

# Sommaire

<b>Avant-propos</b>	<b>ix</b>
<b>Table des figures</b>	<b>xxvii</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>xxxi</b>
<b>Notations mathématiques</b>	<b>xxxiii</b>
<b>A Présentation du logiciel R</b>	<b>1</b>
A.1 Présentation du logiciel . . . . .	1
A.1.1 Origines . . . . .	1
A.1.2 Pourquoi utiliser R ? . . . . .	1
A.2 R et les statistiques . . . . .	2
A.3 R et les graphiques . . . . .	3
A.4 L'interface graphique de R . . . . .	4
<b>B Quelques jeux de données et problématiques</b>	<b>7</b>
B.1 Indice de masse corporelle (IMC) chez des enfants . . . . .	7
B.2 Poids de naissance . . . . .	8
B.3 Épaisseur de l'intima-média . . . . .	9
B.4 Alimentation chez des personnes âgées . . . . .	10
B.5 Étude cas témoins sur l'infarctus du myocarde . . . . .	11
B.6 Tableau résumant l'utilisation des jeux de données . . . . .	12
<b>Partie I Les bases du logiciel R</b>	<b>13</b>
<b>1 Les concepts de base, l'organisation des données</b>	<b>15</b>
1.1 Votre première session . . . . .	15
1.1.1 R est une calculatrice . . . . .	16
1.1.2 Stratégie de travail . . . . .	17
1.1.3 Affichage des résultats et redirection dans des variables	19
1.1.4 Utilisation de fonctions . . . . .	21

1.2	Les données dans R	24
1.2.1	Nature (ou type, ou mode) des données	25
1.2.1.1	Type numérique ( <b>numeric</b> )	25
1.2.1.2	† Type complexe ( <b>complex</b> )	25
1.2.1.3	Type booléen ou logique ( <b>logical</b> )	27
1.2.1.4	Données manquantes ( <b>NA</b> )	27
1.2.1.5	Type chaînes de caractères ( <b>character</b> )	28
1.2.1.6	† Données brutes ( <b>raw</b> )	29
	Récapitulatif	29
1.2.2	Structure des données	29
1.2.2.1	Les vecteurs ( <b>vector</b> )	30
1.2.2.2	Les matrices ( <b>matrix</b> ) et les tableaux ( <b>arrays</b> )	31
1.2.2.3	Les listes ( <b>list</b> )	32
1.2.2.4	Le tableau individus×variables ( <b>data.frame</b> )	33
1.2.2.5	Les facteurs ( <b>factor</b> ) et les variables ordinales ( <b>ordered</b> )	34
	Récapitulatif	35
	Termes à retenir	36
	Exercices	36
	Fiche de TP	37
<b>2</b>	<b>Importation-exportation et production de données</b>	<b>39</b>
2.1	Importer des données	39
2.1.1	Importer des données depuis un fichier texte ASCII	39
2.1.1.1	Lecture de données avec <b>read.table()</b>	40
2.1.1.2	Lecture de données avec <b>read.ftable()</b>	43
2.1.1.3	Lecture de données avec la fonction <b>scan()</b>	44
2.1.2	Importer des données depuis Excel ou le tableur d'OpenOffice	45
2.1.2.1	Utiliser le copier-coller	45
2.1.2.2	Passer par un fichier ASCII intermédiaire	46
2.1.2.3	Utiliser des <i>packages</i> spécialisés	46
2.1.3	Importer des données depuis SPSS, Minitab, SAS ou Matlab	47
2.1.4	Les gros fichiers de données	47
2.2	Exporter des données	48
2.2.1	Exporter des données vers un fichier texte ASCII	48
2.2.2	Exporter des données vers Excel ou OpenOffice Calc	49
2.3	Création de données	49
2.3.1	Entrer des données jouets	49
2.3.2	Générer des données pseudo-aléatoires	50
2.3.3	Entrer des données issues d'un support papier	51
	Termes à retenir	53
	Exercices	53

Fiche de TP . . . . .	54
<b>3 Manipulation de données</b>	<b>59</b>
3.1 Opérations sur les vecteurs, matrices et listes . . . . .	59
3.1.1 Arithmétique vectorielle . . . . .	59
3.1.2 Le recyclage . . . . .	60
3.1.3 Fonctions basiques . . . . .	61
3.1.4 Opérations sur les matrices ou les <i>data.frames</i> . . . . .	62
3.1.4.1 Informations sur l'architecture . . . . .	62
3.1.4.2 Fusion de tables . . . . .	63
3.1.4.3 La fonction <code>apply()</code> . . . . .	67
3.1.4.4 La fonction <code>sweep()</code> . . . . .	68
3.1.4.5 La fonction <code>stack()</code> . . . . .	68
3.1.4.6 La fonction <code>aggregate()</code> . . . . .	69
3.1.4.7 La fonction <code>transform()</code> . . . . .	70
3.1.5 Opérations sur les listes . . . . .	70
3.2 Opérations logiques et relationnelles . . . . .	71
3.3 Opérations ensemblistes . . . . .	72
3.4 Structures de contrôle . . . . .	73
3.4.1 Instructions de condition . . . . .	73
3.4.2 Instructions de boucles . . . . .	76
3.5 Extraction et insertion d'éléments . . . . .	78
3.5.1 Extraction/Insertion dans les vecteurs . . . . .	79
3.5.2 Extraction/Insertion dans les matrices . . . . .	81
3.5.3 Extraction/Insertion dans les <i>arrays</i> . . . . .	84
3.5.4 Extraction/Insertion dans les listes . . . . .	85
3.6 Manipulation de chaînes de caractères . . . . .	87
3.7 Manipulation de dates et d'unités de temps . . . . .	90
3.7.1 Affichage de la date courante . . . . .	90
3.7.2 Extraction de dates . . . . .	91
3.7.3 Opérations sur des dates . . . . .	93
Termes à retenir . . . . .	95
Exercices . . . . .	95
Fiche de TP . . . . .	97
<b>4 R et sa documentation</b>	<b>103</b>
4.1 Aide intégrée au logiciel R . . . . .	103
4.1.1 La commande <code>help()</code> . . . . .	103
4.1.2 Quelques commandes complémentaires . . . . .	105
4.2 † Aide accessible sur l'Internet . . . . .	107
4.2.1 Moteurs de recherche . . . . .	108
4.2.2 Forums de discussion . . . . .	108
4.2.3 Listes de diffusion ( <i>mailing lists</i> ) . . . . .	108

4.2.4	Discussion relayée par l'Internet (IRC) . . . . .	109
4.2.5	<i>Wiki</i> . . . . .	109
4.3	† Littérature sur R . . . . .	109
4.3.1	Sur le web . . . . .	109
4.3.2	En format papier . . . . .	110
	Termes à retenir . . . . .	111
	Exercices . . . . .	111
	Fiche de TP . . . . .	111
<b>5</b>	<b>Techniques pour tracer des courbes et des graphiques</b>	<b>113</b>
5.1	Les fenêtres graphiques . . . . .	113
5.1.1	Fenêtre graphique de base, manipulation, sauvegarde	113
5.1.2	Découpage de la fenêtre graphique : <code>layout()</code> . . .	116
5.2	Les fonctions de tracé de bas niveau . . . . .	118
5.2.1	Les fonctions <code>plot()</code> et <code>points()</code> . . . . .	118
5.2.2	Les fonctions <code>segments()</code> , <code>lines()</code> et <code>abline()</code> . .	120
5.2.3	La fonction <code>arrows()</code> . . . . .	122
5.2.4	La fonction <code>polygon()</code> . . . . .	122
5.2.5	La fonction <code>curve()</code> . . . . .	123
5.2.6	La fonction <code>box()</code> . . . . .	124
5.3	La gestion des couleurs . . . . .	124
5.3.1	La fonction <code>colors()</code> . . . . .	124
5.3.2	Le codage hexadécimal des couleurs . . . . .	125
5.3.3	La fonction <code>image()</code> . . . . .	128
5.4	L'ajout de texte . . . . .	130
5.4.1	La fonction <code>text()</code> . . . . .	130
5.4.2	La fonction <code>mtext()</code> . . . . .	131
5.5	Titres, axes et légendes . . . . .	132
5.5.1	La fonction <code>title()</code> . . . . .	132
5.5.2	La fonction <code>axis()</code> . . . . .	134
5.5.3	La fonction <code>legend()</code> . . . . .	135
5.6	L'interaction avec le graphique . . . . .	136
5.6.1	La fonction <code>locator()</code> . . . . .	136
5.6.2	La fonction <code>identify()</code> . . . . .	137
5.7	† La gestion fine des paramètres graphiques : <code>par()</code> . . . . .	137
5.8	† Graphiques avancés : <code>rgl</code> , <code>lattice</code> et <code>ggplot2</code> . . . . .	149
	Termes à retenir . . . . .	150
	Exercices . . . . .	150
	Fiche de TP . . . . .	152

<b>6</b>	<b>Initiation à la programmation en R</b>	<b>157</b>
6.1	Préambule . . . . .	157
6.2	Développer des fonctions . . . . .	158
6.2.1	Mise en route rapide : déclaration, création et appel de fonctions . . . . .	158
6.2.2	Concepts de base sur les fonctions . . . . .	159
6.2.2.1	Corps de fonction . . . . .	159
6.2.2.2	Liste de paramètres formels et effectifs . .	159
6.2.2.3	Objet retourné par une fonction . . . . .	163
6.2.2.4	Portée des variables dans le corps de la fonc- tion . . . . .	165
6.2.3	Application à la problématique . . . . .	167
6.2.4	Opérateurs . . . . .	168
6.2.5	Le <b>R</b> vu comme un langage fonctionnel . . . . .	169
6.3	† Programmation orientée objets . . . . .	170
6.3.1	Comment fonctionne le mécanisme orienté objet du <b>R</b>	170
6.3.1.1	Classe d'un objet et déclaration d'un objet	170
6.3.1.2	Déclaration et utilisation d'une méthode d'un objet . . . . .	172
6.3.2	Retour à la problématique . . . . .	175
6.3.3	Information sur les méthodes . . . . .	177
6.3.4	Héritage de classe . . . . .	179
6.4	† Aller plus loin en programmation <b>R</b> . . . . .	183
6.4.1	Attributs <b>R</b> . . . . .	183
6.4.1.1	Attribut <b>class</b> . . . . .	185
6.4.1.2	Attribut <b>dim</b> . . . . .	185
6.4.1.3	Attributs <b>names</b> et <b>dimnames</b> . . . . .	189
6.4.2	Autres objets <b>R</b> . . . . .	191
6.4.2.1	Expression <b>R</b> . . . . .	192
6.4.2.2	Formule <b>R</b> . . . . .	194
6.4.2.3	Environnement <b>R</b> . . . . .	197
6.5	Gestion de son activité de développement . . . . .	199
6.5.1	Débogage de fonctions . . . . .	199
	Termes à retenir . . . . .	201
	Exercices . . . . .	201
	Fiche de TP . . . . .	203
<b>7</b>	<b>Maintenance des sessions</b>	<b>209</b>
7.1	Les commandes <b>R</b> , les objets et leur stockage . . . . .	209
7.2	Environnement de travail : les fichiers d'extension <b>.RData</b> .	210
7.3	Historique des commandes : les fichiers d'extension <b>.Rhistory</b>	213
7.4	Sauvegarder des graphiques . . . . .	215
7.5	La gestion des <i>packages</i> . . . . .	216

7.6	La gestion des chemins d'accès aux objets <b>R</b> . . . . .	217
7.7	† Autres commandes utiles . . . . .	219
7.8	† La gestion de la mémoire . . . . .	220
7.9	† Utiliser <b>R</b> en mode BATCH . . . . .	220
7.10	† Création d'un <i>package</i> <b>R</b> simplifié . . . . .	221
	Termes à retenir . . . . .	223
	Exercices . . . . .	223
	Fiche de TP . . . . .	224

## Partie II Mathématiques et statistiques élémentaires 227

<b>8</b>	<b>Mathématiques de base : calcul matriciel, intégration, optimisation</b>	<b>229</b>
8.1	Les fonctions mathématiques de base . . . . .	230
8.2	Calcul matriciel . . . . .	231
8.2.1	Opérations de base . . . . .	232
8.2.2	Produit extérieur . . . . .	234
8.2.3	Produit de Kronecker . . . . .	235
8.2.4	Matrices triangulaires . . . . .	235
8.2.5	Opérateurs vec et demi-vec . . . . .	236
8.2.6	Déterminant, trace, nombre de conditionnement . . . . .	236
8.2.7	Données centrées, données réduites . . . . .	237
8.2.8	Calcul des valeurs propres et vecteurs propres . . . . .	238
8.2.9	Racine carrée d'une matrice hermitienne définie positive . . . . .	238
8.2.10	Décomposition en valeurs singulières . . . . .	239
8.2.11	Décomposition de Cholesky . . . . .	240
8.2.12	Décomposition QR . . . . .	241
8.3	Intégration numérique . . . . .	241
8.4	Dérivation . . . . .	242
8.4.1	Dérivation symbolique . . . . .	242
8.4.2	Dérivation numérique . . . . .	243
8.5	Optimisation . . . . .	244
8.5.1	Fonctions d'optimisation . . . . .	244
8.5.2	Racines d'une fonction . . . . .	247
	Termes à retenir . . . . .	249
	Exercices . . . . .	249
	Fiche de TP . . . . .	250

<b>9</b>	<b>Statistique descriptive</b>	<b>255</b>
9.1	Introduction . . . . .	255
9.2	Structuration des variables suivant leur type . . . . .	256
9.2.1	Structurer les variables qualitatives . . . . .	257
9.2.2	Structurer les variables ordinales . . . . .	259
9.2.3	Structurer les variables quantitatives discrètes . . . . .	259
9.2.4	Structurer les variables quantitatives continues . . . . .	259
9.3	Tableaux de données . . . . .	260
9.3.1	Tableaux des données individuelles . . . . .	260
9.3.2	Tableaux des effectifs ou des fréquences d'une variable . . . . .	260
9.3.3	Tableaux de données regroupées en classes . . . . .	261
9.3.4	Tableaux croisant deux variables . . . . .	261
9.3.4.1	Tableaux de contingence . . . . .	261
9.3.4.2	Distribution conjointe . . . . .	262
9.3.4.3	Distributions marginales . . . . .	263
9.3.4.4	Distributions conditionnelles . . . . .	263
9.4	Résumés numériques . . . . .	264
9.4.1	Résumés de position d'une distribution . . . . .	264
9.4.1.1	Le ou les modes . . . . .	264
9.4.1.2	La médiane . . . . .	265
9.4.1.3	La moyenne . . . . .	267
9.4.1.4	Les fractiles . . . . .	267
9.4.2	Résumés de dispersion d'une distribution . . . . .	268
9.4.3	Résumés de forme d'une distribution . . . . .	268
9.5	Mesures d'association . . . . .	269
9.5.1	Mesures de liaison entre deux variables qualitatives . . . . .	269
9.5.1.1	La statistique du $\chi^2$ de Pearson . . . . .	269
9.5.1.2	$\Phi^2$ , $V^2$ de Cramér et coefficient de contin- gence de Pearson . . . . .	270
9.5.2	Mesures de liaison entre des variables ordinales (ou des rangs) . . . . .	271
9.5.2.1	Le $\tau$ et le $\tau_b$ de Kendall . . . . .	271
9.5.2.2	Coefficient de corrélation des rangs de Spear- man . . . . .	272
9.5.3	Mesures de liaison entre deux variables quantitatives . . . . .	272
9.5.3.1	Covariance et coefficient de corrélation de Pearson . . . . .	272
9.5.4	Mesures de liaison entre une variable quantitative et une variable qualitative . . . . .	273
9.5.4.1	Le rapport de corrélation $\eta^2_{Y X}$ . . . . .	273
9.6	Représentations graphiques . . . . .	274
9.6.1	Graphiques pour les variables qualitatives . . . . .	274
9.6.1.1	Diagramme en croix . . . . .	274
9.6.1.2	Diagramme en tuyaux d'orgue . . . . .	276

9.6.1.3	Diagramme de Pareto . . . . .	276
9.6.1.4	Diagramme empilé . . . . .	277
9.6.1.5	Diagramme circulaire . . . . .	278
9.6.2	Graphiques pour les variables ordinales . . . . .	280
9.6.2.1	Diagramme en tuyaux d'orgue avec courbe des fréquences cumulées . . . . .	280
9.6.3	Graphiques pour les variables quantitatives discrètes . . . . .	280
9.6.3.1	Diagramme en croix . . . . .	280
9.6.3.2	Diagramme en bâtons . . . . .	281
9.6.3.3	Graphe de la fonction de répartition empirique . . . . .	281
9.6.3.4	Diagramme en tiges et feuilles . . . . .	282
9.6.3.5	Boîte à moustaches ( <i>boxplot</i> ) . . . . .	282
9.6.4	Graphiques pour les variables quantitatives continues . . . . .	284
9.6.4.1	Graphe de la fonction de répartition empirique . . . . .	284
9.6.4.2	Diagramme en tiges et feuilles . . . . .	285
9.6.4.3	Boîte à moustaches . . . . .	286
9.6.4.4	Histogramme en densité à amplitudes de classes égales ou inégales . . . . .	286
9.6.4.5	Polygone des fréquences . . . . .	287
9.6.4.6	Polygone des fréquences cumulées . . . . .	288
9.6.5	Représentations graphiques dans un cadre bivarié . . . . .	288
9.6.5.1	Croisement de deux variables qualitatives . . . . .	288
9.6.5.2	Croisement de deux variables quantitatives . . . . .	291
9.6.5.3	Croisement d'une variable qualitative et d'une variable quantitative . . . . .	292
	Termes à retenir . . . . .	293
	Exercices . . . . .	293
	Fiche de TP . . . . .	294
<b>10</b>	<b>Variables aléatoires, lois et simulations</b>	<b>299</b>
10.1	Notions sur la génération de nombres au hasard . . . . .	299
10.2	La notion de variable aléatoire . . . . .	301
10.2.1	Réalisations d'une variable aléatoire et loi de fonction- nement . . . . .	301
10.2.2	Variables aléatoires <i>i.i.d.</i> . . . . .	303
10.2.3	Caractériser la loi d'une variable aléatoire . . . . .	304
10.2.3.1	Densité, fonction de répartition, fonction quan- tile . . . . .	305
10.2.4	Paramètres de la loi d'une variable aléatoire . . . . .	308
10.3	Loi des grands nombres et théorème de la limite centrale . . . . .	311
10.3.1	Loi des grands nombres . . . . .	311
10.3.2	Théorème de la limite centrale . . . . .	312

10.4	La statistique inférentielle . . . . .	313
10.4.1	Estimation (ponctuelle) de paramètres . . . . .	313
10.4.2	La fonction de répartition empirique . . . . .	315
10.4.3	Estimation par la méthode du maximum de vraisem- blance . . . . .	316
10.4.4	Fluctuation d'échantillonnage et qualités d'un estima- teur . . . . .	318
10.5	Quelques techniques de simulation d'une loi . . . . .	320
10.5.1	Simuler à partir d'une autre loi . . . . .	320
10.5.2	Méthode de la transformation inverse . . . . .	321
10.5.3	Méthode du rejet . . . . .	322
10.5.4	Simulation de variables aléatoires discrètes . . . . .	322
10.6	La méthode du <i>bootstrap</i> . . . . .	323
10.7	Lois usuelles et moins usuelles . . . . .	324
10.7.1	Lois usuelles . . . . .	324
10.7.2	† Lois moins usuelles . . . . .	326
10.8	Modélisation d'un phénomène . . . . .	327
	Termes à retenir . . . . .	330
	Exercices . . . . .	330
	Fiche de TP . . . . .	330
<b>11</b>	<b>Intervalles de confiance et tests d'hypothèses</b>	<b>335</b>
11.1	Notations . . . . .	335
11.2	Intervalles de confiance . . . . .	336
11.2.1	Intervalles de confiance pour une moyenne . . . . .	337
11.2.2	Intervalles de confiance pour une proportion $p$ . . . . .	338
11.2.3	Intervalles de confiance pour une variance . . . . .	339
11.2.4	Intervalles de confiance pour une médiane . . . . .	341
11.2.5	Intervalle de confiance pour un coefficient de corréla- tion . . . . .	342
11.2.6	Tableau récapitulatif des intervalles de confiance . . . . .	342
11.3	Tests d'hypothèses usuels . . . . .	342
11.3.1	Tests paramétriques . . . . .	345
11.3.1.1	Tests de moyenne . . . . .	345
11.3.1.2	Tests de variance . . . . .	348
11.3.1.3	Tests de proportion . . . . .	350
11.3.1.4	Tests de coefficient de corrélation . . . . .	352
11.3.2	Tests d'indépendance . . . . .	354
11.3.2.1	Test du $\chi^2$ d'indépendance . . . . .	354
11.3.2.2	Test du $\chi^2$ de Yates . . . . .	356
11.3.2.3	Test de Fisher exact . . . . .	357
11.3.3	Tests non paramétriques . . . . .	358
11.3.3.1	Tests d'adéquation . . . . .	358

11.3.3.2	Tests de position . . . . .	361
11.3.4	Tableau récapitulatif des tests usuels . . . . .	366
11.4	Autres tests d'hypothèses . . . . .	367
	Termes à retenir . . . . .	369
	Exercices . . . . .	369
	Fiche de TP . . . . .	370
<b>12</b>	<b>Régression linéaire simple et multiple</b>	<b>375</b>
12.1	Introduction . . . . .	375
12.2	La régression linéaire simple . . . . .	377
12.2.1	Objectif et modèle . . . . .	377
12.2.2	Ajustement sur des données . . . . .	377
12.2.3	Intervalle de confiance et de prédiction pour une nouvelle valeur . . . . .	382
12.2.4	Analyse des résidus . . . . .	385
12.2.5	Récapitulatif . . . . .	388
12.3	La régression linéaire multiple . . . . .	388
12.3.1	Objectif et modèle . . . . .	388
12.3.2	Ajustement sur des données . . . . .	389
12.3.3	Intervalle de confiance et de prédiction pour une nouvelle valeur . . . . .	393
12.3.4	Test d'une sous-hypothèse linéaire : test de Fisher partiel . . . . .	393
12.3.5	Cas des variables qualitatives à plus de deux modalités . . . . .	394
12.3.6	Interaction entre les variables . . . . .	396
12.3.7	Problème de la colinéarité . . . . .	400
12.3.8	Sélection de variables . . . . .	401
12.3.9	Analyse des résidus . . . . .	409
12.3.10	Cas de la régression polynomiale . . . . .	416
12.3.11	Récapitulatif . . . . .	417
	Termes à retenir . . . . .	418
	Exercices . . . . .	418
	Fiche de TP . . . . .	419
<b>13</b>	<b>Analyse de variance élémentaire</b>	<b>423</b>
13.1	Analyse de la variance à un facteur . . . . .	423
13.1.1	Les objectifs, les données et le modèle . . . . .	423
13.1.2	Exemple et inspection graphique . . . . .	424
13.1.3	Table d'ANOVA et estimations des paramètres . . . . .	426
13.1.4	Validation des hypothèses . . . . .	429
13.1.5	Comparaisons multiples et contrastes . . . . .	430
13.1.6	Récapitulatif . . . . .	433
13.2	Analyse de la variance à deux facteurs . . . . .	434

---

13.2.1	Objectifs, données et modèle . . . . .	434
13.2.2	Exemple et inspection graphique . . . . .	435
13.2.3	Table d'ANOVA, tests et estimation des paramètres . . . . .	437
13.2.4	Validation des hypothèses . . . . .	440
13.2.5	Contrastes . . . . .	441
13.2.6	Récapitulatif . . . . .	442
13.3	Analyses de variance à mesures répétées . . . . .	443
13.3.1	Modèle à un facteur à mesures répétées . . . . .	444
13.3.2	Modèle à deux facteurs à mesures répétées sur les deux facteurs . . . . .	445
13.3.3	Modèle à deux facteurs à mesures répétées sur un seul facteur . . . . .	447
	Termes à retenir . . . . .	449
	Exercices . . . . .	449
	Fiche de TP . . . . .	449
	<b>Annexes : Installation du logiciel R et des <i>packages</i> R</b>	<b>453</b>
C.1	Installation de R sous Microsoft Windows XP . . . . .	453
C.2	Installation de <i>packages</i> supplémentaires . . . . .	454
C.2.1	Installation à partir d'un fichier situé sur le disque . . . . .	454
C.2.2	Installation directement depuis l'Internet . . . . .	455
C.2.3	Installation depuis la ligne de commande . . . . .	456
C.2.4	Installation de <i>packages</i> sous Linux . . . . .	457
C.3	Chargement des <i>packages</i> installés . . . . .	458
	<b>Références</b>	<b>461</b>
	<b>Index général</b>	<b>465</b>
	<b>Index des commandes et des symboles R</b>	<b>473</b>
	<b>Index des auteurs</b>	<b>485</b>
	<b>Liste des <i>packages</i> R mentionnés dans le livre</b>	<b>487</b>