

Table des matières

1	Analyse en composantes principales	1
1.1	Données, notations	1
1.2	Pourquoi analyser un tableau par ACP ?	2
1.3	Nuages des individus et des variables	3
1.4	Centrage et réduction	6
1.5	Ajustement des nuages N_I et N_K	7
1.5.1	Principe général et formalisation des critères	8
1.5.2	Interprétation des critères	9
1.5.3	Solution	10
1.5.4	Relations entre les analyses des deux nuages	12
1.5.5	Représentation des variables	14
1.5.6	Nombre d'axes	15
1.6	Aides à l'interprétation	15
1.6.1	Pourcentage d'inertie associé à un axe	15
1.6.2	Contribution d'un point à l'inertie d'un axe	16
1.6.3	Qualité de représentation d'un point par un axe	16
1.7	Premier exemple : 909 candidats au bac	17
1.7.1	Inerties projetées	17
1.7.2	Interprétation des axes	18
1.7.3	Remarques méthodologiques	20
1.8	Éléments supplémentaires	22
1.9	Variables qualitatives en ACP	24
1.10	Second exemple : six jus d'orange	27
1.11	ACP dans FactoMineR	29
2	Analyse des correspondances multiples	37
2.1	Données	37
2.2	Tableau disjonctif complet	38
2.3	Questionnement	39
2.4	Nuages des individus et des variables	40
2.4.1	Nuage des individus	41
2.4.2	Nuage des modalités	43

2.4.3	Variables qualitatives	44
2.5	Ajustement des nuages N_I et N_K	46
2.5.1	Nuage des individus	46
2.5.2	Nuage des modalités	48
2.5.3	Relations entre les deux analyses	49
2.6	Représentation des individus, des modalités et des variables	50
2.7	Aides à l'interprétation	52
2.8	Exemple : 25 étudiants évaluent 5 outils pédagogiques	53
2.8.1	Données	53
2.8.2	Analyse et représentations	54
2.8.3	Comparaison ACM/ACP pour des variables ordinales	57
2.9	ACM dans FactoMineR	59
3	Analyse factorielle de données mixtes	65
3.1	Données, notations	66
3.2	Représentation des variables	66
3.3	Représentation des individus	68
3.4	Relations de transition	69
3.5	Mise en œuvre	70
3.6	Exemple : biométrie de six individus	70
3.7	AFDM dans FactoMineR	73
4	Pondération des groupes de variables	77
4.1	Problématique	77
4.2	Exemple numérique introductif	79
4.3	Pondération des variables en AFM	80
4.4	Application aux six jus d'orange	84
4.5	Relations avec les analyses partielles	86
4.6	Conclusion	88
4.7	AFM dans FactoMineR (premiers résultats)	89
5	Comparaison de nuages d'individus partiels	97
5.1	Problématique	97
5.2	Méthode	100
5.3	Application aux six jus d'orange	102
5.4	Aides à l'interprétation	104
5.5	Distorsions dans la représentation superposée	106
5.5.1	Exemple	106
5.5.2	Interprétation géométrique	108
5.5.3	Approche algébrique	110
5.6	Conclusion sur la représentation superposée	112
5.7	Nuages partiels de l'AFM dans FactoMineR	112

6	Facteurs communs	115
6.1	Problématique	115
6.1.1	Mesure de liaison entre une variable et un groupe	116
6.1.2	Facteur commun à plusieurs groupes de variables	117
6.1.3	Retour sur les six jus d'orange	117
6.1.4	Analyse canonique	119
6.2	Liaison entre variable et groupe de variables	119
6.3	Recherche de facteurs communs	121
6.4	Recherche de variables canoniques	122
6.5	Aides à l'interprétation	123
6.5.1	Mesure de liaison Lg	123
6.5.2	Coefficients de corrélation canoniques	123
7	Comparaison des groupes de variables	125
7.1	Nuage N_J des groupes de variables	125
7.2	Produit scalaire, liaison entre groupes de variables	127
7.3	Norme dans l'espace des groupes de variables	129
7.4	Représentation approchée du nuage N_J	130
7.4.1	Principe	130
7.4.2	Critère	132
7.5	Aides à l'interprétation	133
7.6	Modèle Indscal	134
7.6.1	Modèle	135
7.6.2	Estimation des paramètres et propriétés	136
7.6.3	Exemple d'application du modèle Indscal <i>via</i> l'AFM	138
7.6.4	Dix vins blancs de Touraine	141
7.7	AFM dans FactoMineR (groupes)	146
8	Groupes qualitatifs et mixtes	149
8.1	ACM pondérée	149
8.1.1	Nuage des modalités en ACM pondérée	150
8.1.2	Relations de transition en ACM pondérée	151
8.2	AFM de variables qualitatives	151
8.2.1	Point de vue de l'analyse factorielle	151
8.2.2	Point de vue de l'analyse multicanonique	153
8.2.3	Représentation des individus partiels	154
8.2.4	Représentation des modalités partielles	155
8.2.5	Analyse dans l'espace des groupes de variables (\mathbb{R}^{I^2})	155
8.3	Cas des données mixtes	157
8.3.1	Pondération des variables	157
8.3.2	Propriétés	158
8.4	Application	160
8.4.1	Analyses séparées	161
8.4.2	Inerties dans l'analyse globale	162

8.4.3	Coordonnées des facteurs des analyses séparées	163
8.4.4	Premier facteur	164
8.4.5	Deuxième facteur	166
8.4.6	Troisième facteur	167
8.4.7	Représentation des groupes de variables	168
8.4.8	Conclusion	169
8.5	AFM de données mixtes dans FactoMineR	170
9	AFM et Statis	175
9.1	Notations	175
9.2	Principes communs aux deux méthodes	176
9.3	Pondération des variables	176
9.3.1	Comparaison des deux méthodes	176
9.3.2	Illustration	177
9.4	Représentations superposées	180
9.4.1	Comparaison des deux méthodes	180
9.4.2	Illustration à l'aide des données 2^{6-3}	181
9.5	Mesure de liaison entre groupes de variables	183
9.5.1	Comparaison des deux méthodes	183
9.6	Représentation des groupes de variables	185
9.6.1	Comparaison des deux méthodes	185
9.6.2	Illustration à l'aide des données 2^{6-3}	186
9.7	Conclusion	189
9.8	Statis dans ade4	190
10	AFM et analyse procustéenne	193
10.1	Analyse procustéenne	193
10.1.1	Données, notations	193
10.1.2	Objectifs	194
10.1.3	Méthodes et variantes	195
10.2	Comparaison entre les deux méthodes	196
10.2.1	Représentation des N_I^j	196
10.2.2	Nuage moyen	197
10.2.3	Objectif, critère, algorithme	198
10.2.4	Propriétés des représentations des N_I^j	199
10.2.5	Premier bilan	199
10.2.6	Harmonisation de l'inertie des N_I^j	200
10.2.7	Relations entre les facteurs homologues	200
10.2.8	Représentation des individus	201
10.2.9	Aides à l'interprétation	202
10.2.10	Représentation des variables	203
10.3	Etude d'un jeu de données choisies (2^{3-1})	203
10.3.1	Données 2^{3-1}	203
10.3.2	Résultats de l'AFM	205

10.3.3	Résultats de l'APG	207
10.4	Application aux dix vins de Touraine	209
10.5	Conclusion	212
10.6	APG dans FactoMineR	212
11	Analyse factorielle multiple hiérarchique	215
11.1	Données, exemples	215
11.2	Hiérarchie et partitions	217
11.3	Pondération des variables	218
11.4	Représentation des individus partiels	219
11.4.1	Méthode	219
11.4.2	Application aux six jus d'orange	221
11.5	Coefficients de corrélation canoniques	223
11.6	Représentation des nœuds	223
11.7	Application à des données mixtes : le napping® catégorisé	225
11.7.1	Données et méthodologie	225
11.7.2	Analyse intermédiaire : AFM sur une nappe catégorisée	227
11.7.3	Décompositions de l'inertie	228
11.7.4	Représentations des individus, moyens et partiels	229
11.8	AFMH dans FactoMineR	234
A	Calcul matriciel et espace euclidien	241
A.1	Fiche 1 : éléments de calcul matriciel	241
A.2	Fiche 2 : espace vectoriel euclidien	245
A.2.1	Espace vectoriel muni de la distance usuelle	245
A.2.2	Espace euclidien muni d'une métrique diagonale	247
A.2.3	Visualisation d'un nuage	248
	Bibliographie	253