

A. YOUNI

Comparaison entre les états de sujets après l'effort sous divers traitements

Les cahiers de l'analyse des données, tome 14, n° 4 (1989), p. 439-448

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1989__14_4_439_0

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1989, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Les cahiers de l'analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

COMPARAISON ENTRE LES ÉTATS DE SUJETS APRÈS L'EFFORT SOUS DIVERS TRAITEMENTS

[COMPAR. EFFORT]

A. *YOUBI**

1 Le protocole expérimental

Nous ne pouvons, sans divulguer des résultats qui ne nous appartiennent pas, préciser de quels traitements il s'agit, ni même à quelle épreuve particulière sont soumis les volontaires sains, sujets de la présente étude. Mais, pour montrer l'efficacité de la méthode que nous avons employée, il suffira de décrire formellement la structure de l'expérimentation effectuée et des données telles qu'elles nous ont été communiquées.

Huit sujets sains réalisent chacun successivement trois épreuves d'effort, E0, E1, E2. Les épreuves sont les mêmes pour tous. L'épreuve E0 est réalisée dans des conditions usuelles et hors de tout traitement. Les épreuves E1 et E2 sont toutes deux réalisées dans des conditions éprouvantes et sous traitement.

De façon précise, il y a deux traitements possibles, que nous désignerons respectivement par les lettres A et B. Chaque sujet est soumis à l'un des traitements, A ou B, lors de l'épreuve E1; et à l'autre traitement, lors de l'épreuve E2. En principe, les délais séparant les épreuves sont tels que le traitement sous lequel s'effectue E1 soit sans effet sur le déroulement de E2. Mais les données recueillies ne permettent aucunement de vérifier cette hypothèse que nous ne citons donc que pour mémoire.

Après une épreuve, un sujet est soumis à des mesures psychométriques et physiologiques.

Les mesures psychométriques sont résumées par les quatre notes d'un diagramme HASE:

{HUMeur, ANXiété, EFFort, SOMmeil};

(*) Docteur en statistique.

variations des états après l'effort							
16 x 7							
7	HUM	ANX	EFF	SOM	VVV	SSS	stt
Ab1	5	1	-2	-2	0	-3	1
aB1	3	-1	-2	-1	-1	-4	3
Ab2	3	-1	-2	-2	1	-2	1
aB2	1	-3	-2	-1	0	-3	3
Ba3	3	0	-1	-1	0	-1	2
bA3	5	0	0	-1	1	-1	4
Ba4	2	-1	0	1	0	-1	2
bA4	4	-1	1	0	1	-1	4
Ba5	3	-1	0	0	-1	-1	2
bA5	4	0	3	0	1	0	4
Ab6	2	-1	-2	-2	1	-2	1
aB6	3	-4	-4	-1	0	-3	3
Ab7	0	-1	-2	-1	0	-2	1
aB7	2	-4	-3	-1	-1	-3	3
Ba8	-2	-1	-2	-1	0	-1	2
bA8	4	0	1	-1	1	1	4

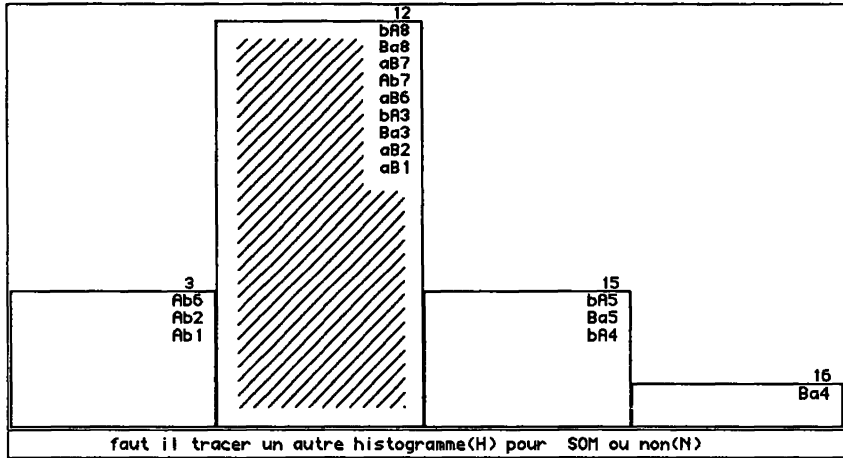
Il nous suffira de dire que chacune des quatre notes peut varier de 0 à 15; et qu'elle est d'autant plus élevée que l'état du sujet est plus perturbé dans le domaine concerné.

Quant aux variables physiologiques, nous nous bornerons à les désigner par les sigles SSS et VVV, en précisant que l'état d'un sujet est d'autant meilleur que ces variables, cotée chacune, par le laboratoire, de 0 à 5, sont plus basses.

2 Présentation du tableau des données

Dans l'esprit des expérimentateurs, l'épreuve E0, réalisée hors traitement, constitue une référence à laquelle comparer les deux autres épreuves E1 et E2, réalisées sous traitement. Les valeurs brutes des six variables mesurées après une épreuve E1 ou E2, ne sont pas à interpréter en elles-mêmes mais relativement aux valeurs mesurées après E0 chez le même sujet. Dans la suite, on se bornera à opérer sur des différences de valeurs, sans exclure la possibilité que, dans d'autres études, il soit meilleur de calculer des rapports.

Dans la présente étude, l'individu statistique est un couple (sujet, épreuve sous traitement). Afin de fixer des notations transparentes, nous attribuons à chaque couple un sigle de trois caractères, tel que Ab1. De façon précise, le chiffre qui termine ce sigle est le numéro du sujet, lequel peut varier de 1 à 8. Les deux lettres désignent les traitements auquel ce sujet a été soumis: soit, dans le cas du sujet I, A pour l'épreuve E1 et B pour l'épreuve E2. Si l'on considère l'épreuve E1, on met en capitale la première lettre et en minuscule la seconde (comme dans Ab1); et on fait le contraire pour la deuxième épreuve (aB1).



Ceci posé, on construit comme suit un tableau ayant 16 lignes, les 16 épreuves sous traitement (2 par sujet) et 6 colonnes, libellées comme les 6 variables. À l'intersection de la ligne Ab1 et de la colonne EFF, on place la valeur -2, obtenue en retranchant la valeur de la note EFF, attribuée au sujet 1 après l'épreuve E0, de la valeur de EFF pour 1 après E1. De même, à l'intersection de la ligne bA5 et de la colonne HUM, on place la valeur 4, obtenue en retranchant la valeur de la note HUM, attribuée au sujet 5 après l'épreuve E0, de la valeur de HUM pour 5 après E2. Etc...

Ce qu'on peut écrire en formules:

$$k(Xys, v) = v(s, E1) - v(s, E0);$$

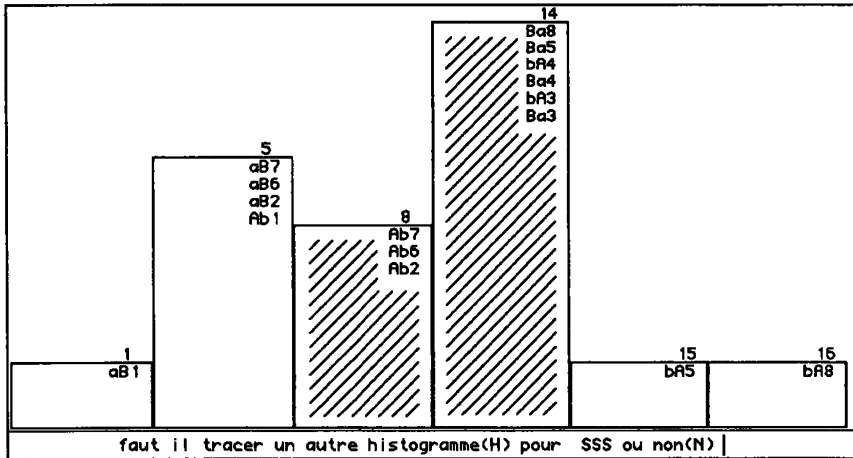
$$k(xYs, v) = v(s, E2) - v(s, E0);$$

où $v(s, Ei)$ désigne la valeur de la variable v pour le sujet s après l'épreuve Ei ; et $k(Xys, v)$ (ou $k(xYs, v)$) est la valeur calculée pour être placée à l'intersection de la ligne Xys (ou xYs) et de la colonne v .

À ces six colonnes, on en a adjoint une septième, stt, qui reprend, sous forme numérique, les informations que donne le sigle relativement au traitement. La variable stt prend les valeurs:

$$\{1, 2, 3, 4\} \approx \{Ab, Ba, aB, bA\};$$

c'est-à-dire '1' pour l'épreuve E1 d'un sujet ayant reçu successivement les traitements A et B; '2' pour l'épreuve E1 d'un sujet ayant reçu successivement les traitements B et A; etc... L'introduction de cette septième colonne permet ici, comme dans des cas analogues, de montrer la réponse aux traitements sur un sous-tableau du tableau de Burt aisément construit par le logiciel MacSAIF.



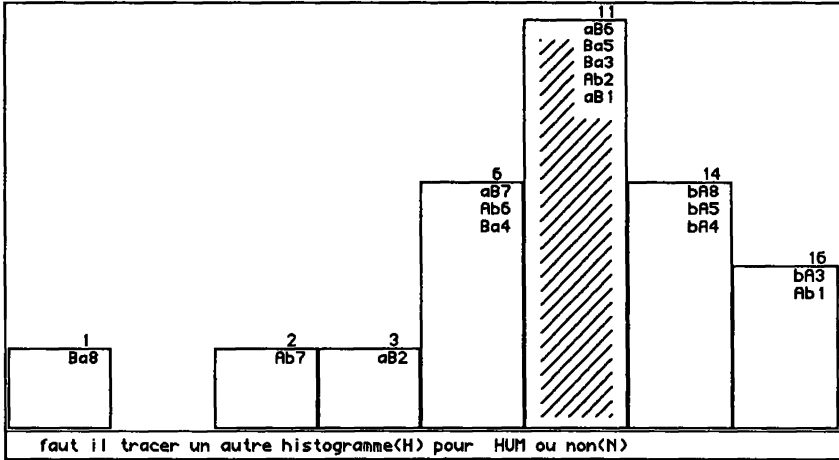
3 Codage des données

Les six variables calculées par différence sont hétérogènes entre elles: elles ne peuvent être analysées simultanément sans un codage préalable. Chaque variable sera découpée en 3 modalités, en se basant sur les histogrammes présentés par le programme 'zrang'. Les limites des classes ont été choisies d'une part en s'efforçant d'équilibrer les effectifs de celles-ci; d'autre part en se basant sur les sigles des individus affichés dans les créneaux pour que le choix des bornes manifeste le plus clairement les différences entre traitements.

Quant aux sigles des modalités, on utilise, pour chacune des variables v , les trois signes {-, =, +}; la modalité v - correspondant au comportement le moins bon lors de l'épreuve sous traitement; c'est-à-dire aux valeurs les plus fortes pour les 4 notes {HUM, ANX, SOM, EFF} du diagramme HASE; ainsi que pour les deux variables physiologiques {SSS, VVV}.

En créant les histogrammes en mode conversationnel, on a, pour chaque variable, demandé un nombre de créneaux égal au nombre des valeurs entières allant de la plus petite à la plus grande valeur effectivement prise. Par exemple, pour la variable physiologique SSS, qui (après calcul de différences) varie de -4 à +1, on a demandé 6 créneaux; pour HUM, qui varie de -2 à +5, on a demandé 8 créneaux.

Pour plus de clarté, sur les histogrammes qui illustrent le présent article, on a couvert de hachures les créneaux compris dans la modalité moyenne; e.g., pour SSS, les deux créneaux centraux correspondant aux valeurs -2 et -1; et pour HUM, un créneau unique qui correspond à la valeur 3 et renferme les 5 épreuves { aB6, Ba5, Ba3, Ab2, aB1}.



variations des états après l'effort

9:alt:prfDcodx: bornes pour le découpage des variables

le nombre des variables est 7

HUM a 3 modalités dont les sigles et valeurs maxima sont

HUM+	HUM=	HUM-
2	3	5

ANX a 3 modalités dont les sigles et valeurs maxima sont

ANX+	ANX=	ANX-
-3	-1	1

EFF a 3 modalités dont les sigles et valeurs maxima sont

EFF+	EFF=	EFF-
-2	0	3

SOM a 3 modalités dont les sigles et valeurs maxima sont

SOM+	SOM=	SOM-
-2	-1	1

VVV a 3 modalités dont les sigles et valeurs maxima sont

VVV+	VVV=	VVV-
-1	0	1

SSS a 3 modalités dont les sigles et valeurs maxima sont

SSS+	SSS=	SSS-
-3	-1	1

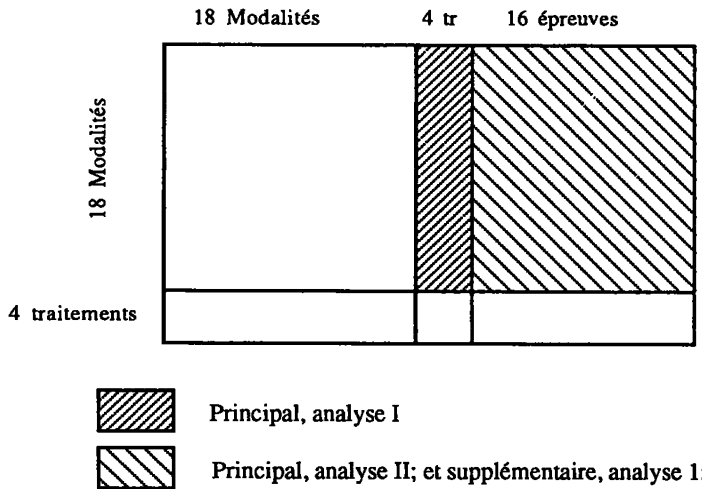
stt a 4 modalités dont les sigles et valeurs maxima sont

Ab	Ba	aB	bA
1	2	3	4

Les bornes adoptées pour le découpage des variables sont gardées dans le listage 'Dcodx', créé par le programme 'zrang'. Nous publions ce listage, après avoir supprimé les chiffres décimaux (e.g. -1.00000) qu'il comportait initialement, étant écrit en format réel.

4 Tableaux construits et analyses effectuées

Le programme 'zrang' permet de construire un tableau de Burt 22 × 22 ou tableau de cooccurrence des modalités des 7 variables; avec, plus exactement, 18



modalités des 6 variables décrivant l'état après l'effort et 4 modalités de traitement {Ab, Ba, aB, bA}. De plus, on a un tableau booléen, en (0,1), croisant l'ensemble des 16 épreuves avec les 22 modalités.

Il vaut la peine de préciser comment le logiciel MacSAIF permet d'effectuer les analyses I et II spécifiées sur la figure; et cela par plusieurs voies.

Sur la figure, le tableau booléen est disposé avec en ligne les modalités et en colonne les examens: ce n'est point ainsi que le crée 'zrang', mais ce même programme permet de le transposer (option 'T'; cf. [NOT. CRÉ. TAB], §2, in *CAD*, Vol XIV, n° 1). On peut ensuite réaliser sur un seul tableau la disposition de la figure en utilisant le programme de juxtaposition 'juxtab' (cf. [CORREL. JUXT.], in *CAD*, Vol XIV, n° 3), à condition d'avoir recopié le BURT en format 'ww' (par 'zrang', option 'C').

Le plus simple est toutefois, pour l'analyse II, d'analyser le tableau booléen tel qu'il a été créé, sans le transposer (bien que cette opération abrège un peu les calculs, en produisant un tableau qui a 16 colonnes au lieu de 18).

Pour l'analyse I, on peut soumettre le tableau de Burt au programme 'qori', en mettant en supplémentaire les 18 premières colonnes et les 4 dernières lignes; puis adjoindre le tableau booléen en tableau supplémentaire extérieur, à l'aide du programme 'qorlsup' (cf. [NOT. CRÉ. TAB], §4).

On peut encore extraire du tableau de Burt le sous-tableau formé des 4 dernières colonnes (4 traitements), en utilisant le programme 'soustab' (cf. [NOT. CRÉ. TAB], §5). Le tableau booléen est ajouté par 'qorlsup'; à condition

de lui donner un nom compatible avec celui attribué au sous-tableau (bande verticale à 4 colonnes) du tableau de BURT.

De façon précise, si le tableau des données de départ est 9:alt:prfyy (avec le suffixe yy, puisque les données ne sont pas exclusivement des entiers positifs ou nuls: cf. [NOT. CRÉ. TAB.], §1.3), le tableau de BURT est nommé 9:alt:prfB; et le tableau booléen est 9:alt:prfBb; ce qui correspond à un ensemble de colonnes supplémentaires ayant pour sigle 'b'. Mais le sous-tableau du BURT recevra un nom tel que 9:alt:prfB* (si '*' est le suffixe donné par l'utilisateur du programme 'soustab'); et le tableau booléen devra alors être renommé 9:alt:prfB*b. C'est ainsi qu'on a procédé.

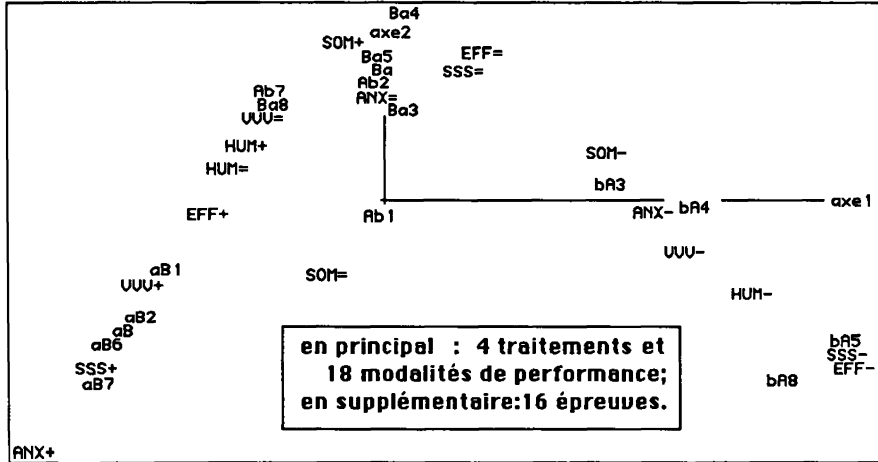
En fait, l'extraction d'une bande verticale du tableau de BURT ne s'impose que pour des tableaux de grandes dimensions; car alors on économise un temps de calcul notable (ainsi que de l'espace sur disque pour garder les fichiers) en analysant la bande plutôt que le tableau de BURT complet (en spécifiant des colonnes supplémentaires).

Quelle que soit la suite des opérations effectuées, il reste à justifier notre démarche. Dans l'analyse I, on prend pour tableau principal le tableau de contingence croisant les traitements avec les modalités des effets observés. Nous ne sachons pas qu'il existe une voie plus directe pour aboutir au but de l'étude expérimentale en cause. L'adjonction des épreuves individuelles en éléments supplémentaires permet d'apprécier dans quelle mesure les associations entre traitement et modalités révélées par l'analyse se vérifient pour toutes les épreuves rentrant dans un traitement donné.

L'analyse II nous engage dans une voie moins sûre que celle de l'analyse I. En effet, en croisant l'ensemble des épreuves avec l'ensemble des modalités des effets, on ne peut, avec certitude, attendre que les oppositions qui s'inscriront sur les premiers axes factoriels soient précisément celles liées aux différents traitements. Les premiers axes peuvent être créés par des différences interindividuelles plus marquantes que les effets des traitements.

Certes, en procédant comme nous l'avons fait dans le codage, qui utilise, comme l'on dit, chaque sujet pour être son propre témoin, on s'est appliqué à ne retenir dans la description de chaque épreuve que les effets différentiels dus au traitement, à l'exclusion des caractères propres à l'individu, lesquels sont éliminés par la soustraction.

Mais, d'une part, il n'est pas sûr que la différence soit la formule la plus appropriée (nous avons, plus haut, suggéré d'utiliser des rapports); et, d'autre part, on peut attendre qu'en général, l'analyse II, même si elle aboutit aux mêmes conclusions que l'analyse I, les présente sous une forme moins nette. Une confirmation apportée par l'analyse II sera toutefois d'autant plus précieuse



qu'elle manifestera les effets différents des traitements sans prendre en compte explicitement ceux-ci.

5 Résultats des analyses

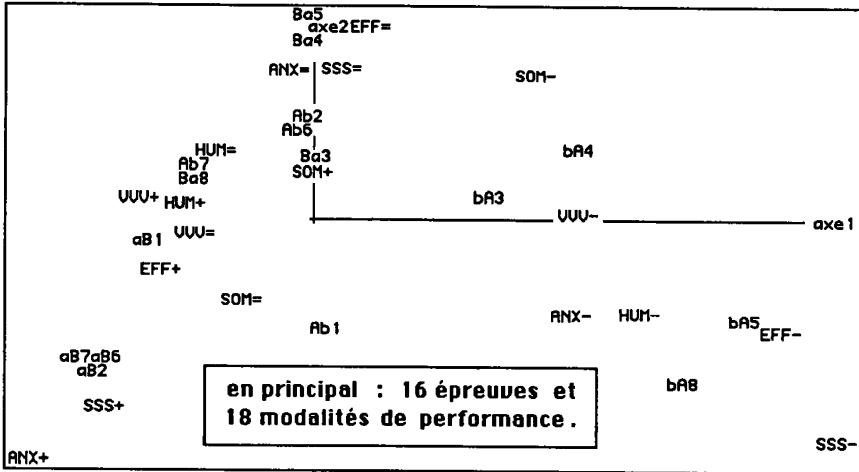
5.1 Analyse I: bande de BURT en principal et tableau booléen en supplémentaire

```

variations des états après l'effort (analyse I);
trace : 9.956e-1
rang : 1 2 3
lambda : 5533 2519 1904 e-4
taux : 5558 2530 1912 e-4
cumul : 5558 8088 10000 e-4
    
```

	SIGJ	QLT	PDS	INR	F 1	CO2	CTR	F 2	CO2	CTR	F 3	CO2	CTR
Ab	1000	250	156		-143	33	9	380	233	143	-675	734	598
Ba	1000	250	167		-103	16	5	599	539	356	545	446	389
aB	1000	250	303		-915	692	378	-603	301	361	92	7	11
bA	1000	250	374		1160	904	608	-376	95	140	38	1	2

Avec quatre colonnes dans le tableau principal, l'analyse produit seulement 3 facteurs non triviaux. Sur l'axe 1, les points Ab et Ba, figurant l'épreuve E1 sous les deux traitements possibles, sont proches de l'origine; et l'axe est créé par l'opposition entre aB et bA, issues de l'épreuve E2 sous les deux traitements. Si, comme le postulaient les expérimentateurs, l'influence du traitement sous lequel a été effectuée l'épreuve E1 ne s'étend pas à l'épreuve E2, il faut conclure que ce sont les sujets eux-mêmes qui ne deviennent sensibles à la différence entre traitements qu'après avoir effectué E1. Quant aux modalités de performance, l'axe 1 est principalement créé par l'opposition entre modalités {SSS-, VVV-} des variables physiologiques (F1<0) et modalités {SSS+,



VVV+} des mêmes variables ($F1 > 0$). Les modalités {+,-} des variables psychologiques (diagramme HASE) vont, pour la plupart, avec les modalités physiologiques de même signe. Enfin, les modalités {=} des variables (à l'exception de HUM=) sont proches de l'origine.

Dans le plan (1,2) on a le classique effet Guttman: le nuage des points affecte la forme d'un croissant parabolique. Sur l'axe 2, les issues {aB, bA} de E2 ($F2 > 0$) s'opposent aux issues {Ab, Ba} de E1 ($F2 < 0$); ces dernières étant associées aux modalités {=} des variables ce qui confirme leur caractère faiblement contrasté déjà noté sur l'axe 1. Les issues {Ab, Ba} ne se séparent que sur l'axe 3 (où Ab est associée à SOM+).

Les points supplémentaires, Xys ou xYs, figurant les épreuves individuelles sont presque tous proches du point principal correspondant, Xy ou xY. On remarque particulièrement, autour de bA, le groupement {bA3, bA4, bA5, bA8}. Afin de vérifier cette cohérence, on a utilisé le programme 'discri'

```

9:alt:prfB* ; nombre de facteurs utilisés = 3
affectation des b aux j
( Ab1-> Ab)( aB1-> aB)( Ab2-> Ab)( aB2-> aB)( Ba3-> Ba)( bA3-> bA)
( Ba4-> Ba)( bA4-> bA)( Ba5-> Ba)( bA5-> bA)( Ab6-> Ab)( aB6-> aB)
( Ab7-> Ab)( aB7-> aB)( Ba8-> Ba)( bA8-> bA)

liste des b affectés a Ab           liste des b affectés a Ba
Ab1 Ab2 Ab6 Ab7 Ba8              Ba3 Ba4 Ba5
liste des b affectés a aB         liste des b affectés a bA
aB1 aB2 aB6 aB7                  bA3 bA4 bA5 bA8
    
```

(cf. [NOT. CRÉ. TAB.], §6) qui, traitant deux fichiers de facteurs, l'un dit "fichier des centres", l'autre, "fichier des individus", affecte chaque individu au centre dont il est le plus proche: il n'y a eu qu'une seule affectation erronée, celle de l'épreuve Ba8 au centre Ab.

5.2 Analyse II: tableau booléen en principal

```

variations des états après l'effort (analyse II);
trace : 2.000e+0
rang : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
lambda : 5997 3632 2629 2152 2019 1100 917 746 581 113 71 42 e-4
taux : 2999 1816 1315 1076 1009 550 458 373 291 57 36 21 e-4
cumul : 2999 4814 6129 7205 8214 8764 9223 9596 9886 9943 9979 10000 e-4

```

Avec 18 modalités issues du découpage de 6 variables, on a 12 facteurs non triviaux et la trace est 2.

Cette analyse offre une nouvelle preuve de la cohérence des données analysées: car, bien que ne prenant pas en compte explicitement la variable stt (dont les 4 modalités sont les traitements {Ab, Ba, aB, bA}), elle fournit, dans le plan (1,2), une distribution des épreuves individuelles très semblable à celle fournie par l'analyse I, donc dominée par la variable stt. Le lecteur pourra effectuer la comparaison des résultats sur les deux graphiques placés face à face.

6 Conclusions

Nous ne pouvons traiter des conclusions proprement thérapeutiques, qui appartiennent au laboratoire qui a effectué l'essai analysé ici. Mais du point de vue méthodologique, il est clair que l'analyse des correspondances, appliquée à des tableaux construits suivant des principes de codage désormais classiques, a pleinement réussi à mettre en évidence les différences entre traitements.

La construction et l'analyse des tableaux cumulés croisant traitements et modalités descriptives des effets apparaît comme une méthode d'analyse logique beaucoup plus simple et efficace que l'utilisation des "systèmes experts" ou des "réseaux de cellules"; méthodes dont la première érige en système la pétition de principe; et la seconde abandonne la recherche des structures à une incubation mal contrôlée.