

## Table des matières

<b>Chapitre I</b>	<b>Concepts de base de la statistique .....</b>	<b>17</b>
I.1	Objet et objets de la statistique.....	17
I.1.a	Objet de la statistique .....	17
I.1.b	Population, individus.....	17
I.1.c	Observations, mesures, variables.....	18
I.1.d	Le problème à résoudre .....	18
I.1.e	Difficultés rencontrées dans la définition de la population .....	20
I.2	Variables (ou caractères) statistiques, valeurs.....	20
I.2.a	Variable ou caractère quantitatif.....	21
I.2.b	Variable ou caractère qualitatif, ou nominal, modalités.....	22
I.2.c	Variable numérique.....	22
I.2.d	Variable booléenne .....	22
I.2.e	Variable ordinale .....	22
I.2.f	Variable d'intérêt.....	23
I.2.g	Variable explicative.....	23
I.3	Quelques confusions trouvées dans des copies.....	24
I.3.a	Confusion population – variable .....	24
I.3.b	Confusion variable – valeurs.....	25
I.4	Données (ou observations) .....	25
I.4.a	Tableau des données brutes .....	25
I.4.b	Recensement, sondage .....	26
I.4.c	Rang d'une observation .....	26
I.4.d	Fichier informatique des données .....	27
I.5	Les erreurs de mesure .....	27
I.5.a	Erreur systématique pendant la collecte des données.....	28
I.5.b	Erreur due au manque de précision de la mesure.....	28
I.5.c	Erreurs humaines .....	29
I.5.d	Erreurs systématiques de conception de l'étude statistique .....	29
I.6	Résultats statistiques.....	29
I.7	Étude statistique.....	30
I.8	Guide d'étude d'un "problème" de statistique.....	31
I.8.a	Quelle est la population à laquelle on s'intéresse ? .....	31
I.8.b	De quel type est la variable d'intérêt ? .....	31
I.8.c	Quel est le plan d'échantillonnage ? .....	32
I.8.d	Comment se présentent les données statistiques ? .....	33
I.8.e	Quel est le travail statistique pour résoudre le problème ?.....	34
I.8.f	Tableau récapitulatif des principaux contextes statistiques.....	35

<b>Chapitre II</b>	<b>Les distributions statistiques .....</b>	<b>37</b>
II.1	Tableaux de distribution .....	37
II.1.a	Cas d'une seule variable : tri à plat.....	37
II.1.b	Cas de deux variables : tri croisé.....	38
II.1.c	Distributions conditionnelles et marginales.....	39
II.1.d	Indépendance de deux variables .....	39
II.1.e	Dépendance totale.....	40
II.1.f	Cas de plus de deux variables .....	41
II.1.g	Notion de classe de valeurs .....	41
II.1.h	Système complet de classes.....	41
II.1.i	Calculer des proportions .....	41
II.1.j	Combien de décimales doit-on garder pour les proportions ?.....	41
II.1.k	Pourcentages .....	42
II.1.l	Fréquences absolues et relatives .....	42
II.1.m	Multiplicité et sincérité des distributions .....	42
II.2	Règles de construction de la distribution .....	43
II.2.a	Cas d'une variable qualitative .....	43
II.2.b	Cas d'une variable ordinale ou numérique à peu de valeurs.....	44
II.2.c	Cas d'une variable numérique à nombreuses valeurs .....	44
II.3	Utilisation d'Excel pour calculer les distributions .....	44
II.3.a	La fonction NB().....	44
II.3.b	La fonction NB.SI() .....	44
II.3.c	La fonction FREQUENCE().....	45
II.3.d	La fonction Tableau croisé dynamique.....	46
II.4	Commentaire d'une distribution.....	46
<b>Chapitre III</b>	<b>Représentations graphiques.....</b>	<b>47</b>
III.1	Principes .....	47
III.2	Cas d'une seule variable qualitative .....	48
III.2.a	Tableau de distribution.....	48
III.2.b	Tableau des données brutes.....	49
III.3	Cas d'une seule variable ordinale.....	51
III.3.a	Tableau de distribution.....	51
III.3.b	Tableau des données brutes.....	51
III.4	Cas d'une seule variable numérique à peu de valeurs.....	52
III.4.a	Représentation des données brutes.....	52
III.4.b	Diagramme en bâtons du tableau de distribution .....	52
III.4.c	Courbe des proportions cumulées.....	54
III.4.d	Attention aux possibles valeurs manquantes de la variable.....	55
III.5	Cas d'une variable numérique à nombreuses valeurs .....	56
III.5.a	Nuage de points dans l'ordre des observations.....	56
III.5.b	Nuage de points de la répartition des observations.....	58
III.5.c	Histogramme du tableau de distribution .....	60

III.5.d	Courbe des fréquences cumulées .....	64
III.5.e	Boîte de distribution.....	65
III.6	Cas des variables géographiques .....	70
III.7	Cas des chroniques par diagrammes à figurines .....	71
III.8	Représentation simultanée de deux variables.....	72
III.8.a	Deux variables numériques discrètes.....	72
III.8.b	Deux variables numériques continues.....	75
III.8.c	Deux variables qualitatives pures ou ordinales.....	77
III.8.d	Cas de deux variables numériques nominalisées.....	81
III.8.e	Variable numérique expliquée par une variable nominale.....	83
III.8.f	Variable nominale expliquée par une variable numérique.....	84
<b>Chapitre IV</b>	<b>Statistiques des variables numériques .....</b>	<b>87</b>
IV.1	Rang d'une observation .....	87
IV.2	Fractiles .....	88
IV.3	Quantiles .....	89
IV.3.a	Médiane .....	89
IV.3.b	Quartiles .....	89
IV.3.c	Déciles, centiles .....	89
IV.3.d	Les principales fonctions statistiques d'Excel .....	90
IV.3.e	Une fonction d'Excel personnalisée pour les quantiles .....	91
IV.3.f	Autres fonctions statistiques intéressantes d'Excel .....	91
IV.4	Total d'une variable quantitative .....	92
IV.5	Moyenne d'une variable quantitative.....	92
IV.5.a	Notation .....	92
IV.5.b	Moyenne arithmétique .....	93
IV.5.c	Propriétés, intérêt, et inconvénient de la moyenne arithmétique.....	94
IV.5.d	Moyennes autres qu'arithmétique.....	94
IV.6	Mesure de dispersion pour une variable numérique .....	97
IV.6.a	Les intervalles inter quartiles et inter déciles .....	97
IV.6.b	L'étendue .....	97
IV.7	Mesures de dispersion pour une variable quantitative.....	97
IV.7.a	Écart moyen d'une variable quantitative additive.....	97
IV.7.b	Variance et écart-type d'une variable quantitative additive .....	97
IV.7.c	Propriétés, intérêt, et inconvénient de l'écart-type .....	98
IV.7.d	Le coefficient de variation .....	98
IV.8	Calcul de statistiques à partir du tableau de distribution.....	99
IV.8.a	Moyenne et variance d'une variable discrète .....	99
IV.8.b	Statistiques à partir d'un tableau de distribution en classes.....	100
IV.9	Mesures de l'asymétrie .....	100
IV.9.a	Définition .....	100
IV.9.b	Intérêt.....	101
IV.9.c	Coefficient d'asymétrie de Yule .....	101

	IV.9.d	Les coefficients de Fisher et de Pearson .....	102
IV.10		Les mesures d'aplatissement de Pearson et de Fischer .....	103
	IV.10.a	Le coefficient d'aplatissement de Pearson .....	104
	IV.10.b	Le coefficient d'aplatissement de Fischer .....	104
	IV.10.c	Le kurtosis .....	104
	IV.10.d	Application numérique .....	105
IV.11		Mesures de la concentration .....	105
	IV.11.a	Médiale .....	105
	IV.11.b	Représentation graphique de la concentration par Lorentz .....	106
	IV.11.c	L'indice ou coefficient de concentration de Gini .....	107
IV.12		Dépendance, indépendance de deux variables numériques .....	108
	IV.12.a	Covariance .....	108
	IV.12.b	Coefficient de corrélation linéaire .....	108
	IV.12.c	Fonctions d'Excel .....	109
	IV.12.d	Expressions de calcul .....	110
IV.13		Opérations sur les variables numériques .....	110
	IV.13.a	Fonctions numériques .....	110
	IV.13.b	Centrage d'une variable statistique numérique .....	111
	IV.13.c	Centrage et réduction d'une variable numérique .....	111
	IV.13.d	Moyenne d'une combinaison linéaire .....	111
	IV.13.e	Variance et écart-type d'une combinaison de deux variables .....	112
<b>Chapitre V Les distributions statistiques théoriques .....</b>			<b>113</b>
V.1		Généralités .....	113
	V.1.a	Qu'est qu'une distribution statistique théorique .....	113
	V.1.b	Notion d'ajustement .....	113
	V.1.c	Intérêt de l'ajustement : Faire des prévisions .....	113
	V.1.d	Nom d'une distribution théorique .....	114
V.2		Distributions théoriques de variables non numériques .....	114
	V.2.a	Distribution uniforme .....	114
	V.2.b	Distribution de Bernoulli .....	115
V.3		Distributions théoriques de variables numériques .....	115
	V.3.a	Espérance mathématique. Variance et écart-type .....	115
	V.3.b	Interprétation pratique de l'espérance mathématique .....	116
V.4		Distributions théoriques de variables numériques discrètes .....	117
	V.4.a	Fonction de distribution .....	117
	V.4.b	Calcul de l'espérance mathématique et de la variance .....	117
V.5		Distributions théoriques de variables continues .....	118
	V.5.a	Fonction et tableau de répartition .....	118
	V.5.b	Fonction de densité de proportion .....	119
	V.5.c	Statistiques de rangs .....	119
	V.5.d	Moyenne et variance .....	120
	V.5.e	Histogramme d'une distribution théorique continue .....	120

V.6	Intervalles de confiance .....	121
V.6.a	Intervalle bilatéral symétrique .....	121
V.6.b	Intervalle unilatéral à gauche ou à droite.....	122
V.7	Distribution uniforme.....	123
V.8	Distribution de Laplace-Gauss, dite “Normale” .....	124
V.8.b	Histogramme représentatif.....	125
V.8.c	Symétrie de la distribution .....	125
V.8.d	Fonction de répartition .....	126
V.8.e	Cas particulier de la distribution de Gauss “centrée réduite” .....	128
V.8.f	Calcul des proportions théoriques .....	128
V.8.g	Exemples .....	133
V.8.h	Calcul inverse de la valeur connaissant la proportion théorique.....	134
V.8.i	Intervalle de confiance bilatéral dans un distribution de Gauss .....	136
V.8.j	Intervalle de confiance unilatéral dans la distribution de Gauss .....	137
V.8.k	Compléments sur la distribution de Gauss.....	138
V.9	Distribution statistique et distribution de “probabilité” .....	139
V.10	Tests graphiques d’ajustement à une distribution .....	140
V.10.a	Diagramme P-P (Proportions – Probabilités) .....	140
V.10.b	Diagramme Q-Q (Quantile – Quantile).....	141
V.10.c	Test de la droite de Henry .....	142
V.11	Autres distributions théoriques continues .....	147
<b>Chapitre VI Techniques d’échantillonnage .....</b>		<b>149</b>
VI.1	Nécessité et intérêt des échantillons. Base de sondage.....	149
VI.2	Notations .....	150
VI.3	Représentativité de l’échantillon.....	151
VI.3.a	Fluctuations d’échantillonnage .....	151
VI.3.b	Échantillon représentatif.....	152
VI.3.c	Comment obtenir un échantillon représentatif.....	152
VI.3.d	Utilisation des nombres “au hasard” .....	154
VI.4	Simuler une distribution théorique .....	155
VI.5	Notion de probabilité.....	156
VI.6	Échantillons à probabilités égales, échantillon indépendant .....	156
VI.7	Autres échantillons au hasard .....	157
VI.7.a	Échantillon stratifié.....	157
VI.7.b	Sondage en grappe.....	157
VI.7.c	Échantillon aléatoire à deux degrés.....	157
VI.7.d	Sondages à plusieurs degrés .....	158
VI.8	Échantillon empirique par la méthode des quotas .....	158
VI.8.a	Représentativité dans la méthode des quota.....	158
VI.8.b	Choix des variables de contrôle dans la méthode des quota.....	159
VI.8.c	Choix des personnes à interroger.....	159
VI.8.d	Mise en œuvre pratique de la méthode des quota .....	159

VI.8.e	Respect des quotas marginaux uniquement.....	160
VI.8.f	Échantillonnage à plusieurs degrés dans la méthode des quota .....	160
VI.8.g	Avantages de la méthode des quota .....	161
VI.8.h	Inconvénients de la méthode des quota .....	161
<b>Chapitre VII Estimations par échantillon indépendant.....</b>		<b>163</b>
VII.1	Qu'est-ce qu'une estimation ? .....	163
VII.2	Estimation par sondage.....	163
VII.3	Estimations ponctuelles par échantillon indépendant .....	164
VII.3.a	Contrôle de l'indépendance de l'échantillon.....	164
VII.3.b	Résultats.....	165
VII.3.c	Remarques.....	165
VII.3.d	Exemples .....	166
VII.4	Estimations par intervalles de confiance.....	167
VII.5	Précision d'une estimation par intervalle de confiance.....	168
VII.5.a	Précision absolue.....	168
VII.5.b	Précision relative.....	168
VII.5.c	Précision a posteriori.....	168
VII.5.d	Précision a priori.....	169
VII.6	Peut-on avoir simultanément deux estimations différentes ? .....	169
VII.7	Estimation par intervalle de confiance d'une moyenne.....	169
VII.7.a	Résultats.....	169
VII.7.b	Exemples .....	170
VII.7.c	Remarques .....	171
VII.8	Estimation par intervalle de confiance d'une variance.....	172
VII.8.a	Cas général.....	172
VII.8.b	Exemple.....	172
VII.8.c	Cas particulier des grands échantillons .....	173
VII.9	Estimation par intervalle de confiance d'un écart-type.....	173
VII.10	Estimation par intervalle de confiance d'une proportion.....	174
VII.10.a	Calcul avec une fonction personnalisée d'Excel .....	174
VII.10.b	Approximation dite des grands échantillons.....	175
VII.10.c	Exemples .....	175
VII.11	Estimation d'un effectif dans une population.....	176
VII.12	Estimation de la taille N d'une population finie .....	177
<b>Chapitre VIII Estimations par échantillon PESR .....</b>		<b>183</b>
VIII.1	Contexte .....	183
VIII.2	Estimations ponctuelles .....	183
VIII.3	Estimations par intervalle de confiance .....	184
VIII.4	Taille de l'échantillon nécessaire à une précision donnée.....	185
VIII.4.a	Calcul avec une fonction personnalisée d'Excel .....	185

VIII.4.b	Expression de calcul pour l'estimation d'une moyenne .....	187
VIII.4.c	Expression de calcul pour l'estimation d'une proportion .....	189
<b>Chapitre IX</b>	<b>Estimations par échantillons stratifiés .....</b>	<b>193</b>
IX.1	Contexte .....	193
IX.2	Notations .....	194
IX.2.a	Les différentes moyennes de Y .....	194
IX.2.b	Les différentes variances de Y .....	194
IX.3	Estimation de la moyenne .....	195
IX.3.a	Estimation ponctuelle .....	195
IX.3.b	Variance théorique de l'estimation de la moyenne .....	195
IX.3.c	Gain théorique dû à la stratification .....	196
IX.4	Estimation d'une proportion .....	197
IX.4.a	Notations .....	197
IX.4.b	Estimation ponctuelle .....	197
IX.4.c	Variance théorique de l'estimation d'une proportion .....	197
IX.5	Échantillon stratifié représentatif .....	198
IX.5.a	Estimation d'une moyenne .....	198
IX.5.b	Estimation ponctuelle d'une proportion .....	198
IX.6	Technique de stratification .....	199
IX.6.a	Construction des strates .....	199
IX.6.b	Qualité de la stratification .....	199
<b>Chapitre X</b>	<b>Prévisions de statistiques d'échantillons .....</b>	<b>201</b>
X.1	Formalisation des notions de prévision et d'incertitude .....	201
X.1.a	Qu'est-ce que prévoir .....	201
X.1.b	Formalisation mathématique du futur .....	201
X.1.c	Épreuve .....	202
X.1.d	Le tirage au hasard .....	203
X.1.e	Probabilité d'une éventualité .....	203
X.1.f	Notion de risque et de chance .....	204
X.2	Calcul des probabilités .....	204
X.2.a	L'opération OU .....	204
X.2.b	L'opération ET .....	205
X.2.c	L'opération XOR (OU exclusif) .....	205
X.2.d	Axiome des probabilités totales .....	205
X.2.e	Éventualités mutuellement exclusifs ou incompatibles .....	206
X.2.f	Éventualités contraires .....	206
X.2.g	Partitions de $\Omega$ .....	207
X.2.h	Probabilité d'un éventualité quelconque .....	207
X.2.i	Représentation graphique .....	208
X.2.j	Probabilités conditionnelles .....	208
X.2.k	Éventualités indépendantes .....	209
X.2.l	Estimation des probabilités .....	209

	X.2.m	Théorème de Bayes .....	209
	X.2.n	Notion de distribution de probabilité .....	210
	X.2.o	Distribution de probabilité conditionnelle et marginale .....	211
X.3		Variables aléatoires (V.A.) .....	211
	X.3.a	Comparaison des variables aléatoires aux autres variables .....	211
	X.3.b	Fonction de distribution.....	212
	X.3.c	Fonction de répartition.....	212
	X.3.d	Simulation.....	212
	X.3.e	Cas des variables discrètes .....	212
	X.3.f	Cas des variables continues.....	218
	X.3.g	Séries chronologiques .....	220
	X.3.h	Espérance mathématique d'une v.a. et son interprétation.....	220
	X.3.i	Covariance et coefficients de corrélation et de détermination.....	222
X.4		Prévisions de statistiques d'échantillons.....	222
	X.4.a	Contexte.....	222
	X.4.b	Schéma de principe .....	223
	X.4.c	Prévisions quand la variable d'intérêt est qualitative .....	224
	X.4.d	Prévisions quand la variable d'intérêt est quantitative.....	229
X.5		Cas des échantillons au hasard mais non indépendants.....	233
	X.5.a	Prévisions ponctuelles .....	233
	X.5.b	Prévisions par intervalles.....	233
		<b>Chapitre XI Les tests d'hypothèses simples .....</b>	<b>235</b>
XI.1		Qu'est-ce qu'un test ? .....	235
	XI.1.a	En général.....	235
	XI.1.b	Autres exemples de tests .....	235
XI.2		Les tests statistiques d'hypothèses simples .....	236
	XI.2.a	L'hypothèse à tester est "statistique", et doit être "simple" .....	236
	XI.2.b	L'hypothèse "alternative" et le sens du test .....	236
	XI.2.c	La prévision d'une statistique d'un échantillon au hasard .....	237
	XI.2.d	La p-value .....	237
	XI.2.e	Le raisonnement implicite et la règle du test.....	238
	XI.2.f	La règle du test.....	239
	XI.2.g	Remarques importantes.....	239
	XI.2.h	La (ou les) valeur(s) critique(s) d'un test.....	239
	XI.2.i	Test de la représentativité d'un échantillon.....	240
	XI.2.j	Comment choisir $H_0$ entre deux hypothèses simples .....	240
XI.3		Remarques importantes .....	241
XI.4		Risque de seconde espèce.....	241
XI.5		Influence de la taille de l'échantillon.....	242
XI.6		Puissance d'un test.....	243
XI.7		Test d'une proportion .....	244
	XI.7.a	Hypothèse nulle et hypothèse alternative.....	244



XI.7.b	Statistique d'échantillon utilisée.....	244
XI.7.c	Calcul de la p-value.....	244
XI.7.d	Autres façons de présenter la règle du test.....	244
XI.7.e	Calcul de la valeur critique et règle du test au risque d'erreur $\pi$ .....	245
XI.7.f	Exemple.....	246
XI.8	Test d'une moyenne.....	247
XI.8.a	Hypothèse testée et hypothèse alternative.....	247
XI.8.b	Statistique d'échantillon utilisée.....	247
XI.8.c	Calcul de la p-value.....	247
XI.8.d	Autre façon de présenter la règle du test.....	248
XI.8.e	Calcul de la valeur critique et règle du test au risque d'erreur $\pi$ .....	248
XI.8.f	Exemple.....	249
XI.9	Taille d'échantillon pour départager deux hypothèses.....	250
XI.9.a	Contexte du problème.....	250
XI.9.b	Test pour départager deux proportions.....	250
XI.9.c	Test pour départager deux moyennes.....	251
XI.9.d	Calculs avec Excel.....	252
<b>Chapitre XII</b>	<b>Les tests d'ajustement.....</b>	<b>253</b>
XII.1	Hypothèse testée et hypothèse alternative.....	253
XII.2	Effectifs théoriques et distance du $\chi^2$ .....	254
XII.3	La p-value du $\chi^2$ observé et le jugement.....	256
XII.4	Valeur critique et règle du test.....	256
XII.5	Utilisation d'Excel.....	256
XII.6	Pour respecter la condition sur les effectifs théoriques.....	257
XII.7	Exemples complets.....	257
XII.7.a	Distribution uniforme d'une variable qualitative.....	257
XII.7.b	Distribution uniforme d'une variable numérique continue.....	258
XII.7.c	Distribution de Gauss.....	258
XII.8	Test d'indépendance de deux variables qualitatives.....	259
XII.8.a	La distribution croisée théorique.....	259
XII.8.b	Degrés de liberté.....	260
XII.8.c	Contrôle des conditions de validité du test.....	260
XII.8.d	Exemple.....	260
XII.8.e	Correction de continuité de Yates.....	261
XII.9	Cas des échantillons insuffisamment grands.....	262
XII.10	Taille de l'échantillon et puissance du test.....	263
XII.10.a	Exemple du dé.....	264
XII.10.b	Exemple du test d'indépendance.....	264
XII.11	Fonctions d'Excel personnalisées.....	265
XII.11.a	Indépendance_tableau(Tableau_Données).....	265
XII.11.b	Tableau_Théorique(Tableau_Données).....	265

XII.11.c	Tableau_khi2(Tableau_Données).....	265
XII.11.d	Indépendance_Données(Données).....	266
<b>Chapitre XIII Les tests de comparaisons .....</b>		<b>269</b>
XIII.1	Contexte commun à tous ces tests.....	269
XIII.2	Deux tests de comparaison de deux variances.....	270
XIII.2.a	Contexte spécifique.....	270
XIII.2.b	Hypothèse testée et hypothèse alternative .....	270
XIII.2.c	Test de la différence des écarts-type des deux sous-échantillons .....	270
XIII.2.d	Test de Fisher-Snedecor.....	271
XIII.3	Tests de comparaison des moyennes.....	273
XIII.3.a	Hypothèse alternative et sens du test.....	273
XIII.3.b	Statistique d'échantillon utilisée et distribution .....	273
XIII.3.c	Calcul de la p-value .....	274
XIII.4	Test de comparaison de deux proportions .....	276
XIII.4.a	Hypothèse alternative et sens du test.....	276
XIII.4.b	Statistique d'échantillon utilisée et distribution .....	276
XIII.4.c	Calcul de la p-value .....	277
XIII.5	Cas des petits échantillons.....	277
XIII.5.a	Test de Wilcoxon sur les rangs.....	277
XIII.5.b	Test de Wilcoxon sur deux échantillons appariés .....	280
<b>Chapitre XIV La régression linéaire .....</b>		<b>289</b>
XIV.1	Contexte de la régression.....	289
XIV.1.a	Données observées .....	289
XIV.1.b	Représentation graphique "en nuage de points" des données.....	290
XIV.1.c	Indépendance d'échantillon et indépendance de variables.....	291
XIV.1.d	Dépendance et causalité.....	291
XIV.2	Les spécifications du modèle général de régression .....	292
XIV.2.a	Principe du modèle de régression : la tendance et le résidu .....	292
XIV.3	Le modèle de régression linéaire .....	293
XIV.3.a	La tendance est linéaire .....	293
XIV.3.b	La méthode des moindres carrés .....	293
XIV.4	Régression linéaire à une seule variable explicative .....	294
XIV.4.a	Contrôle graphique de la vraisemblance du modèle.....	294
XIV.4.b	Rôle du nombre d'observations dans la validation du modèle .....	299
XIV.4.c	Cas particulier des séries temporelles : l'autocorrélation.....	300
XIV.5	Les résultats analytiques de la régression linéaire simple.....	301
	Estimations des paramètres du modèle à une variable .....	301
XIV.5.b	Valeurs ajustées et écarts.....	302
XIV.5.c	Appréciation analytique de la qualité de la liaison.....	303
XIV.5.d	Estimation ponctuelle du coefficient de corrélation linéaire.....	305
XIV.5.e	Estimations par intervalles de confiance .....	305
XIV.5.f	Prévisions dans la régression simple .....	307

	XIV.5.g	estimation par intervalle de confiance du coeff. de corrélation.....	308
	XIV.5.h	Test d'indépendance de Y et X, ou de validité de la régression.....	309
XIV.6		Régression linéaire multiple.....	310
	XIV.6.a	Résultats par la fonction d'Excel DROITEREG().....	310
	XIV.6.b	Test de la significativité des pentes estimées.....	311
	XIV.6.c	Test de la significativité du coefficient de détermination.....	312
	XIV.6.d	Solution mathématique.....	312
	XIV.6.e	Régression linéaire par l'utilitaire d'analyse.....	313
	XIV.6.f	Contrôle de l'indépendance des variables explicatives.....	315
<b>Chapitre XV Les séries chronologiques.....</b>			<b>317</b>
XV.1		Introduction.....	317
	XV.1.a	Définition.....	317
	XV.1.b	Exemple.....	318
	XV.1.c	Redressement des données collectées.....	319
	XV.1.d	Valeurs extrêmes.....	320
XV.2		Modélisation des séries temporelles.....	321
	XV.2.a	Processus aléatoires.....	321
	XV.2.b	Fonctions cycliques.....	327
	XV.2.c	Estimation du modèle et unicité de la décomposition.....	330
XV.3		Recherche d'une composante cyclique.....	331
	XV.3.a	Autocorrélation et composante cyclique.....	331
	XV.3.b	Le corrélogramme.....	331
	XV.3.c	Expressions analytiques de calcul.....	334
	XV.3.d	Représentation en nuage des points de la série en décalage.....	335
	XV.3.e	Construction d'une table de Buys-Ballot.....	335
	XV.3.f	Construction d'un graphique superposant les cycles.....	336
XV.4		Ajustement d'une série à un processus à tendance linéaire, composante cyclique et bruit blanc.....	338
	XV.4.a	Estimations des paramètres avec Excel.....	338
	XV.4.b	Calcul du tableau des valeurs ajustées dans Excel.....	339
	XV.4.c	Calcul dans Excel d'une valeur attendue.....	339
	XV.4.d	Série corrigée de la composante cyclique estimée.....	340
	XV.4.e	Solution analytique.....	341
	XV.4.f	Intervalle de confiance des estimateurs.....	344
	XV.4.g	Intervalle de confiance des prévisions.....	345
	XV.4.h	Calculs dans Excel.....	345
XV.5		Recherche analytique d'autocorrélation du résidu.....	346
	XV.5.a	Le graphique des résidus studentisés.....	346
	XV.5.b	Le test de Durbin & Watson.....	347
XV.6		Ajustement d'un processus à tendance non linéaire.....	352
XV.7		Dessaisonalisation des chroniques par la méthode des moyennes mobiles centrées.....	353
	XV.7.a	Notion de filtre.....	353
	XV.7.b	Moyennes mobiles.....	353

XV.7.c	Moyennes mobiles centrées et moyennes mobiles symétriques .....	354
XV.7.d	Choix de l'ordre de la moyenne mobile.....	354
XV.7.e	Principe des calculs .....	355
XV.7.f	Série corrigée des variation cycliques .....	357
XV.7.g	Prévisions à partir de la série dessaisonnalisée.....	357
XV.7.h	Choix du modèle multiplicatif ou additif par analyse des résidus .....	357
XV.8	Prévision de la tendance par la méthode des moyennes mobiles non centrées.....	358
XV.8.a	Estimation de la pente par moyenne mobile simple.....	358
XV.8.b	Estimation de la pente par moyenne mobile double.....	358
XV.8.c	Cas où la tendance est constante .....	359
XV.8.d	Choix de l'ordre de la moyenne mobile.....	359
XV.9	Prévisions par lissage exponentiel simple .....	360
XV.9.a	Lissage de la série .....	360
XV.9.b	Choix de la constante de lissage.....	361
XV.9.c	Prévision à l'horizon h.....	361
XV.9.d	Optimisation de la prévision .....	361
XV.9.e	Variance de la valeur lissée.....	362
XV.10	Lissage exponentiel double.....	363
XV.10.a	Double lissage de la série .....	363
XV.10.b	Prévisions à l'horizon h.....	364
XV.10.c	Variance des estimateurs .....	364
XV.11	Lissage de Holt et Winters.....	365
XV.11.a	Lissage en régime de croisière .....	365
XV.11.b	Réalisation des calculs.....	366
XV.11.c	Initialisation des calculs .....	366
XV.11.d	Choix des constantes de lissage.....	370
XV.11.e	Prévisions à l'horizon h.....	371
XV.12	L'effet de Slutsky-Yule.....	372
XV.13	Récapitulation des traitements des séries temporelles .....	373
XV.13.a	Méthodes globales.....	373
XV.13.b	Décomposition et prévisions.....	374
<b>Chapitre XVI Les questionnaires d'enquêtes .....</b>		<b>375</b>
XVI.1	Introduction.....	375
XVI.2	Les modes de collecte.....	376
XVI.2.a	En face à face.....	376
XVI.2.b	Questionnaire auto-administré.....	376
XVI.2.c	Au téléphone.....	376
XVI.3	La problématique des questions .....	377
XVI.4	Les questions fermées .....	380
XVI.4.a	L'alternative.....	380
XVI.4.b	Les questions fermées à plusieurs réponses .....	380
XVI.4.c	Les classements simples .....	381

XVI.4.d	Les classements par paires .....	381
XVI.4.e	Les échelles .....	381
XVI.4.f	Les questions ouvertes “nominales” .....	382
XVI.4.g	Les questions ouvertes “textuelles” .....	382
XVI.5	La rédaction des questions et des réponses proposées.....	383
XVI.5.a	La question doit être compréhensible .....	383
XVI.5.b	Question et réponses doivent être sans ambiguïté .....	383
XVI.5.c	La question doit être concise .....	384
XVI.5.d	Scinder une question en deux .....	385
XVI.5.e	Il faut supprimer les doubles négations et ce qui y ressemble .....	385
XVI.5.f	Les réponses proposées doivent être homogènes .....	386
XVI.5.g	La question ne doit pas être double .....	386
XVI.5.h	La réponse ne doit pas être dans la question .....	387
XVI.5.i	La question ne doit pas influencer la réponse .....	387
XVI.5.j	La preuve que les mots ont leur importance .....	388
XVI.6	Le plan du questionnaire .....	389
XVI.6.a	L'ordre général des questions.....	389
XVI.6.b	L'ordre des questions d'intérêt .....	390
XVI.7	Bibliographie .....	390

### Table des tables

Table 1	de la répartition de la distribution de Gauss centrée réduite.....	132
Table 2	des valeurs de $z_{1-\pi}$ pour les intervalles de confiance <u>unilatéraux</u> en fonction du niveau de confiance $1-\pi$ .....	134
Table 3	des valeurs de $z_{1-\pi/2}$ pour les intervalles de confiance <u>bilatéraux</u> en fonction du niveau de confiance $1-\pi$ .....	137
Table 4	de 200 nombres au hasard de 0 à 999.....	154
Table 5	de la distribution de Student .....	178
Table 6	des intervalles de confiance dans les lois du $\chi^2$ .....	180
Table 7	des valeurs de $z_{1-\pi}$ pour les tests <u>unilatéraux</u> à droite (à gauche changer le signe de $z$ ) .....	245
Table 8	des valeurs de $z_{1-\pi/2}$ pour les tests <u>bilatéraux</u> en fonction du risque $\pi$ .....	245
Table 9	de la loi du $\chi^2$ .....	267
Table 10	de la loi de Snedecor (pour $\pi = 5\%$ unilatéral) .....	282
Table 15	de Durbin-Watson.....	350