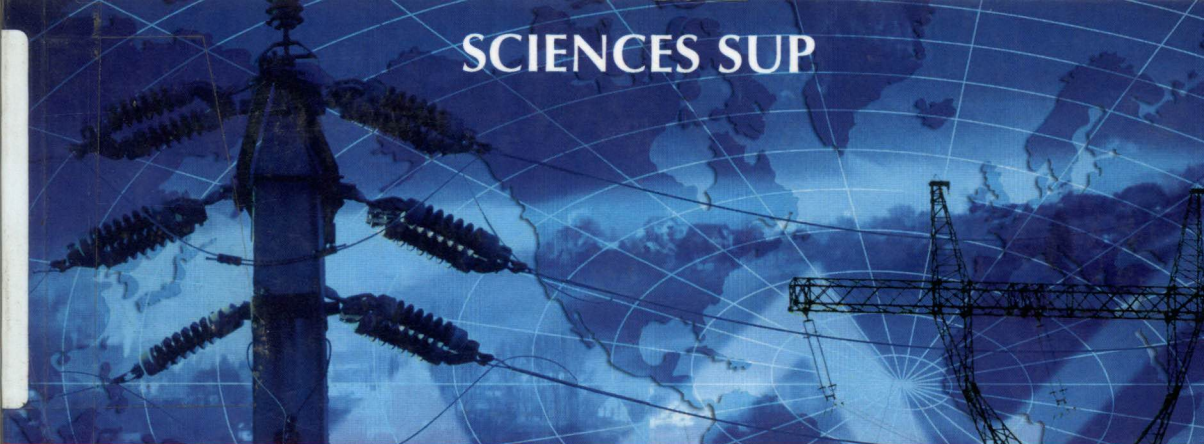




SCIENCES SUP

Cours et études de cas

Masters et Écoles d'ingénieurs

ANALYSES FACTORIELLES SIMPLES ET MULTIPLES

Objectifs, méthodes et interprétation

4^e édition

**Brigitte Escofier
Jérôme Pagès**

ANALYSES FACTORIELLES SIMPLES ET MULTIPLES

Objectifs, méthodes et interprétation

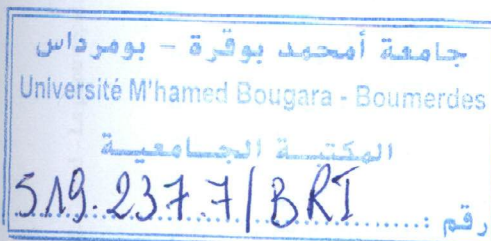
Brigitte Escoffier

Ancien professeur à l'Université de Rennes et à l'IUT de Vannes

Jérôme Pagès

Ingénieur agronome, professeur à l'Agrocampus de Rennes

4^e édition



2 exp.



DUNOD

Table des matières

Introduction	1
1 Analyse en Composantes Principales	7
1.1 Données et objectifs de l'étude	7
1.2 Transformation des données	10
1.3 Nuage des individus	11
1.4 Nuage des variables	12
1.5 Ajustement du nuage des individus	13
1.6 Ajustement du nuage des variables	15
1.7 Dualité et formules de transition en ACP	17
1.8 Schéma général de l'ACP	21
1.9 Aides à l'interprétation	24
1.10 variables qualitatives illustratives en ACP	27
2 Exemple d'ACP et de CAH	31
2.1 Données et problématique	31
2.2 Résultats de l'ACP	34
2.3 Introduction à la méthode de Ward (classification automatique)	42
2.4 Caractérisation directe d'une classe d'individus	49
2.5 Interprétation simultanée d'un plan factoriel et d'un arbre hiérarchique	55
2.6 Construction et amélioration d'une partition	60

3	Analyse Factorielle des Correspondances	63
3.1	Données, notations, hypothèse d'indépendance	63
3.2	Objectifs	65
3.3	Transformations des données en profils	66
3.4	Ressemblance entre profils : distance du χ^2	68
3.5	Les deux nuages	68
3.6	Ajustement des deux nuages	71
3.7	La dualité	74
3.8	Nombre d'axes et inertie totale	79
3.9	Aides à l'interprétation et éléments supplémentaires	79
3.10	Schéma général de l'AFC	79
3.11	Conclusion	82
4	Analyse des Correspondances Multiples	85
4.1	Données et notations	85
4.2	Objectifs	89
4.3	AFC appliquée à un Tableau Disjonctif Complet	91
4.4	Analyse des Correspondances d'un tableau de Burt	99
4.5	Codage en classes des variables quantitatives	101
4.6	Analyse Factorielle de Données Mixtes (AFDM)	104
4.7	Conclusion	105
5	Calculs et dualité en Analyse Factorielle	107
5.1	Introduction	107
5.2	Calcul des axes d'inertie et des facteurs d'un nuage de points	107
5.3	Nuages des lignes et des colonnes en ACP et en AFC	112
5.4	Dualité	115
5.5	Mise en œuvre des calculs	121
5.6	Reconstitution des données et approximation de X	123

5.7	Une équivalence en ACM	125
6	Exemple de traitement de tableau multiple par ACM et AFC...	127
6.1	L'enquête Ouest-France	127
6.2	Analyse simultanée de plusieurs groupes de variables	128
6.3	Le problème des réponses manquantes	130
6.4	Première analyse : ACM des rubriques	132
6.5	Deuxième analyse : ACM du signalétique	139
6.6	Une analyse non satisfaisante : ACM des rubriques et du signalétique	142
6.7	Troisième analyse : AFC du tableau croisant signalétique et rubriques	143
6.8	Conclusion	147
7	L'Analyse Factorielle Multiple à partir de deux applications ...	149
7.1	L'exemple des vins	149
7.2	AFM appliquée aux données de l'enquête <i>Ouest-France</i>	164
8	Aspects théoriques et techniques de l'Analyse Factorielle Multiple	171
8.1	Données et notations	172
8.2	L'AFM dans l'espace des individus R^K	173
8.3	L'AFM dans l'espace des variables R^I	179
8.4	L'AFM dans l'espace des groupes de variables R^{I^2}	188
8.5	AFM et modèle INDSCAL	194
8.6	Cas des variables qualitatives et des tableaux mixtes	197
8.7	Éléments supplémentaires	202
8.8	Mise en œuvre de l'Analyse Factorielle Multiple	203
9	Méthodologie de l'AFM	205
9.1	Tactique méthodologique	205

9.2 Aides à l'interprétation.....	211
9.3 Analyse factorielle multiple hiérarchique	219
10 Comparaison de tableaux de fréquence binaire	223
10.1 Données et problèmes	223
10.2 Étude des marges binaires	228
10.3 Première analyse : les tableaux en supplémentaire dans l'AFC de leur somme	229
10.4 Deuxième analyse : AFC de variables croisées ou de tableaux juxtaposés.....	240
10.5 Troisième analyse : analyse intra	257
10.6 Conclusion	266
11 Interprétation des résultats d'une analyse factorielle	269
11.1 Prolégomènes	269
11.2 Interprétation d'une ACP	272
11.3 Interprétation d'une AFC.....	280
11.4 Interprétation d'une ACM.....	282
11.5 Interprétation d'une AFM	284
11.6 Quelques types de facteurs	289
12 Fiches techniques	295
12.1 Fiche 1 : moyenne et barycentre, variance et inertie	295
12.2 Fiche 2 : représentation des variables dans R^I	299
12.3 Fiche 3 : distance, norme et produit scalaire.....	301
Index systématique	309
Bibliographie	317

Brigitte Escofier
Jérôme Pagès

ANALYSES FACTORIELLES SIMPLES ET MULTIPLES

Objectifs, méthodes et interprétation

Cet ouvrage est destiné aux étudiants en Masters de mathématiques appliquées, d'économie ou d'économétrie, ainsi qu'aux élèves ingénieurs. Il aborde les méthodes d'analyse des données qui ont démontré leur efficacité dans l'étude des grandes masses complexes d'informations. Ces méthodes sont maintenant appliquées dans tous les domaines où l'on accumule d'importants fichiers de données, et sont largement utilisées hors de leurs champs traditionnels.

Pour cette quatrième édition, le texte a été révisé et augmenté notamment sur deux points qui correspondent à une demande croissante des utilisateurs :

- une présentation de l'analyse factorielle sur données mixtes (AFDM) ;
- une présentation de l'Analyse Factorielle Multiple Hiérarchique (AFMH), prolongement naturel de l'AFM.

Le cours est illustré par de nombreuses études de cas.

BRIGITTE ESCOFIER
a été professeur à
l'Université de Rennes
et à l'IUT de Vannes.
Elle était l'une des
fondatrices de l'École
française d'analyse
des données.

JÉRÔME PAGÈS
est ingénieur
agronome, professeur à
l'Agrocampus de Rennes

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



9 782100 519323

6656573

ISBN 978-2-10-051932-3



www.dunod.com

