

A. SKALLI

Étude des propriétés olfactives des deux énantiomorphes de l' α -ionone

Les cahiers de l'analyse des données, tome 11, n° 1 (1986),
p. 67-80

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1986__11_1_67_0

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1986, 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/>

ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS OLFACTIVES DES DEUX ÉNANTHIOMORPHES DE L' α - IONONE

[α - IONONE]

par A. Skalli*

0 Introduction : stéréochimie et olfactométrie :

L'objet du présent travail est l'étude expérimentale des propriétés olfactives comparées des deux énantiomères de l' α -ionone. Nous adressant à des lecteurs parmi lesquels les chimistes et les psychophysiciens ne sont pas la majorité, nous commencerons par des prolégomènes sur la structure des molécules organiques et l'olfactométrie.

0.1 *L'assymétrie des molécules* : Un article paru dans CAD (cf. Flammenbaum et col. [CONFORMATION] in Vol. IV n° 3 pp. 339-355) a déjà été consacré à la structure spatiale des édifices moléculaires. Nous nous bornerons à rappeler ici comment l'existence de molécules non égales à leur image dans un miroir s'est révélée à L. Pasteur par l'action des solutions sur la lumière polarisée. (L'exposé qui suit est à des détails près, extrait de l'article de M. Delépine, dans le T. I du Traité de chimie organique de V. Crignard ; MASSON éd.).

En 1848 Pasteur découvre que les cristaux de paratartrate de sodium et d'ammonium sont en réalité, composés de deux espèces : les uns dévient la lumière polarisée à droite, les autres à gauche et quand il y en a autant d'une espèce que de l'autre, (mélange égal = racémate) la solution est inactive et les deux déviations contraires se compensent. On peut trier à la main ces cristaux et les obtenir purs séparément. Pasteur avait découvert l'isomérisie optique.

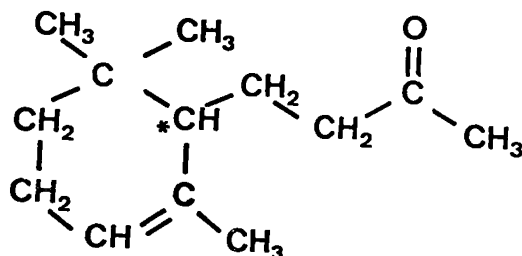
Résumant, en 1860, devant la Société chimique de France l'ensemble de ses recherches sur l'isomérisie optique, recherches qui l'avaient désormais engagé dans les voies de la biologie, Pasteur s'interrogeant sur les causes physiques du phénomène conclut : "... ce qui ne peut faire aucun doute, c'est qu'il y a dans l'acide droit un groupement d'atomes suivant un ordre dissymétrique à image non superposable. Ce qui est non moins certain, c'est que les atomes de l'acide gauche réalisent précisément le groupement assymétrique inverse de celui-ci".

Il était réservé à Le Bel et Van't Hoff, de décrire simultanément, en 1874, cet "ordre dissymétrique" par la théorie des formules de structure dans l'espace fondé sur le schéma tétraédrique des valences du carbone.

Dans le cas de l' α -ionone, l'assymétrie de l'édifice moléculaire est clairement démontrée par le fait qu'il existe un unique atome de carbone dit "assymétrique" (noté *C sur la formule plane figurée dans ce qui suit) relié par des liens de valence à quatre motifs chimiques distincts ;

(*) Chercheur. Laboratoire de statistique de l'université Pierre et Marie Curie.

Ecole Mohammadia d'Ingénieurs. Rabat.



qui sont respectivement, un atome d'hydrogène ; une chaîne $\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$ un carbone tétracoordonné du cycle portant lui-même deux groupements méthyles (CH_3) ; et un carbone du cycle portant un seul CH_3 et relié par une double liaison avec le carbone suivant du cycle.

Dans ces conditions, l'atome *C et les branches qui en sont issues n'étant pas situées dans un plan, il est clair qu'une réalisation de la molécule n'est pas égale à son image dans un miroir. Comme d'autre part les liaisons chimiques ne permettent pas à la température ordinaire le libre passage d'une forme à sa forme symétrique, il existe deux isomères optiquement actifs de la molécule.

L' α -ionone racémique (mélange égal de + et de -) est un liquide d'odeur agréablement couramment utilisé en parfumerie pour donner une odeur de violette. L'énantiomère (-) a une odeur plus proche d'une violette-iris tandis que l'énantiomère (+) a une odeur plus fruitée. Nous reviendrons au § 1.4 sur cette différence de l'odeur ; disons tout de suite que celle-ci, dans son aspect qualitatif, n'a pas été remarquée.

0.2 Dissymétrie moléculaire et biochimie : La plupart des molécules constitutives de la matière vivante, telles que les acides aminés, et les sucres, sont assymétriques : plus précisément des deux séries d'isomères des acides aminés, une seule les L-aminoacides se trouve chez les vivants ; l'autres les D-aminoacides en est absente (à de très rares exceptions près).

Il n'est donc *a priori* aucunement surprenant que deux espèces chimiques symétriques l'une de l'autre n'aient pas vis à vis de l'homme les mêmes propriétés et en particulier la même odeur ; ni la même intensité dans leur odeur. Si l'on admet faute de mieux, que la molécule odorante se lie à un site sensible d'un récepteur olfactif comme une sorte de bras ou de jambe microscopique engage sa main ou son pied dans un gant ou une chaussure... ; on imaginera sans peine que selon la rigidité des deux parties (d'une part le bras et la main = molécule odorante ; d'autre part le gant = site sensible du récepteur), la différence puisse être plus ou moins grande entre les propriétés organoleptiques d'une molécule et de son image dans un miroir... .

Pour naturel qu'il soit de conjecturer de telles différences, celles-ci ont été peu étudiées : précisément parce que dans la nature, on va trouver généralement en abondance que l'un ou l'autre des deux isomères ; et que les produits de synthèse sont généralement des mélanges racémiques.

Pour le cas de l' α -ionone, les deux énantiomères sont synthétisées par hydrolyse des menthyl-hydrazones correspondants.

Mais rien n'était connu avant ces expériences de l'intensité relative des effets des deux composés ni surtout des variations interindividuelles de cette intensité relative, phénomène qui à notre connaissance n'a même pas été étudié pour un autre produit assymétrique.

0.3 Des mesures en psychophysique : Un exposé détaillé a été consacré dans CAD (Vol IV n° 4 pp. 391-404) à la définition et à la mesure des seuils : un survol rapide de cet exposé convaincra le lecteur que la définition même des seuils n'est pas hors de conteste, et que leur mesure précise par des procédés reproductibles, est longue et délicate.

De ce fait, et particulièrement pour l' α -ionone dont nous ne possédons que des quantités limitées, nous n'avons pu utiliser qu'un nombre restreint de sujets et de concentrations testées et par conséquent ne réaliser des mesures de seuil que d'une précision relative, pour comparer les propriétés organoleptiques des deux isomères.

Cependant le protocole expérimental adopté (séries ascendantes en concentrations) et l'analyse qui en est donnée sont rigoureux et fiables. Le cadre conceptuel est pour l'un et l'autre le classique schéma stimulus-réponse. Aussi bien les expériences de mesure de seuil, que celles de comparaison de produits (voir ci-dessous) se font pour tous les sujets suivant un ordre bien déterminé. En sorte que les réponses recueillies si elles ne sont pas des mesures au sens métrologique du terme sont des réponses à un stimulus ou à une suite de stimuli au sens de la psychologie du comportement ; et du point de vue mathématique, ces réponses, si elles ne sont pas des nombres continus pourvus de décimales fiables..., rentrent dans le format classique en (1,0) (présence absence, tout ou rien, etc.) du codage sous forme disjonctive complète des réponses à un questionnaire ; ainsi le tableau des données peut selon l'usage désormais établi, être soumis à l'analyse des correspondances (tel quel ou après un recodage suggéré par la nature des résultats obtenus). Nous sommes d'ailleurs convaincus que la psychophysique a tout à gagner à une analyse directe des expériences sous ce format ; méthode qui met opportunément hors jeu l'interprétation des résultats en termes de grandeurs numériques construites suivant des schémas théoriques contestés. L'ordinateur permet désormais d'accepter l'information telle quelle dans sa complexité multidimensionnelle sans compression ni mutilation préalable.

1 Matériel et méthode expérimentale

1.1 Objet de l'expérience : Cette expérience, réalisée par E. Polak et A.M. Fombon au laboratoire de neurophysiologie comparée de l'Université P. et M. Curie, suit (ainsi qu'on l'a dit) un protocole classique du type stimulus-réponse. Elle consiste en une série de questions à choix multiples. On présente le stimulus à un sujet qui répond selon ce qu'il ressent. L'agent de l'expérience est l' α -ionone ; substance dont les deux énantiomères seront simplement notés (+) et (-) dans la suite de cet exposé.

Le but de l'expérience est de déterminer, dans un premier temps, la sensibilité de chacun des sujets interrogés, pour le (+) et le (-). Dans un deuxième temps l'expérience se poursuit en établissant pour chaque sujet les concentrations de (-) équivalent à 3 concentrations données de (+).

Il s'agit non seulement d'observer si les sujets manifestent des différences quantitatives dans leur sensibilité au (+) et au (-) ; mais encore de préciser comment ces différences varient en amplitude et même en signe de sujet à sujet.

* Nous remercions Monsieur Polak de nous avoir confié gracieusement les données de cette expérience. Un résumé a été publié dans *European chemoreception Organisation* ; Sept. 1984, Lyon.

1.2 Choix des sujets : 13 personnes 8 femmes et 5 hommes, âgés de 23 à 62 ans ont participé à cette expérience. Elles ont subi au préalable deux tests d'aptitude à la reconnaissance des odeurs (discrimination qualitative) et des concentrations (discrimination quantitative). Le premier test consiste à présenter au sujet plusieurs odeurs familières qu'il doit reconnaître, le deuxième consiste à présenter la même odeur à des concentrations très différentes et il s'agit de reconnaître cette différence d'intensité.

Chaque sujet participe à 6 séances relatives à l' α -ionone. Dans une même séance on cherche à approcher le seuil du (+) et du (-) et les équivalents en (-) de trois concentrations du (+) pour le sujet "interrogé". On a donc en bref pour chaque sujet, 6 déterminations de 5 mesures. Dans la suite chaque sujet sera désigné par l'une des lettres de A à M ; et une séance sera désignée par une lettre suivie d'un chiffre : e.g. F4 pour la 4-ème séance du sujet F.

1.3 Présentation des stimuli : On présente aux sujets des flacons contenant toujours la même quantité d'eau avec des concentrations croissantes du produit actif. (cf. KOSTER E.P. 1975, Human psychophysics in olfaction, MOULTON D.E., TURK A. et JOHNSMOOPE J.W., Methods in olfactory Research, Academic Press, New-York, 345-374).

Pour chaque détermination l'échelle de réponse est matérialisée par des flacons qui sont disposés dans l'ordre du moins au plus concentrés, la concentration doublant d'un flacon au suivant. L'échelle comprend douze flacons pour les mesures de seuil et 18 pour les mesures d'équivalent.

Pour les déterminations de seuil au (+) et au (-), les échantillons sont reniflés pendant dix secondes, avec une pause de 5 minutes entre les deux séries. Le sujet commence par renifler le flacon contenant la plus faible concentration : et il répond par "oui" ou par "non" selon qu'il a ou non décelé une odeur. Si la réponse est négative, auquel cas le seuil recherché n'est pas atteint, il renifle le deuxième flacon et ainsi de suite jusqu'à la concentration pour laquelle il commence à sentir l'odeur du parfum. Celle-ci peut être considérée comme une détermination approchée du seuil de sensibilité du sujet.

On procède de manière similaire pour établir les 3 équivalents du (+) : le sujet commence par sentir et se mettre en mémoire la concentration du (+) pour laquelle il cherchera à trouver un équivalent dans la série des concentrations du (-). Ici même les différents flacons du (-) sont disposés dans l'ordre croissant des concentrations. Le sujet les renifle un à un jusqu'à ce qu'il reconnaisse l'intensité gardée en mémoire.* Ceci permet alors de connaître la concentration de (-) équivalente à celle de (+) proposée d'abord.

1.4 Différences qualitatives : Ainsi qu'on l'a annoncé au §0.1 la différence qualitative mineure entre (+) et (-) n'a aucunement interféré avec nos expériences d'équivalence d'intensité. Les sujets ont toujours trouvé des équivalents aux trois concentrations de l'énantiomère (+) qui leur ont été présentés. Dans les cas où ils n'ont pas donné d'équivalent cela provenait de leur seuil très élevé donc supérieur à la concentration présentée et non d'une incompatibilité d'odeur. Cependant les concentrations proposées restent voisines des valeurs des seuils des sujets interrogés. Avec des concentrations beaucoup plus fortes la nuance d'odeur entre l' α -ionone (-) (parfum violette-iris) et l' α -ionone (+) plus fruité est plus évident.

(*) protocole expérimental usuel, bien qu'il ait le défaut de faire interférer l'extinction temporelle de la trace mnésique avec la tâche de comparaison.

2 Traitement des données

2.1 Codage des résultats de l'expérience

2.1.1 Le tableau en (0,1) sous forme disjonctive complète : L'expérience consiste en cinq questions à choix multiples. Chacun des 13 sujets répète six fois la même expérience ce qui donne 78 séances au total ; chacune désignée comme on l'a expliqué au § 1.2, par une lettre (sujet) suivie d'un chiffre (n° de séance). A chaque question le sujet choisit une des concentrations possibles : soit 11 pour les seuils, et 12 pour les mesures d'équivalent.

L'ensemble des résultats des épreuves peut être présenté sous forme de 5 histogrammes. Examinons par exemple l'histogramme afférent à la mesure SP du seuil de sensibilité au (+). On a prévu 12 crêneaux, correspondant aux 12 réponses possibles, du seuil le plus faible (sensibilité maxima) au seuil le plus fort (sensibilité minima). Le premier crêneau contient les trois sigles L1, M2, M5 : ce qui veut dire que le seuil le plus faible n'a été enregistré que trois fois : dans la séance 1 du sujet L et dans les séances 2 et 5 du sujet M ; etc. .

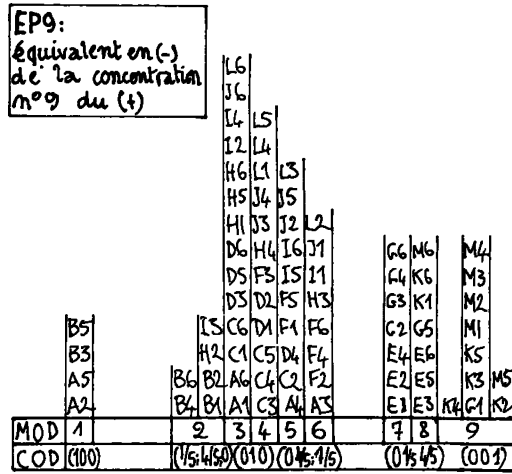
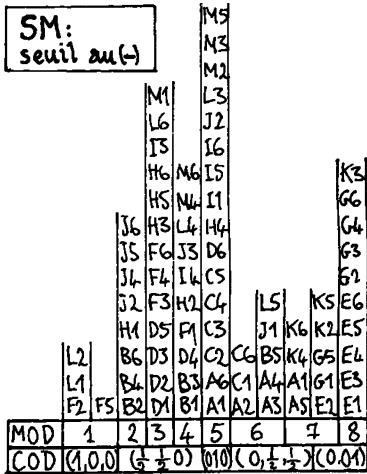
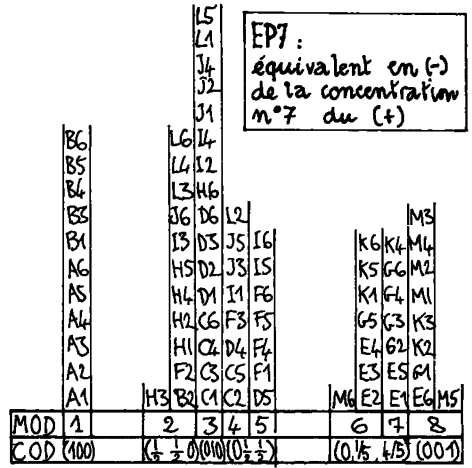
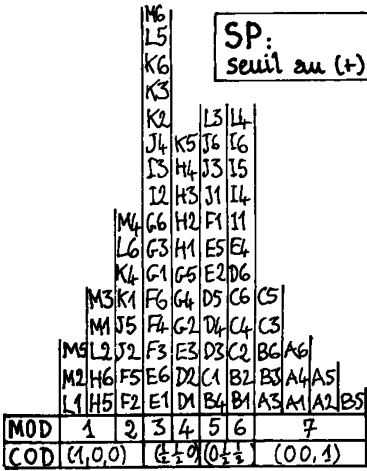
On voit que la répartition des différentes concentrations choisies pour chaque question n'est pas uniforme. Il y a des choix beaucoup plus fréquents que d'autres. Les classes des extrémités, si elles n'ont été choisies par personne, ne sont pas représentées sur les histogrammes. Les concentrations voisines qui ne sont pas très fréquentes sont groupées en une seule modalité. Les groupements effectués sont indiqués avec les numéros dans la ligne MOD de chaque histogramme. Nous obtenons ainsi :

7 modalités pour le seuil (+) SP1 ... SP7
 8 modalités pour le seuil (-) SM1 ... SM8
 8 modalités pour l'équivalent en (-) de la concentration 7 du
 (+) EP71... EP78
 9 modalités pour l'équivalent en (-) de la concentration 9 du
 (+) EP91... EP99
 7 modalités pour l'équivalent en (-) de la concentration 12 du
 (+) EP121...EP127.

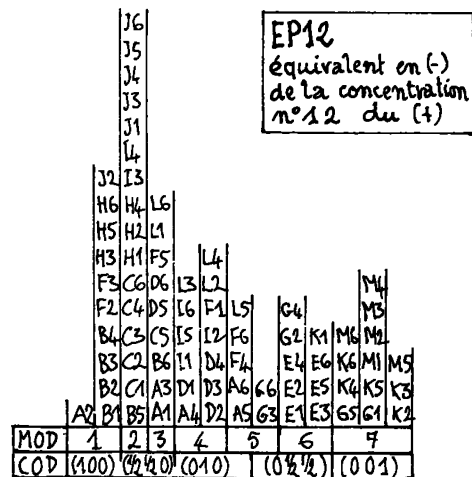
Il y a 39 modalités au total.

Le tableau à analyser croise les 78 séances avec les 39 modalités. A l'intersection d'une ligne i et d'une colonne j on mettra 1 ou 0 selon que la modalité a été choisie ou non à la séance i.

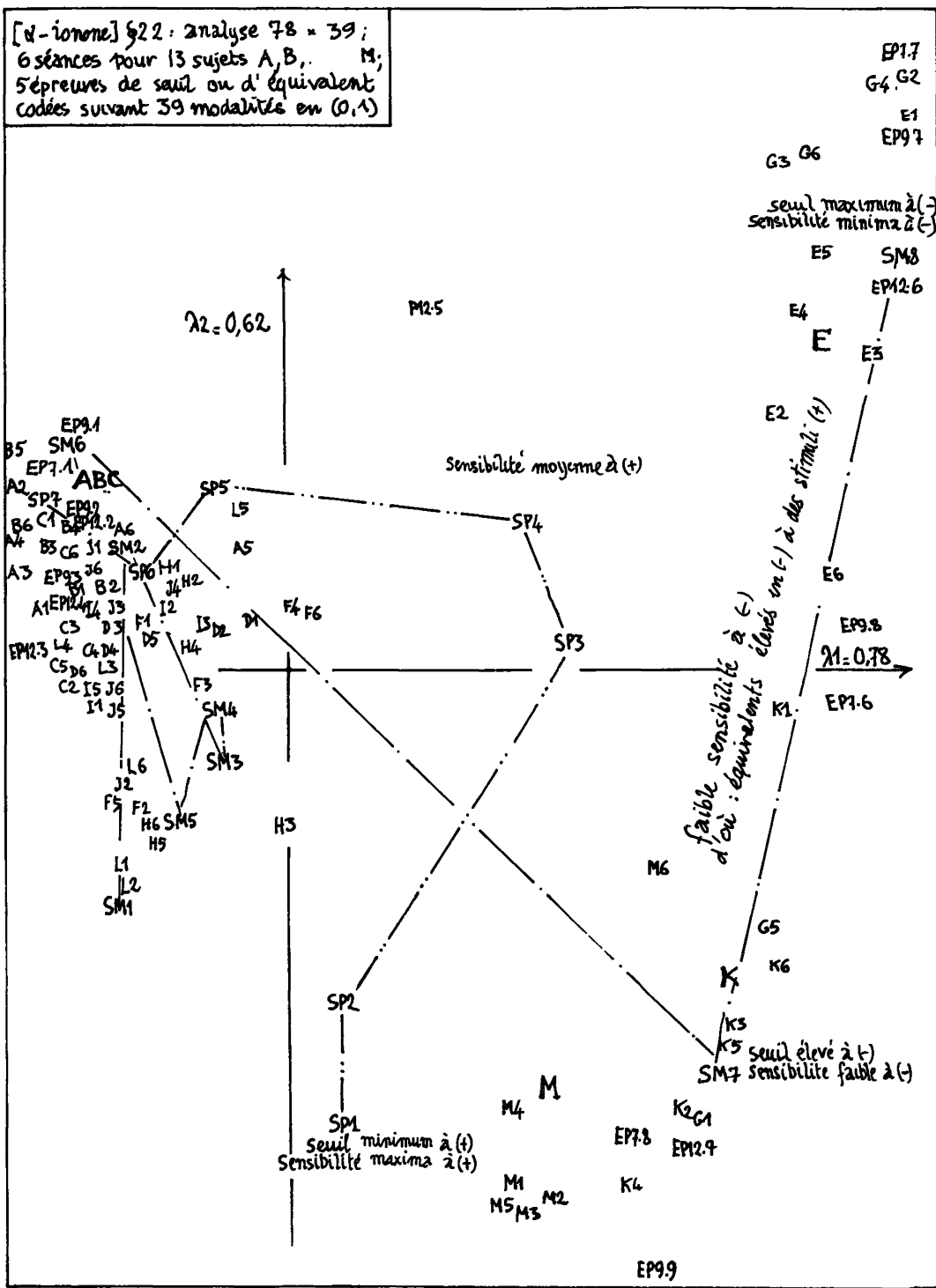
2.1.2 Le codage des données avec 3 colonnes pour chaque épreuve : L'examen attentif des histogrammes, ainsi que l'analyse du tableau en (0,1) cf. § 2.2) attestent qu'avec la finesse du codage de chaque épreuve sur 7 à 9 modalités, les réponses fournies par un même sujet sont loin de se reproduire d'une séance à l'autre. On a donc tenté de créer un codage pour lequel la distance entre deux degrés successifs ne soit pas trop inférieure au seuil de reproductibilité des réponses. Le principe a été de n'avoir pour chaque épreuve que 3 modalités: inférieure (faible), moyen, supérieure (forte) : e.g. SP < , SP = , SP > . Mais pour ne pas sacrifier la précision à la clarté, on a prévu des codages intermédiaires, ou *codages flous* : par exemple (1/2, 1/2, 0) pour une réponse intermédiaire entre les modalités SP < et SP = (i.e. 1/2 de la colonne SP < ; 1/2 de la colonne SP = ; et 0 dans la colonne SP >). Le codage ainsi créé est porté sous les histogrammes à la ligne COD.



[α -ionone] : § 2.1
représentation sous forme
d'histogrammes des
réponses et du codage
de celles-ci



[α -ionome] §22 : analyse 78 = 39 ;
6 séances pour 13 sujets A, B, ... M ;
5 épreuves de seuil ou d'équivalent
codées suivant 39 modalités en (0,1)



2.2 Analyse du tableau codé en (0,1) avec 39 modalités de réponse

2.2.0 Valeurs propres et taux

rang	1	2	3	4	5
λ	0.78	0.62	0.52	0.42	0.40	
τ	11.5%	9.2%	7.75%	6.27%	6.0%	

Nous interpréterons successivement les axes 1, 2, 3 ; et confirmerons cette interprétation par une classification automatique.

2.2.1 Le facteur 1, interprété d'après le plan (1, 2) : Quant au nuage des individus, l'ensemble des séances des sujets {E,G,K,M}, avec un facteur F1 nettement positif, s'oppose aux séances des 9 autres sujets, qui ont un facteur F1 négatif (ou par exception très faiblement positif).

Sur le demi axe $F1 > 0$, on a les modalités SM8 et SM7 des seuils les plus élevés en (-) ; c'est-à-dire les caractères d'une sensibilité minima au (-). Par le fait même on a du même côté de l'origine ($F1 > 0$) toutes les modalités de valeurs élevées de la concentration en (-) choisie comme équivalente à des stimuli donnés de (+). Quant à la sensibilité au (+) elle est alors forte ou moyenne, les plus faibles modalités du seuil SP ayant un facteur F1 positif.

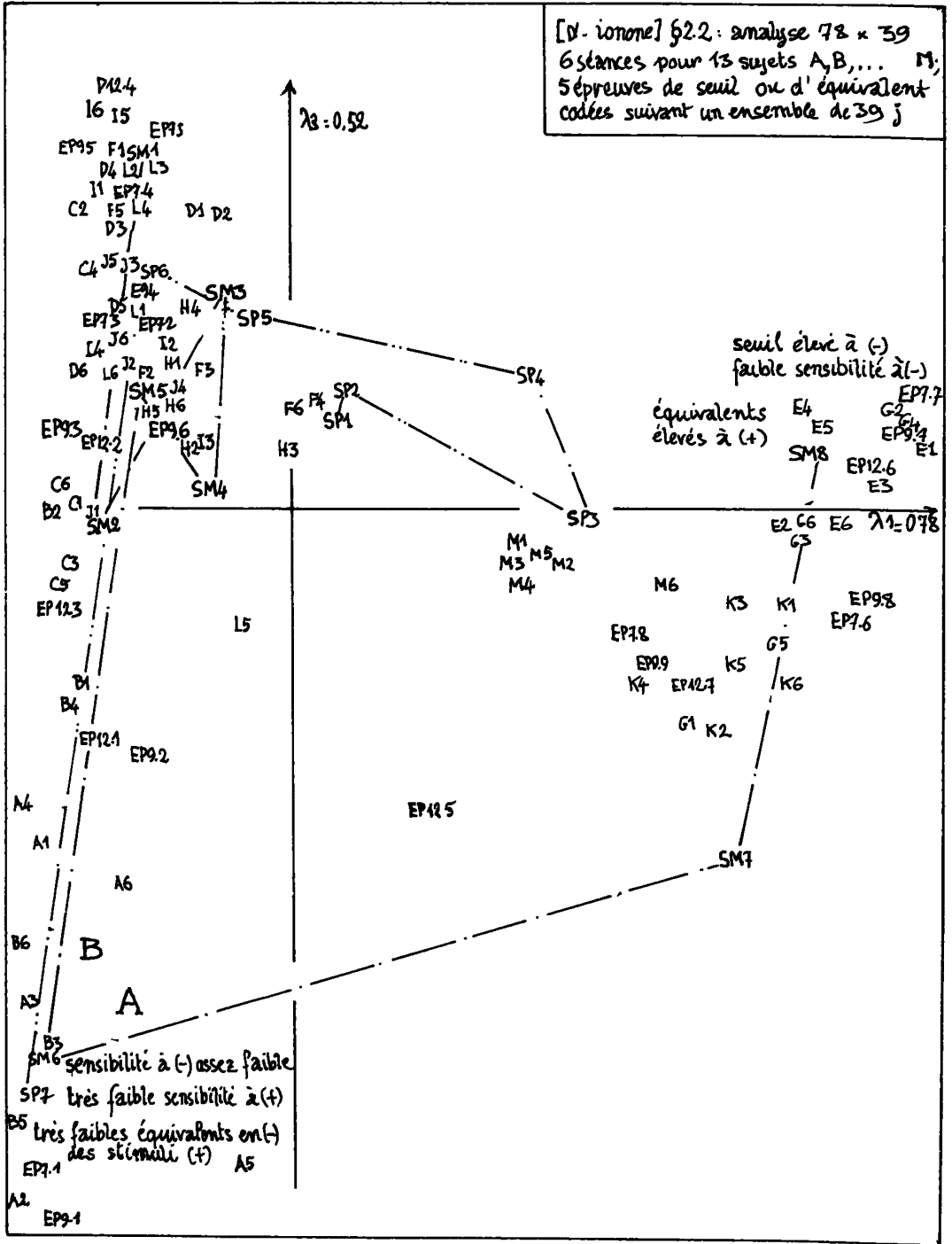
2.2.2 Le facteur 2 interprété d'après le plan (1, 2) : L'étalement suivant l'axe 2 concerne principalement les séances et les modalités qui ont un facteur $F1 > 0$. Dans le quadrant ($F1 > 0$; $F2 > 0$) on a la sensibilité minima au (-) : seuil maxima SM8. Dans le quadrant ($F1 > 0$; $F2 < 0$) la sensibilité au (-) est d'un échelon au dessus du minimum avec un seul SM7 submaximal ; ce caractère allant avec une sensibilité au (+) plutôt bonne (faibles modalités de SP) on a dans le même quadrant les modalités maxima des équivalents en (-) données pour des concentrations fixées du (+).

Quant aux séries des individus {E,G,K,M} E est tout entier du côté $F2 > 0$; M et K sont du côté $F2 < 0$; tandis que les séances de C s'étalent sur tout l'axe. D'ailleurs les séances afférentes aux autres individus, même si elles ont un facteur F2 de signe constant, sont assez dispersées sur l'axe 2. Comme tout cet étalement provient de la distinction entre modalités de réponse maximales ou submaximales à diverses épreuves (SM, EPx...) et ne concerne que 4 de ses sujets, on peut dire que le facteur F2 exprime des différences non essentielles.

2.2.3 Le facteur 3 interprété d'après le plan (1, 3) : Tandis que l'axe 2 concerne les éléments du demi espace ($F1 > 0$), s'étalent sur l'axe 3 des éléments du demi espace ($F1 < 0$). Quant aux séances, il s'agit de celles des neuf individus {A,B,C,D,F,H,I,J,L}. Du côté ($F3 < 0$), très écartées on trouve les 6 séances du sujet A, et la plupart de celles de B. Les séances des 7 autres individus, ont à quelques exceptions près un facteur F3 positif.

Les individus A et B ont une très faible sensibilité au (+) (seul SP7 maximum) ; une sensibilité au (-) plutôt faible (SM6 : modalité du seuil qui vient en 3-ème après SM7 et SM8 déjà vues du côté $F1 > 0$, associées aux sujets {E,G,K,M}) ; d'où résulte compte tenu du rapport des deux sensibilités, les équivalents les plus faibles donnés en (-) pour les concentrations fixées du (+) (modalités EPx 1).

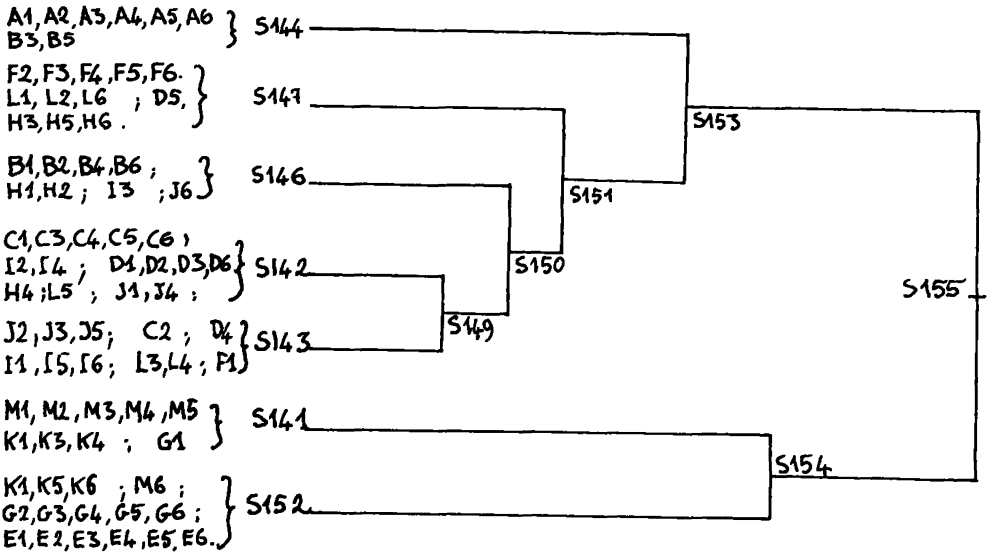
Les 7 individus restant {C,D,F,H,I,J,L} ont un comportement en général éloigné des modalités extrêmes ; on y trouve toutefois les meilleures performances de sensibilité au (-) (modalité SM1).



2.2.4 Classification de l'ensemble des séances : La dichotomie qui apparaît au sommet de l'arbre, n'est autre que celle révélée par l'axe 1. La classe 155 se scinde en 154 et 153 ; 154 contient toutes les séances des sujets {E,G,K,M} ; les séances des 9 autres sujets étant dans 153.

La subdivision de 154 en deux classes correspond à l'étalement sur l'axe 2 des séances des sujets {E,G,K,M} ; à l'exception de E (dont toutes les séances sont dans la cl. 152) chaque individu a des séances dans les deux classes ; ce qui confirme la dispersion déjà vue au § 2.2.2.

Quant aux autres individus, le partage de 153 se fait entre la cl. 144 qui contient toutes les séances de A et deux de celles de B, et le reste (cf. 151), cette dichotomie répond à ce qu'on a vu sur l'axe 3.



		A	B	H	F	L	D	I	J	C	M	K	G	E
S153	S144	6	2											
	S147			3	5	3	1							
	S146		4	2				1	1					
	S142			1		1	4	2	2	5				
	S143				1	2	1	3	3	1				
S154	S141										5	3	1	
	S152										1	3	5	6

[d. ionone] §2.2.4 Classification des 78 séances d'après le tableau (78x39) en (0,1). arborescence et bilan des classes par sujets.

Au-dessous, le détail des subdivisions ne permet pas de séparer dans une classe les séances afférentes à tel ou tel sujet. On ne distingue nettement que les 3 classes de sujets déjà vues à l'analyse factorielle ; et caractérisées par leurs réponses.

{E,G,K,M} ; {A, et B?} ; {C,D,F,H,I,J,L}.

A une échelle plus fine, les différences que l'on perçoit sont de l'ordre de grandeur des variations dans le comportement d'un même sujet d'une séance à l'autre ; il serait donc hasardeux d'interpréter ces différences.

2.3 Analyse du tableau recodé avec 3 modalités par épreuve

2.3.1 Valeurs propres et taux : L'interprétation se bornera au plan (1, 2)

rang	1	2	3	4
λ	0,52	0,27	0,16	0,09
τ	41%	22%	13%	7%

avec quelques brèves allusions à l'axe 3.

2.3.2 Nuage des séances dans le plan (1, 2) : Le nuage N(I) est partagé en 3 classes dont chacune contient les 6 séances d'un sous-ensemble d'individus) qui lui est propre.

Dans le demi plan $F1 > 0$, avec un facteur $F2$ presque toujours positif, on trouve les séances des 6 individus EGKM.

Dans le quadrat ($F1 < 0$, $F2 > 0$) sont les séances des deux individus A et B.

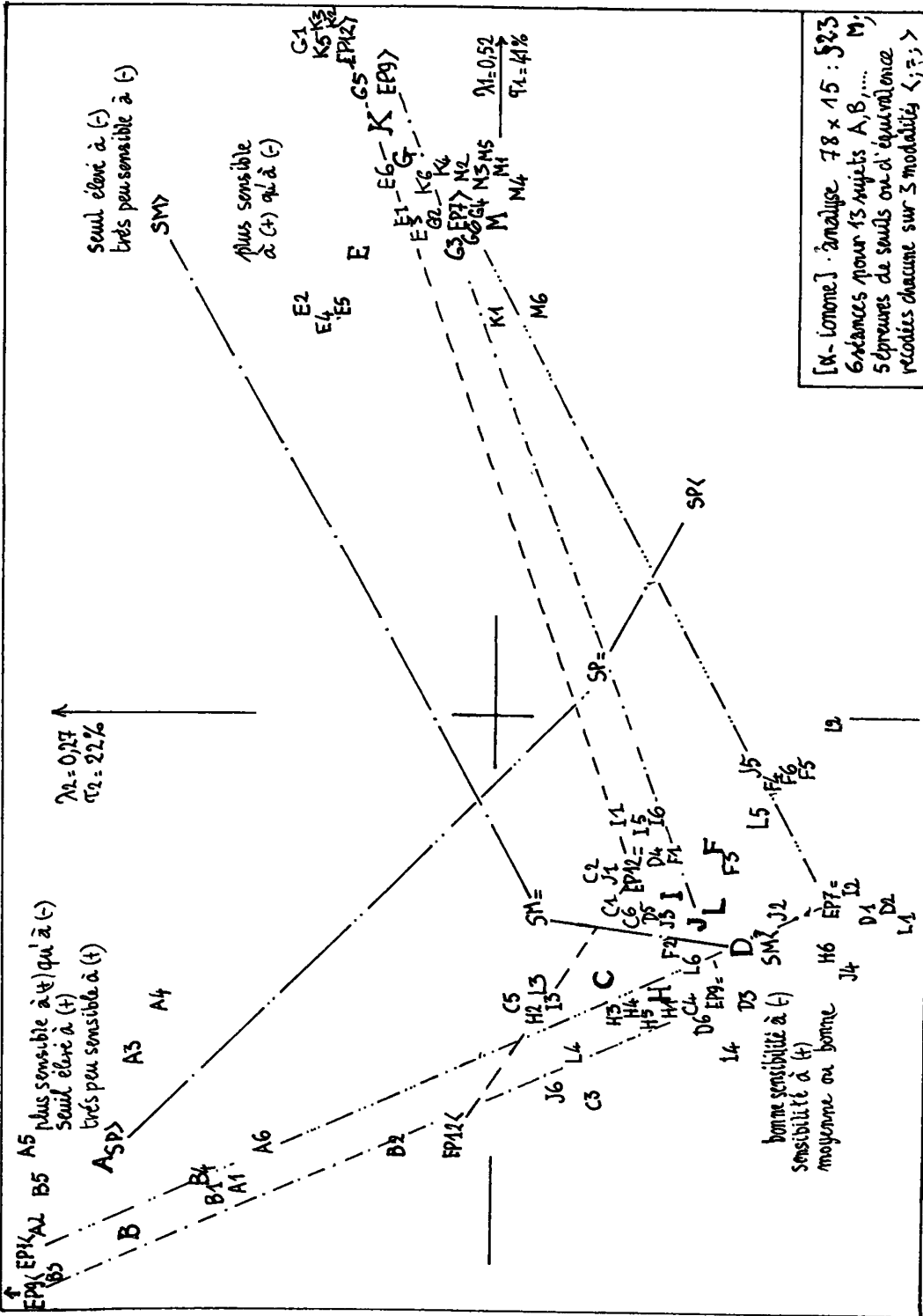
Les séances des 7 autres individus {CDFHIJL} sont dans le quadrat ($F1 < 0$, $F2 < 0$).

Ainsi un codage moins fin que celui du § 2.2, (en ce qu'il identifie parfois des réponses qui correspondent à des concentrations variant du simple au quadruple) mais qui conserve les distinctions les plus nettes, estompe les fluctuations de comportement des individus d'une séance à l'autre et met en évidence les caractères stables propres à chacun.

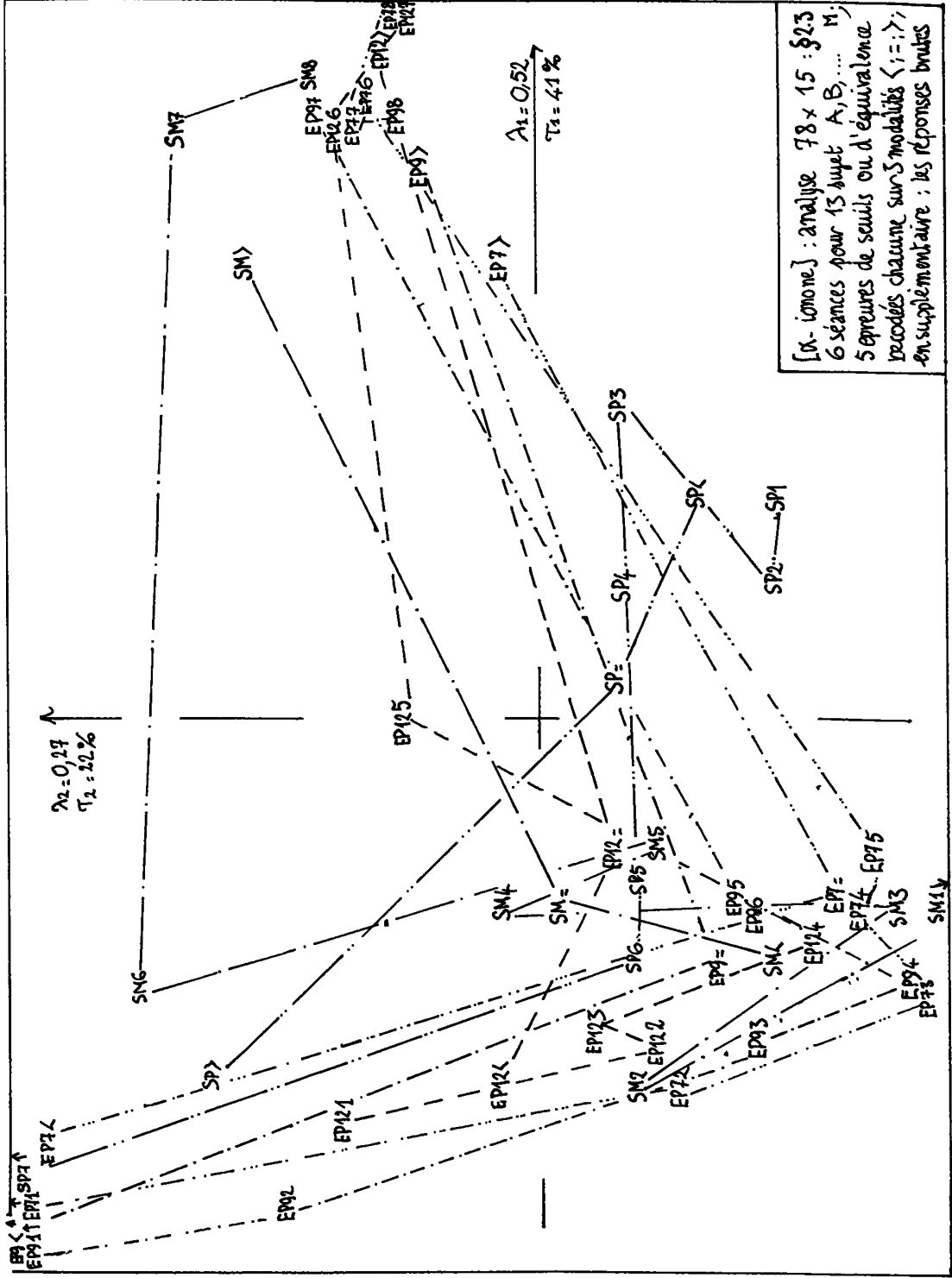
2.3.3 Nuage des modalités dans le plan (1, 2) : Dans le quadrat ($F1 > 0$, $F2 > 0$) avec les séances des individus EGKM on trouve la modalité S^M : seuil élevé (donc faible sensibilité) pour le (-). Cette faible sensibilité au (-) implique que soient élevés les équivalents en (-) des concentrations fixées proposées en (+) : avec S^M > vont les modalités $EP12$ >, $EP9$ >, $EP7$ >.

Dans le quadrat ($F1 < 0$, $F2 > 0$) on a la modalité SP > : seuil élevé donc faible sensibilité pour le (+) ; corrélativement on a pour les concentrations fixées proposées un (+) des équivalents en (-) qui sont faibles : avec SP > vont $EP7$ <, $EP9$ < et $EP12$ <. Ces caractères sont ceux des individus A, B.

Restent les autres modalités : modalités intermédiaires des équivalents, et modalités faibles et moyennes des seuils. Toutes sont dans le quadrat $F1 < 0$, $F2 < 0$ (avec les individus {CDFHIJL}), à l'exception de SP < et SP = qu'on trouve dans le quadrat ($F1 > 0$, $F2 < 0$). En fait les individus {CDFHIJL} ont une sensibilité moyenne ou borne aux deux énantiomorphes (-) et (+) ; et la sensibilité élevée à



[X- ionome] · analyse 78 x 15 : 323
 6 séances pour 15 sujets A, B, ... M;
 5 épreuves de seuils ou d'équivalence
 répétées chacune sur 3 modalités < i, j, k >



(-) (donc SP < seuil faible) ne se trouve que parmi eux. Au contraire la sensibilité élevée à (+) (SF <, seuil faible) se rencontre chez les deux individus M et K (du quadrant ($F_1 > 0$, $F_2 > 0$), individus peu sensibles à (-)) et aussi de certaines séances des individus FHJL : c'est pourquoi le caractère SP ne se place au sein d'aucun groupe d'individus (séances) mais occupe une position intermédiaire.

2.3.4 Nuage des modalités supplémentaires dans le plan (1, 2) : On a adjoint en supplémentaire au tableau 78×15 , les 39 modalités du codage logique (en 0,1) adoptés dans l'analyse du § 2.2 : en bref, à des regroupements près, ces 39 modalités s'identifient aux réponses brutes données par les sujets. On constate que pour chacune des 5 épreuves SP, SM, EPx, le chapelet des modalités brutes est assez régulier et suit, sans trop s'en écarter, la ligne suggérée par les 3 modalités <, =, > de l'épreuve correspondante : seule la modalité SM6 fait nettement exception à ce schéma. On se souvient que sur les plans issus de l'analyse du tableau en (0,1), (78×15), pris comme principal, la dispersion des modalités ne permettait pas de tracer des chapelets réguliers... L'intérêt du recodage sur 3 modalités est ainsi confirmé.

2.3.5 Le troisième axe : Sans entrer dans les détails nous noterons que l'étalement de l'ensemble des séances des individus ECKM, (individus les moins sensibles à (-)) n'est pas effacé par le codage utilisé ici. Mais alors qu'au § 2.2 il dominait l'axe 2, indûment nous semblait-il, on le voit ici apparaître sur l'axe 3, après que le plan (1, 2) ait révélé trois types d'individus et leurs caractères ; typologie fondamentale qui au § 2.2 était moins difficile à saisir.

Ainsi le codage par trois modalités des réponses à chaque question, codage certes conçu en vue de mettre en évidence des tendances stables dans les comportements individuels, a mis de l'ordre dans les résultats complexes de notre expérimentation. Il apparaît donc possible d'avoir sur une base plus large une typologie des réponses olfactives aux énantiomères.

3 Conclusion psychophysique

Compte tenu du caractère assymétrique découvert par L. Pasteur des propriétés structurelles des principales molécules de la chimie biologique, on attend des différences marquées entre les propriétés olfactives des molécules énantiomères (i.e. symétriques l'une de l'autre dans un miroir).

Deux énantiomères pourraient avoir deux odeurs différentes ou produire à concentrations égales des effets d'intensité très inégale. Ces différences étant toutefois les mêmes pour la plupart des sujets. La présente étude offre un exemple d'un type de variation interindividuelle non encore signalée par la littérature (selon les expérimentateurs) : certains sujets sont plus sensibles à l'un des énantiomères ; et d'autres à l'énantiomère opposé. Les différences étant de grande amplitude, et assez stables de séance à séance pour un même sujet ; malgré des fluctuations qui respectent les trois grands types de comportement attestés dans notre échantillon de 13 sujets : très faible sensibilité au (+) (2 sujets) ; très faible sensibilité au (-) (4 sujets) ; sensibilité inégale mais moyenne ou forte aux deux énantiomères (7 sujets).

En revanche les différences qualitatives faibles entre les deux énantiomères n'ont aucunement interféré avec nos expériences de comparaison d'intensité.