

MARIE-FRANCE EHRLICH

Problèmes pédagogiques. L'enseignement des notions élémentaires de méthodologie expérimentale : la planification des expériences

Mathématiques et sciences humaines, tome 50 (1975), p. 39-50

http://www.numdam.org/item?id=MSH_1975__50__39_0

© Centre d'analyse et de mathématiques sociales de l'EHESS, 1975, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Mathématiques et sciences humaines » (<http://msh.revues.org/>) 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/>

Math. Sci. hum. (13^e année, n°50, 1975, p.39-50)

PROBLEMES PEDAGOGIQUES

L'enseignement des notions élémentaires de méthodologie expérimentale : la planification des expériences

Marie-France EHRLICH *

Note préliminaire

*Nous avons à plusieurs reprises, dans cette revue, souligné l'intérêt de la formalisation algébrique (et plus précisément de l'algèbre ensembliste et de l'algèbre linéaire) pour exprimer les notions essentielles de la méthodologie expérimentale **. Dans un ouvrage actuellement en préparation avec D. Lépine, nous nous proposons de présenter l'état de nos recherches dans ce domaine, depuis l'élaboration du plan d'expérience jusqu'aux méthodes d'analyse statistique des données expérimentales. Deux documents préparatoires à cet ouvrage sont actuellement disponibles sous forme ronéotée :*

- 1) H. Rouanet et D. Lépine : Notions fondamentales d'analyse des données ; protocoles (1972) (document de référence pour le cours de statistique de H. Rouanet au certificat C1 de Psychologie générale).*
- 2) D. Lépine : Méthodes de planification et d'analyse des données expérimentales (1973) (document de référence pour le cours de statistique de D. Lépine au certificat C3 de Psychologie expérimentale).*

Ces deux documents constituent les références de base pour l'article qu'on lira ci-dessous. Mais ils ne sont pas exactement adaptés à un enseignement élémentaire de la méthodologie expérimentale, tel que cet enseignement est conçu traditionnellement à l'intention des étudiants de psychologie.

* Laboratoire de Psychologie expérimentale et comparée, Université René Descartes et E.P.H.E., 3^{ème} section. Associé au C.N.R.S.

** Voir notamment H. Rouanet : Algèbre moderne et méthodologie expérimentale (Mathématiques et Sciences Humaines, 1967).

*** Je tiens à remercier vivement tous les enseignants et chercheurs qui m'ont aidée à mettre au point la version définitive de ce texte.

Madame Marie-France Ehrlich, avec ses collègues enseignants du certificat C1 de Psychologie générale et comparée, a cherché à combler cette lacune. En partant du contenu actuel de l'enseignement de la méthodologie expérimentale, elle a cherché, sans modifier essentiellement ce contenu, à en donner une présentation "modernisée", compatible avec des formalisations poussées, mais restant cependant extrêmement élémentaire au niveau du langage mathématique : le texte ci-dessous, rédigé pour servir de base à cette innovation pédagogique, a pu être effectivement enseigné par des collègues psychologues n'ayant pas reçu de préparation mathématique particulière. C'est pourquoi, étant donné le caractère pluridisciplinaire de "Mathématiques et Sciences Humaines" nous avons proposé à Madame Ehrlich de le diffuser dans cette revue.

H. ROUANET

INTRODUCTION

Les notions présentées dans ce texte seront illustrées à l'aide d'une expérience de Généralisation du signal dont l'objectif est d'étudier le phénomène de généralisation dans une épreuve de reconnaissance perceptive portant sur des sons de fréquence variable. Cette expérience est une variante des expériences classiques de généralisation, réalisée avec des objectifs essentiellement pédagogiques dans le cadre de l'enseignement de Psychologie expérimentale (2^e cycle).

L'expérience se déroule de la manière suivante :

- . dans une première phase, appelée phase d'acquisition, on présente au sujet un son caractérisé par une fréquence déterminée, qu'on appellera son critique (s+),
- . dans une seconde phase, appelée phase-test, le son critique est présenté parmi d'autres sons, appelés sons connexes (s-) de fréquence plus ou moins proche vers l'aigu ou vers le grave. Le sujet doit alors indiquer après chaque son s'il s'agit du son critique (s+) ou non. Cette seconde phase comporte trois blocs successifs d'essais.

Dans cette expérience, on étudie également l'influence du délai qui sépare la première de la seconde phase.

Les stimulus présentés sont 7 sons purs émis par un générateur, enregistrés sur bande magnétique et restitués à l'aide d'un magnétophone. Seule la fréquence des sons (mesurée en hertz ou cycles/sec.) varie ; ces fréquences sont telles que les 7 sons sont équidistants sur une échelle

logarithmique ; la distance qui sépare deux stimulus successifs correspond à 5 échelons différentiels.

s3g	s2g	s1g	s+	s1a	s2a	s3a
1000 hz	1145 hz	1312 hz	1502 hz	1720 hz	1967 hz	2256 hz

L'expérience se déroule de la manière suivante :

. 1ère phase (acquisition) : 10 présentations successives de (s+).

Le sujet reçoit pour consigne d'écouter attentivement, afin de pouvoir ensuite reconnaître ce son parmi d'autres sons.

. 2ème phase (test) : on réalise trois blocs successifs d'essais b1, b2, b3. Chaque bloc comporte 35 essais : 5 présentations de (s+) et 5 présentations de chacun des 6 sons (s-). L'ordre de présentation des 35 stimulus est aléatoire et différent d'un bloc à l'autre.

Chaque sujet dispose d'un carnet de 3 grilles de réponse de 35 cases chacune. Après chaque son entendu, le sujet écrit dans une case le signe + s'il pense reconnaître le son critique ou le signe - dans le cas contraire.

Pour la première comme pour la deuxième phase, la durée de chaque son est de 1 sec., l'intervalle qui sépare deux sons successifs (c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre la fin d'un son et le début du suivant) est de 4 sec.. Entre deux blocs successifs, le délai est de 30 secondes.

On utilisera deux délais différents entre la première et la deuxième phase.

-A- d1 : la deuxième phase suit immédiatement la première : délai nul.

-B- d2 : un délai de 5 minutes s'écoule entre la première et la deuxième phase.

L'expérience nécessite ainsi deux groupes de sujets : A et B (d'où un facteur "groupes" qui sera confondu avec le facteur D).

Pour analyser les résultats, on relève pour chaque sujet le nombre de fois où chacun des 7 sons a reçu la réponse + et on calcule, pour chacun des 7 sons, le taux de généralisation absolue :

$$\frac{\text{nombre de réponses (+) observées}}{\text{nombre de réponses (+) possibles}} \times 100$$

On représente le gradient de généralisation en portant en abscisse les 7 sons (du plus grave au plus aigu) et en ordonnée le taux de généralisation observé pour chacun des sons.

Les hypothèses qu'on cherchera à examiner à partir des résultats expérimentaux sont les suivantes :

- h1- le taux de généralisation pour chacun des stimulus (s-), diminue en fonction de la distance qui sépare (s-) de (s+) : c'est-à-dire on obtient un gradient de généralisation.

- h2 - le taux de généralisation tend à augmenter (le gradient tend à devenir plus "arrondi") lorsqu'on répète l'épreuve test, c'est-à-dire du 1er au 3ème bloc de la seconde phase de l'expérience.

- h3 - plus le délai qui sépare la première de la deuxième phase est long, plus le phénomène de généralisation est accentué (le gradient de généralisation tend à s'arrondir).

1. NOTION DE PROTOCOLE

On peut toujours exprimer les données à traiter sous la forme d'une application qui à tout élément d'un ensemble fini I appelé support, associe un élément d'un ensemble \mathcal{U} , appelé ensemble des observations possibles, ou espace des observations.

Cette famille sera appelée : protocole de support I à valeur dans \mathcal{U} ou famille des observations à valeurs dans \mathcal{U} . $x : I \longrightarrow \mathcal{U}$

Concrètement, un protocole pourra être représenté par un tableau (tableau des observations), ou par un ensemble de cartes perforées (en vue du traitement automatique) etc.

On ne définit pas la notion d'espace d'observations (ni par suite celle de protocole) ; ces notions doivent être considérées comme primitives, c'est-à-dire : 1) on ne les définit pas, même si on fait des commentaires à leur sujet - 2) à partir d'elles on définit les autres notions.

2. COMMENTAIRES SUR LES NOTIONS DE PROTOCOLE, D'ESPACE D'OBSERVATIONS ET DE SUPPORT

Un protocole n'est pas n'importe quelle application ; nous allons préciser les notions d'espace d'observations et de support.

2.1. L'espace des observations \mathcal{U} (ensemble d'arrivée) correspond à l'ensemble des comportements possibles auxquels s'intéresse l'expérimentateur dans une situation donnée, ou, en d'autres termes, aux différentes valeurs que peut prendre la (ou les) variables dépendantes : lorsque dans une même expérience on enregistre plusieurs variables dépendantes, on parlera de protocole multivarié.

L'ensemble des valeurs effectivement observées est inclus dans l'ensemble \mathcal{U} des valeurs possibles de la variable ; cette inclusion peut être stricte ; l'application-protocole n'est donc pas nécessairement surjective.

2.2. Le support I (ensemble de départ) est un ensemble quelconque d'indices permettant d'identifier les observations recueillies par l'expérimentateur. Concrètement, lorsque le protocole se présente sous forme de tableau, on

pourra dire que la grille du tableau constitue le support graphique du protocole ; lorsque le protocole est enregistré sous forme mécanographique, on parlera de support informatique, etc. ; le terme de support désigne la notion générale sous-jacente *.

Naturellement, on peut avoir la même valeur observée pour des indices différents ; sauf cas exceptionnels, l'application-protocole n'est donc pas injective.

3. NOTION DE SOUS-PROTOCOLE

. Par définition, la restriction d'un protocole x à une partie I' du support $I(I' \subset I)$ est un sous-protocole.

. Si l'espace \mathcal{U} est un produit cartésien dont \mathcal{U}' est une composante et si π' est la projection de \mathcal{U} sur \mathcal{U}' , on appelle protocole projeté l'application $x' = \pi' \circ x$; par définition, x' est aussi un sous-protocole. Généralement, on appellera sous-protocole la restriction d'un protocole projeté à une partie du support.

3.1. Sous-protocoles disjoints : deux sous-protocoles à valeurs dans le même espace d'observations sont dits disjoints si leurs supports sont disjoints et si méthodologiquement on ne tient pas compte des relations éventuelles entre ces supports. Les données du groupe A et celles du groupe B constituent deux sous-protocoles disjoints.

3.2. Sous-protocoles appareillés : deux sous-protocoles à valeurs dans le même espace d'observations sont appareillés s'il existe une correspondance bijective entre leurs supports privilégiée pour des raisons méthodologiques. Les données recueillies dans le bloc b1, celles recueillies en b2 et celles recueillies en b3 constituent des sous-protocoles appareillés.

4. PROTOCOLE DE BASE ET PROTOCOLE DERIVE

Le protocole de base représente la totalité des données recueillies en cours d'expérience. Les protocoles dérivés sont construits à partir du protocole de base en effectuant sur les données du protocole de base certaines opérations : codages, transformations ou regroupements par exemple.

Même si pour l'analyse des données on travaille souvent sur des protocoles dérivés, on a toujours intérêt à conserver (par exemple sur cartes perforées) le protocole de base, qui est le plus riche.

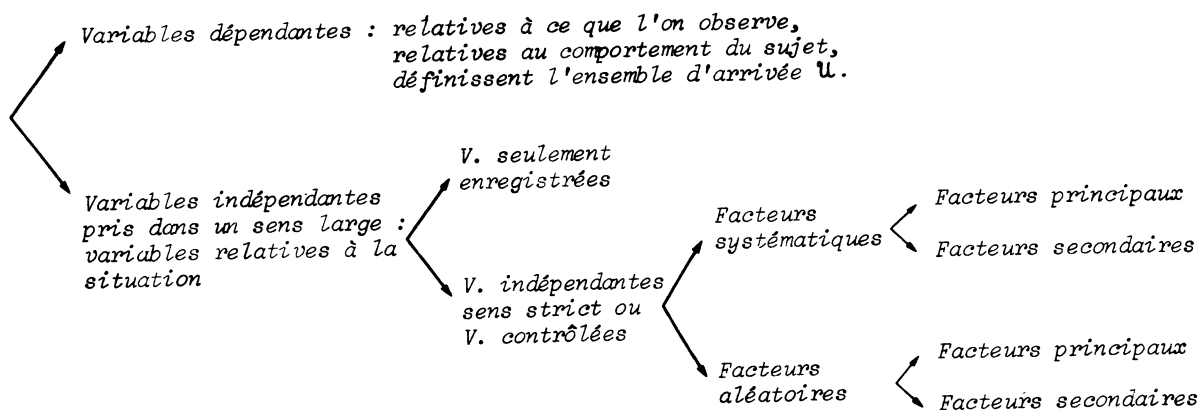
* Ainsi lorsqu'à chaque individu d'un ensemble S d'individus on associe sa note y à une épreuve, ce n'est pas l'application $y : S \rightarrow \mathcal{U}$ qui est un protocole (sinon on n'aurait pas besoin d'introduire le terme de protocole) mais toute application $x : I \rightarrow \mathcal{U}$, telle que I est un ensemble en bijection avec S et $x = y \circ f$ (en notant $f : I \rightarrow S$ une bijection de I sur S) ; ce n'est donc que par abus (abus qui risque de conduire à de graves malentendus) qu'on pourrait dire que S est le support du protocole x . (H.R.)

Dans l'expérience de généralisation, l'espace des observations de base est la variable dichotomique {+,-} ; le protocole dérivé, après calcul de la fréquence des réponses + pour chaque combinaison (fréquence en hertz, bloc, sujet) est à valeurs dans $\{0, \frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \frac{3}{5}, \frac{4}{5}, 1\}$ qu'on considérera comme une variable à valeurs dans l'intervalle (0,1) ou comme un pourcentage à valeurs dans l'intervalle (0,100).

5. LA DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE IMPLIQUE :

- . l'identification des facteurs qui caractérisent les éléments du support ;
 - . la mise en relation de ces facteurs ;
- ce qui caractérise le plan expérimental.

Comment classer l'ensemble des variables qui interviennent dans une expérience ?



5.1. - Variable dépendante permet de définir l'espace des observations (cf. ci-dessus).

5.2. Variables indépendantes, au sens large du terme, se dichotomisent :

- . V.I. seulement enregistrées :
 - . jour et heure de l'expérience,
 - . numéro de la salle d'expérience, etc.
- . V.I. contrôlées par l'expérimentateur.

L'opérationnalisation des V.I. conduit à la notion de facteurs et de niveaux (ou modalités des facteurs) dans l'expérience considérée. Nous ne développerons pas ici le problème important du statut des variables indépendantes elles-mêmes. Dans l'expérience de généralisation, l'expérimentateur fait varier la fréquence des sons en choisissant les niveaux du facteur fréquence équidistants sur une échelle logarithmique en tenant compte des données de la psychophysique.

6. On peut alors établir une double distinction entre les différents facteurs :

6.1. - Par rapport aux objectifs de l'expérience ; on distingue d'une part les facteurs principaux ; ce sont ceux qui correspondent aux objectifs de l'expérience, c'est-à-dire ceux à propos desquels l'expérimentateur soit formule des hypothèses soit simplement se pose certaines questions (dans une expérience "pour voir" par exemple), et d'autre part les facteurs secondaires.

6.2. Par rapport au modèle d'échantillonnage des niveaux du facteur, on distingue :

. les facteurs systématiques, facteurs dont les niveaux ont été choisis pour eux-mêmes, par l'expérimentateur.

. les facteurs aléatoires, facteurs dont les niveaux sont choisis au hasard et sont considérés comme les représentants d'une certaine distribution.

Ces deux critères de distinction des facteurs se croisent.

6.3. Dans l'expérience de généralisation :

- les facteurs principaux systématiques sont au nombre de trois :

. Fréquence des sons, 7 niveaux $F_7 = \{s3g, s2g, s1g, s+, s1a, s2a, s3a\}$

. Blocs d'essais, 3 niveaux $B_3 = \{b1, b2, b3\}$

. Délai phase 1 - phase 2, 2 niveaux $D_2 = \{d1, d2\}$ *

- il n'y a pas de facteur principal aléatoire

- les facteurs secondaires systématiques sont essentiellement les suivants (ils ont été maintenus constants tout au long de l'expérience).

. l'intensité des sons ;

. la durée de présentation de chaque son : 1 sec.

. l'intervalle entre 2 sons successifs : 4 sec.

. l'intervalle entre 2 blocs : 30 sec.

. le mode de réponse du sujet : écrit ;

. le nombre de présentations du (s+) dans la première phase de l'expérience : 10.

- les facteurs secondaires aléatoires sont au nombre de trois :

. le facteur Sujets (S)

. l'ordre de présentation des sons (O)

. l'ensemble des présentations ou répétitions de chaque son (R_5).

* On désigne un niveau d'un facteur au moyen d'une lettre minuscule suivie d'un chiffre de hauteur normale qui correspond au numéro de ce niveau ; le facteur lui-même est désigné par la même lettre majuscule, mais le nombre qui l'accompagne éventuellement est en indice et correspond au nombre de niveaux de ce facteur.

Ce qui peut être résumé dans un tableau à double entrée :

		Modèle d'échantillonnage	
		systematiques	aléatoires
Objectifs de l'expérience	principaux	F_7 B_3 T_2	
	secondaires	. intensité . temps de présentation . intervalle entre 2 sons . intervalle entre 2 blocs . nombre de présentations de s+	S 0 R_5

6.4. Remarques

. Dans la case des facteurs secondaires systematiques, on trouve toujours "les variables maintenues constantes", c'est aussi dans cette case que l'on situera, lorsqu'il y a lieu, les variables "contrebalancées".

. Le facteur sujets est ici un facteur secondaire aléatoire. C'est le cas le plus fréquent en psychologie expérimentale. Mais il est des situations où le facteur sujets est un facteur principal aléatoire. Un exemple en est donné par Faverge (T.II p.261). Dans la recherche de critères professionnels d'opératrices sur machines mécanographiques, on a choisi au hasard, dans un atelier, 7 opératrices. On les chronomètre chacune 28 fois à des moments pris au hasard. Le problème posé est le suivant : est-ce que la mesure permet de bien différencier les opératrices (en général, et pas seulement les 7 qui ont été choisies) ? On a dans ce cas un facteur sujets principal et aléatoire qui présente 7 modalités. Enfin, dans les situations où on s'intéresse aux différences individuelles, le facteur sujets pourra être un facteur systematique, principal ou secondaire.

7. Parmi les relations entre facteurs on s'intéressera de manière privilégiée aux deux suivantes : relation de croisement et relation d'emboîtement.

7.1. Relation de croisement : Deux facteurs sont croisés si chacun des niveaux du 1er facteur est combiné (ou associé) à chacun des niveaux du 2ème facteur. On a alors au moins une observation pour chacune de ces combinaisons (idée de complétude), ou encore : l'ensemble des combinaisons des niveaux du premier facteur et des niveaux du deuxième facteur est égal à leur produit cartésien. Si A et B sont deux facteurs croisés, on notera donc la relation de croisement comme le produit cartésien : $A \times B$ ou $B \times A$. La relation de croisement est symétrique.

Si chacun des deux facteurs comporte deux niveaux, on aura au moins une observation pour chacune des 4 combinaisons : alb1, alb2, a2b1, a2b2.

. Pour que plusieurs facteurs soient croisés dans leur ensemble, il faut avoir au moins une observation pour chacune des combinaisons possibles de leurs niveaux : ainsi trois facteurs A,B,C, présentant deux niveaux chacun, sont croisés dans leur ensemble, ce qu'on notera $A \times B \times C$, si on a au moins une observation pour chacune des 8 combinaisons $ab_1c_1, ab_1c_2, ab_2c_1, ab_2c_2, a_2b_1c_1, a_2b_1c_2, a_2b_2c_1, a_2b_2c_2$.

. On peut avoir des facteurs croisés 2 à 2, sans qu'ils le soient dans leur ensemble ; c'est le cas d'un plan en carré latin. Dans ce dernier cas, avec 3 facteurs et 2 niveaux sur chaque facteur, on a des observations pour 4 combinaisons seulement, par exemple $ab_1c_1, ab_2c_2, a_2b_1c_2, a_2b_2c_1$.

7.2. Relation d'emboîtement : Un facteur A est emboîté dans un autre facteur B, si chacun des niveaux de A est combiné avec un seul des niveaux de B. On a une application surjective de A sur B. Si A présente 4 niveaux et B 2 niveaux, on a 4 observations, par exemple : $ab_1, a_2b_1, a_3b_2, a_4b_2$. La relation d'emboîtement est notée $A [B]$, où A est le facteur emboîté, B est le facteur emboîtant.

La relation d'emboîtement n'est pas symétrique ; c'est une relation réflexive et transitive. Lorsque pour chaque niveau du facteur emboîtant (B) on a le même nombre de niveaux du facteur emboîté (A) on dit que l'emboîtement est équilibré.

7.3. Si tous les facteurs d'un plan sont croisés dans leur ensemble, on dit que le plan est croisé ou complet. Si un plan est complet pour les facteurs principaux on dira qu'il est factoriel. Un plan est dit quasi-complet s'il possède les deux propriétés suivantes :

- (1) tous les facteurs sont deux à deux croisés ou emboîtés
- (2) les facteurs croisés deux à deux sont croisés dans leur ensemble.

Un plan quasi-complet est donc un plan dans lequel, "aux emboîtements près", tous les facteurs sont croisés. Les plans quasi-complets constituent un élargissement des plans complets ou, inversement, les plans complets sont des plans quasi-complets sans emboîtements. Si un plan est quasi-complet, on peut résumer au moyen d'une formule l'ensemble des relations entre les facteurs du plan (voir ci-dessous § 8.8. une telle formule). Comme exemple de plan qui n'est pas quasi-complet, on peut citer les plans en carré latin, déjà mentionnés avec 3 facteurs 2 à 2 croisés, mais non croisés dans leur ensemble.

8. Etudier la structure d'un plan d'expérience, c'est rechercher les relations entre les facteurs en commençant par les relations 2 à 2. Reprenons l'exemple de l'expérience de généralisation. La grille qui une fois remplie constituera le protocole (en fait, le protocole dérivé mentionné plus haut) peut être présentée de la manière suivante :

	b1							b2							b3							
	s3g	s2g	s1g	s+	s1a	s2a	s3a	s3g	s2g	s1g	s+	s1a	s2a	s3a	s3g	s2g	s1g	s+	s1a	s2a	s3a	
Groupe A d1=0 min.	s1																					
	s2																					
	s3																					
	s4																					
	s5																					
	.																					
Groupe B d2=5 min.	s'n																					
	s'1																					
	s'2																					
	s'3																					
	s'4																					
	.																					

Ce tableau permet de présenter les observations recueillies en cours d'expérience, une fois regroupées les réponses relatives aux 5 présentations d'un même stimulus (facteur R_5) et après calcul des taux de réponses +. On y retrouve les 3 facteurs principaux systématiques : F_7, B_3, D_2 et le facteur secondaire aléatoire : S (sujets)

En s'aidant de ce tableau, on peut définir les relations entre les 4 facteurs.

8.1. Relation entre S et F

Chacun des sujets reçoit bien les 7 sons qui diffèrent par leur fréquence, i.e., chacun des niveaux de S est combiné avec chacun des niveaux de F. S et F sont donc croisés : $S \times F$.

8.2. Relation entre S et B

Chacun des sujets de chaque groupe est soumis au bloc b1 puis au bloc b2 puis au bloc b3 : $S \times B$.

8.3. Relation entre S et D

Chacun des niveaux de S est combiné avec un seul niveau de D

d'où $S [D_2]$ S est emboîté dans le facteur D.

Chaque sujet ne passe que dans une seule condition ; $d_1 = 0$ ou $d_2 = 5$ min. ou encore chaque sujet n'appartient qu'à un seul groupe : groupe A ou groupe B.

8.4. Relation entre F et B

Chacun des 7 sons est présenté en b1, en b2 et en b3. F est croisé avec B : $F \times B$.

8.5. Relation entre F et D

Chacun des 7 sons est présenté à tous les sujets, qu'ils appartiennent au groupe A ou au groupe B : $F \times D$.

On remarquera que la relation : $F \times D$ peut être considérée comme une conséquence des 2 relations : $S \times F$ et $S [D]$.

8.6. Relation entre B et D

Les 3 blocs d'essais seront réalisés pour les sujets du groupe A comme pour les sujets du groupe B : $B \times D$.

8.7. Relation entre S, F et B

Chacun des sujets reçoit chacun des 7 sons et ceci pour chacun des blocs : les 3 facteurs S, F, B sont donc croisés dans leur ensemble : $S \times F \times B$.

On remarquera que les relations $S \times F$, $F \times B$, $S \times B$ peuvent être considérées comme des conséquences de la relation : $S \times F \times B$.

8.8. Relation entre D, F et B

A chaque groupe (A ou B) est affecté chacun des 7 sons et ceci pour chacun des blocs : les 3 facteurs D, F, B sont donc croisés dans leur ensemble : $D \times F \times B$. On remarquera que la relation $D \times F \times B$ peut être considérée comme une conséquence de la relation $S \times F \times B$.

En conclusion, le plan précédent relativement aux facteurs S, F, B et D est un plan quasi-complet. On montre qu'un tel plan peut être représenté par une formule, qu'on pourra écrire de la manière suivante : $S_n [D_2] \times F_7 \times B_3$.

Remarques :

1. S, facteur aléatoire, est souligné.
2. L'ordre d'écriture de la formule dépend des emboîtements puisque la relation d'emboîtement est non symétrique. Mais l'ordre dans lequel on écrit les croisements est arbitraire. On a pris coutume (sans que cela soit

obligatoire) de commencer par le facteur sujets, d'où les deux écritures possibles : $S_n[D_2] \times F_7 \times B_3$ et $S_n[D_2] \times B_3 \times F_7$.

3. A chaque facteur de la formule du plan est affecté un indice :

. pour un facteur non emboîté, l'indice est égal au nombre total de niveaux de ce facteur,

. pour un facteur emboîté, l'indice est égal au nombre de niveaux de ce facteur pour chacun des niveaux du facteur emboîtant. (Cette écriture n'est possible que lorsque comme ici l'emboîtement est équilibré ; sinon on n'écrirait pas d'indice).

Si l'expérience de généralisation a été réalisée avec 60 sujets, 30 sujets dans chacun des groupes A et B, on a $S_{30}[D_2]$.

Dans un plan quasi-complet équilibré, le produit des indices qui affectent chaque facteur est égal au nombre total d'observations : $S_{30}[D_2] \times F_7 \times B_3$ d'où 1260 observations (rappelons que les observations de ce protocole dérivé sont des pourcentages et non les observations brutes + et -).

4. Dans le cas particulier de cette expérience, le facteur emboîtant est constitué par un seul facteur. Mais on rencontre de nombreuses situations où il en est autrement, on pourra avoir par exemple : $S_n[A_2 \times B_2]$ cas d'une expérience impliquant 4 groupes de sujets, chaque groupe étant décrit au moyen des deux facteurs A et B à deux niveaux chacun.

9. Le traitement des données : notion de comparaison, notion d'interaction.

Une fois que l'expérimentateur a recueilli le protocole, soit sous la forme de tableau des observations soit sous une forme équivalente (cartes perforées, etc.), il analysera ces résultats, en liaison notamment avec les hypothèses formulées.

Pour étudier l'effet d'un facteur, il comparera différents sous-protocoles correspondant aux différents niveaux de ce facteur.

Eventuellement il étudiera l'interaction de deux facteurs, en comparant des sous-protocoles construits par combinaison des niveaux des deux facteurs.

Dans l'expérience de généralisation, le traitement des données doit aboutir à un jugement relatif à la confirmation ou à l'infirmité des hypothèses h_1 , h_2 , h_3 (cf. introduction) qui mettent en jeu les facteurs F, B et D respectivement.

Dans un article ultérieur, on se proposera d'illustrer à propos de cette expérience, cette démarche expérimentale de traitement des données qui va des hypothèses ou questions préalables à la formulation des conclusions.