Valeur moyenne $m$ ou espérance mathématique $E(X)$	122
	3 Variance $V(X)$ et moments centrés $\mu_r$	123
	4 Fonction de répartition	123
	5 Médiane, $p$ -quantiles d'une loi continue	124
Section 4	Variables aléatoires du type $Y = \phi(X)$	125
Section 5	Inégalités de Markoff et de Bienaymé-Tchébycheff	126
	1 Inégalité de Markoff	126
	2 Inégalité de Bienaymé-Tchébycheff	126
Section 6	Variables aléatoires indépendantes	126
	1 Couple de <i>v.a.</i> réelles indépendantes	126
	2 $n$ -uple de <i>v.a.</i> réelles indépendantes	126
Section 7	Convergence en probabilité et en loi d'une suite $Z_n$ de <i>v.a.</i> réelles	127
Section 8	Échantillon <i>iid</i>	128
	1 Définition	128
	2 Moyenne $\bar{X}$ d'un échantillon <i>iid</i>	128

9	LES PRINCIPALES LOIS DE PROBABILITÉS	130
---	--------------------------------------	-----

Section 1	Lois normales	131
	1 Loi normale centrée réduite $\mathcal{N}(0; 1)$	131
	2 Loi normale $\mathcal{N}(m; \sigma^2)$ de moyenne $m$ et d'écart-type $\sigma$	132
Section 2	Lois discrètes	134
	1 Loi de Bernoulli $\mathcal{B}(p)$	134
	2 Loi binomiale $\mathcal{B}(m_0, p)$	135
	3 Loi binomiale négative	137

	4 Loi géométrique $\mathcal{G}(p)$	137
	5 Loi hypergéométrique notée $\mathcal{H}(m_0; n_1, n_2)$ ou $\mathcal{H}(N; m_0, p)$	139
	6 Loi de Poisson $\mathcal{P}(\lambda)$	140
	7 Loi des rangs signés de Wilcoxon $W^+(n)$	141
Section 3	Lois continues (suite)	142
	1 Loi de Student-Fisher $\mathcal{S}t(n)$	142
	2 Loi du $\chi^2_{(n)}$ (lire khi-deux) à $n$ degrés de liberté	144
	3 Loi gamma $\gamma(\lambda, a)$	146
	4 Loi exponentielle $\text{Exp}(a)$	147
	5 Loi uniforme $\mathcal{U}(a, b)$	148
	6 Loi de Fisher-Snedecor $\mathcal{F}(m, n)$	149
	7 Loi de Cauchy $\mathcal{C}(m_e, r)$	151
	8 Loi bêta $\beta(a, b)$	152
	9 Loi logistique $\mathcal{L}(m, p)$	153
	10 Loi log-normale $\text{LN}(m, \sigma)$ , dite loi de Galton	153
	11 Loi de Weibull $\mathcal{W}(a, b)$	154
Section 4	Lois multinomiales	155
	1 Caractérisation et interprétation	155
	2 Théorème fondamental	156
Section 5	Procédures avec Excel et SPSS	156
	1 Traitements avec Excel	156
	2 Traitements avec SPSS	157

## ESTIMATION PONCTUELLE ET INTERVALLE DE CONFIANCE 160

Section 1	Variable aléatoire définie sur une population statistique $P$	161
	1 Distribution de la mesure d'un caractère sur une population $P$	161
	2 Tirage au hasard d'un élément dans la population $P$	162
Section 2	Constitution d'un échantillon	162
	1 Échantillon prélevé sur une population statistique	163
	2 Échantillon associé à $n$ expérimentations identiquement réalisées	164
	3 Caractéristiques des échantillons	165
	4 Distributions associées à la moyenne aléatoire $\bar{X}$ d'un échantillon <i>iid</i>	165
	5 Distributions associées à la variance standard $S^2$ d'un échantillon <i>iid</i>	166
	6 Distribution associée à la proportion aléatoire $F$ d'un échantillon <i>iid</i>	167
Section 3	Estimation ponctuelle des paramètres	167
	1 Définition	167
	2 Estimateurs ponctuels et maximum de vraisemblance	168
	3 Propriétés des estimateurs usuels	168
	4 Valeurs des estimations ponctuelles	169
Section 4	Estimation par intervalles de confiance	169
	1 Intervalle de confiance de la moyenne $m_P$ et de l'écart-type $\sigma_P$ d'une distribution lorsque l'échantillon est de grande taille	169
	2 Intervalles de confiance de $m$ et de $\sigma$ lorsque $X_1, X_2, \dots, X_n$ est un échantillon <i>iid</i> d'une loi normale $\mathcal{N}(m, \sigma^2)$	173

	3 Intervalle de confiance du paramètre d'une loi de Poisson	175
	4 Intervalle de confiance de la valeur moyenne d'une loi exponentielle	176
	5 Intervalle de confiance d'une proportion $p$	177
	6 Intervalle de confiance d'un $p$ -quantile $\xi_p$ d'une loi	180
Section 5	Estimation avec Excel et SPSS	181
	1 Traitements avec Excel	181
	2 Traitements avec SPSS	183

## 11 TESTS D'HYPOTHÈSES PARAMÉTRIQUES 186

Section 1	Méthodologie des tests	187
	1 Les différents types d'hypothèses	187
	2 Méthode de Neyman	188
	3 Procédure pour la réalisation d'un test paramétrique	189
Section 2	Tests relatifs à la valeur de la moyenne d'une distribution	190
	1 Tests relatifs à la valeur de $m_p$ avec échantillon de grande taille	190
	2 Tests relatifs à la valeur de $m_p$ avec échantillon de petite taille	194
Section 3	Tests relatifs à la valeur de l'écart-type d'une distribution	196
	1 Tests relatifs à la valeur de $\sigma$ avec échantillon de grande taille	196
	2 Tests relatifs à la valeur de $\sigma$ avec échantillon de petite taille	198
Section 4	Tests de valeur d'une proportion	199
Section 5	Test de symétrie d'une distribution	202
Section 6	Test de la moyenne avec Excel et SPSS	203
	1 Traitement avec Excel	203
	2 Traitement avec SPSS	204

## 12 TESTS DE COMPARAISON 207

Section 1	Tests paramétriques de comparaison	208
	1 Tests paramétriques de comparaison de moyennes	208
	2 Tests de comparaison d'écarts-types	213
	3 Tests de comparaison de proportions	217
	4 Test d'homogénéité de proportions	219
Section 2	Tests de comparaison de deux distributions	220
	1 Test du khi-deux	221
	2 Test de Wilcoxon-Mann-Whitney	221
Section 3	Tests avec Excel et SPSS	224
	1 Traitements statistiques avec Excel	225
	2 Traitements statistiques avec SPSS	228

**13** COUPLES ALÉATOIRES ET TESTS D'INDÉPENDANCE

235

Section 1	Lois bivariées discrètes	236
	1 Distribution de probabilité	236
	2 Moments centrés et matrice des variance-covariance	238
Section 2	Lois bivariées continues	239
Section 3	Tests d'indépendance par la méthode du khi-deux	239
	1 Distribution d'un couple aléatoire sur une population	239
	2 Indépendance	240
	3 Test d'indépendance par la méthode du khi-deux	240
Section 4	Mesures d'association entre deux variables	243
	1 Test de Spearman	243
	2 Test de Bloomqvist	245
Section 5	Traitements sous Excel et SPSS	249
	1 Traitements statistiques avec SPSS	249
	2 Traitements statistiques avec EXCEL	252

**14** TESTS D'AJUSTEMENT

254

Section 1	Test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov	255
	1 Ajustement sur une loi continue	255
	2 Ajustement sur une loi discrète	256
Section 2	Test d'ajustement du khi-deux	256
Section 3	Tests d'appartenance à une distribution normale	258
	1 Tests de symétrie	258
	2 Test du kurtosis	260
	3 Statistique de Kolmogorov-Smirnov	261
Section 4	Outliers ou recherche de valeurs discordantes sur une distribution normale	261
Section 5	Traitements avec SPSS et Excel	263
	1 Traitements statistiques avec SPSS	263
	2 Traitements sous Excel	264

**15** ANALYSE DE VARIANCES

266

Section 1	Analyse de variances à un facteur	266
	1 Test de Fisher	267
	2 Test par les rangs de Jonckheere-Terpstra	269
	3 Test par les rangs de Kruskal-Wallis	270
Section 2	Analyse de variances à deux facteurs	271
	1 Test par les rangs de Friedman	272
	2 Test de Fisher	274

Section 3	Test de concordance de Kendall	275
Section 4	Traitements sous Excel et SPSS	277
	1 Analyse de variance à un facteur avec Excel	277
	2 Analyse de variance à un facteur avec SPSS (test de Fisher)	278
	3 Test de Kruskal-Wallis avec SPSS	279
	4 Test de Friedman avec SPSS	280

16	TESTS SUR LA RÉGRESSION LINÉAIRE	283
----	----------------------------------	-----

Section 1	Régression d'une <i>v.a.</i> $Y$ sur une variable certaine $X$	284
	1 Le modèle avec résidus aléatoires	284
	2 Tests et intervalles de confiance des coefficients	285
	3 Modèle prévisionnel et erreur de prévision	287
Section 2	Régression d'une <i>v.a.</i> $Y$ sur une variable aléatoire $X$	288
Section 3	Tests d'autocorrélation des erreurs	289
Section 4	Régression d'une <i>v.a.</i> $Y$ sur $k$ variables certaines $x_i$	290
	1 Régression linéaire sur $k$ variables explicatives	290
	2 Le modèle de régression linéaire multiple avec aléas	291
	3 Tests et intervalles de confiance des coefficients	292
	4 Évaluation prévisionnelle	294
Section 5	Multicolinéarité	295
Section 6	Traitements avec Excel et SPSS	295
	1 Traitements statistiques avec Excel	295
	2 Traitements statistiques avec SPSS	297

17	MODÈLES LOG-LINÉAIRE ET LOGIT	301
----	-------------------------------	-----

Section 1	Modèle log-linéaire	301
	1 Modèle log-linéaire pour un tableau $2 \times 2$	301
	2 Modèle log-linéaire pour une table à $I \times J \times K$ classes	306
Section 2	Les modèles logistiques	308
	1 Modèles logit lorsque les variables exogènes sont continues	308
	2 Modèle logit avec variables exogènes dichotomiques	310
Section 3	Procédures de traitement sous SPSS	312
	1 Modèle log-linéaire	312
	2 Modèle logit	314

18	ACP & AFC	321
----	-----------	-----

Section 1	Analyse en composantes principales	321
	1 La matrice des données	322

	2 Nuage de points dans l'espace affine $R^h$ des observations	323
	3 Matrice d'inertie et détermination des axes principaux	324
	4 Nuage des points individus projetés sur un plan $\Pi$	326
	5 Nuage des variables et composantes principales	328
	6 Représentation simultanée	329
	7 Procédure de traitement sous SPSS	329
Section 2	Analyse factorielle des correspondances	332
	1 Tableau de contingence	332
	2 Nuage des points-lignes dans $R^k$	334
	3 Nuage des points-colonnes dans $R^h$	337
	4 Représentation simultanée	338
	5 Procédures de traitement sous SPSS	339
<b>19</b>	<b>Modèles d'équations structurelles à variables latentes</b>	<b>344</b>
Section 1	L'approche par les équations structurelles	345
	1 Exemple introductif	345
	2 Modèle général d'équations structurelles	349
Section 2	Modèle structurel de la covariance	353
	1 Estimation du modèle	353
	2 Mesure de la qualité de l'ajustement	354
Section 3	Procédure sous AMOS	356
Section 4	Approche PLS ( <i>Partial Least Squares</i> )	362
	1 Principe de l'approche PLS	362
	2 Algorithme de l'approche PLS	363
	3 Mesure de la qualité prédictive	364
Section 5	Procédure sous SmartPLS	366
<b>20</b>	<b>Fiabilité et élaboration d'échelles pour un questionnaire</b>	<b>372</b>
Section 1	Processus d'élaboration d'une échelle	373
	1 Paradigme de Churchill	373
	2 Validité d'une échelle	374
Section 2	Analyse factorielle exploratoire et construction d'échelles	374
Section 3	Analyse de la cohérence interne d'une échelle	377
	1 Méthode du test/retest	377
	2 Cohérence interne des items	377
Section 4	Analyse confirmatoire et validation d'une échelle	380
Section 5	Traitement d'une échelle avec SPSS	380
	1 Analyse factorielle exploratoire et construction d'une échelle	380
	2 Étude de cohérence interne des échelles par l'alpha de Cronbach	383

	CORRECTION DES EXERCICES	386
	ANNEXES	420
<b>Tables</b>		426
<b>Bibliographie</b>		443
<b>Index</b>		444

Matériel protégé par le droit d'auteur