

### 0-1. Un peu de vocabulaire

Observation, interprétation, expérience, expérimentation, mesure, échelle de mesure, moyenne, variance, hypothèse, test.

### 0-2. Constituants d'une expérience

#### 0-2-1 Sujets :

**Définition :** Les unités statistiques sur lesquelles porte l'expérience sont appelées unités expérimentales. L'ensemble des sujets constitue la population (souvent c'est un échantillon). On note  $S$  cet ensemble et  $s$  un sujet. En psychologie il s'agit souvent d'individus, on les désigne par le terme « sujet ».

#### 0-2-2 Variable dépendante :

**Définition :** On appelle variable dépendante (VD) la réponse du système aux différentes conditions expérimentales. Cette réponse est mesurée sur les sujets de l'expérience. Elle peut être uni ou multidimensionnelle. On note  $Y$  cette variable et  $Y(s)$  ou  $Y_s$  la valeur qu'elle prend pour le sujet  $s$ .

#### 0-2-3 Les facteurs de variation :

##### 0-2-3-1 Les variables indépendantes :

**Définition :** Les variables indépendantes (VI) sont les variables représentant les causes postulées des variations de la VD. Le but de l'expérimentation étant de mettre en évidence l'effet de ces variables indépendantes.

**Remarque :** On emploie aussi le terme de facteur de variation ou facteur expérimental ou encore (plus simplement) facteur.

Par usage le terme de « variables indépendantes » est utilisé dans un contexte méthodologique alors que le terme de facteur est utilisé dans un contexte statistique.

**Définition :** On appelle variables indépendantes provoquées les variables indépendantes pouvant être manipulées (contrôlées) par l'expérimentateur.

**Remarque (fondamentale):** Dans le cas des variables indépendantes provoquées l'expérimentateur a la possibilité de répartir aléatoirement les sujets dans différents groupes expérimentaux et ceci avant d'agir sur les VI.

**Définition :** Les variables indépendantes invoquées (ou étiquettes) sont des caractéristiques « naturelles » sur lesquelles l'expérimentateur ne peut agir, mais elles lui servent pour repérer les conditions expérimentales.

**Remarque :** Certains auteurs réservent le mot « expérimental » aux situations d'observations lorsque toutes les variables indépendantes sont provoquées et « quasi-expérimental » lorsque le plan d'expérience contient des variables indépendantes invoquées.

**Définition :** On dit que deux variables indépendantes sont confondues si chaque modalité de l'une est associée à une modalité de l'autre.

##### 0-2-3-2 Les variables parasites :

Les variables indépendantes non prises en considération dans l'expérience sont appelées variables parasites. Les variables parasites identifiables sont celles que l'on peut totalement identifier. On cherche alors à les contrôler pour « effacer » leur effet. Les variables parasites non identifiables sont toutes les caractéristiques propres à l'unité statistique. Ces dernières peuvent être contrôlées par randomisation.

### 0-3. Les effets des facteurs

#### 0-3-1 Les niveaux des effets des facteurs :

Dans de nombreuses études, les phénomènes sont plus complexes que la simple relation de cause à effet entre les VI et les VD. On peut imaginer tout un réseau de causalités. L'effet d'un facteur peut se traduire alors à plusieurs niveaux :

a) effet principal : effet direct sur la VD que l'on aurait mesuré dans une expérience où seul ce facteur serait présent.

b) effet d'interaction : effet du facteur sur les effets des autres facteurs. On distingue alors plusieurs niveaux d'interaction :

- \* Interaction d'ordre 1 : interaction d'un facteur sur l'effet d'un autre facteur.
- \* Interaction d'ordre 2 : interaction d'un facteur sur l'interaction entre deux autres facteurs
- \* etc. ...

#### 0-3-2 Nature des effets des facteurs :

On distingue deux cas :

a) Les facteurs à effets fixes : les modalités du facteur qui intéressent le chercheur sont choisies de façon systématique par l'expérimentateur. On veut mesurer l'effet de chaque modalité prise par elle-même.

b) Les facteurs à effets aléatoires : toutes les modalités du facteur ne sont pas présentes dans l'expérience. Les modalités retenues ne sont pas choisies de façon systématique mais de façon aléatoire. Le chercheur ne s'intéresse donc pas à chaque modalité prise individuellement mais à l'effet global du facteur. Il lui sera alors possible d'étendre des conclusions à d'autres modalités de la variable indépendante non présentes lors de l'expérimentation.

Dans de nombreux modèles on introduit le facteur de variation « sujet » dont les modalités sont les unités statistiques de l'expérience. Le facteur sujet est par construction même de l'expérience un facteur à effets aléatoires.

### 0-4. Plans d'expérience

#### 0-4-1 Généralités :

L'expérimentateur définit un ensemble de  $p$  facteurs élémentaires  $A_1, A_2, \dots, A_p$ . Chaque facteur possède un nombre  $n_i$  fini de modalités  $A_i = \{a_1^i, a_2^i, \dots, a_{n_i}^i\}$ .

Chaque observation de la variable dépendante correspond à une combinaison des modalités des facteurs élémentaires  $a = \{a_{i1}^1, a_{i2}^2, \dots, a_{ip}^p\}$ .  $a_{ij}^j \in A_j$

Notons  $E$  l'ensemble de toutes les combinaisons des modalités des facteurs élémentaires

$$E = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_p.$$

Chaque condition expérimentale envisagée dans l'expérience est décrite par un élément de  $E$

Lors de l'expérience il arrive souvent que toutes les combinaisons ne sont pas retenues.

Cependant chaque modalité de chaque facteur est présente au moins une fois dans l'expérience.

L'ensemble des combinaisons retenues définit le plan d'expérience.

**Définition :** On appelle plan d'expérience un sous-ensemble  $E^*$  de  $E$  tel que chaque modalité de chaque facteur soit présente au moins une fois dans les éléments de  $E^*$ . Les éléments de  $E^*$  sont appelés conditions expérimentales.

#### 0-4-2 Relations entre facteurs :

Un plan d'expérience se conçoit en précisant les facteurs élémentaires pris en compte mais aussi les relations entre ces facteurs. Nous étudierons deux relations fondamentales : la relation de croisement et la relation d'emboîtement. Ces deux relations permettent de décrire un ensemble particulier de plans d'expérience (ensemble des plans quasi-complets).

**Définition :** Deux facteurs A et B sont croisés si chaque modalité de l'un apparaît avec chaque modalité de l'autre. On note  $A \times B$  (ou  $B \times A$ ).

**Remarque :** La définition précédente se généralise à plusieurs facteurs.  $p$  facteurs sont croisés dans leur ensemble si chaque modalité de l'un apparaisse avec toutes les modalités de tous les autres facteurs.

**Remarque (importante) :** Des facteurs croisés deux à deux ne sont pas nécessairement croisés dans leur ensemble.

**Définition :** Un facteur A est emboîté dans un facteur B si chaque modalité de A est associée à exactement une modalité de B. A est appelé le facteur emboîté et B le facteur emboîtant. On note  $A \langle B \rangle$ .

**Remarque :** un facteur peut être emboîté dans un facteur lui-même emboîté dans un troisième facteur. Dans ce cas le 1<sup>er</sup> facteur est emboîté dans le 3<sup>ème</sup>.

**Définition :** L'emboîtement est dit équilibré (balancé) si et seulement si chaque modalité du facteur emboîtant est associée au même nombre de modalités du facteur emboîté.

**Définition :** Deux facteurs A et B sont confondus si et seulement si A est emboîté dans B et B est emboîté dans A.

#### 0-4-3 Les plans d'expérience de base:

**Définition :** Un plan d'expérience est dit complet si et seulement si il est égal au croisement de tous ses facteurs élémentaires ( $E^* = E$ ). Autrement dit il contient toutes les combinaisons des modalités des facteurs élémentaires.

**Définition :** Un plan d'expérience est dit quasi-complet si et seulement si pour tout couple de facteurs les deux facteurs sont soit croisés soit emboîtés et si tous les facteurs croisés deux à deux sont croisés dans leur ensemble.

Dans toute la suite nous ne nous intéresserons qu'à des plans quasi-complets.

**Définition :** Un plan d'expérience est dit à un facteur et à mesures indépendantes s'il met en jeu un seul facteur A outre les sujets qui ne sont « utilisés » qu'une seule fois (un sujet ne se retrouve que dans un seul groupe expérimental). On a donc  $S \langle A \rangle$ . On parle de plan inter.

**Définition :** Un plan d'expérience est dit à un facteur et à mesures répétées s'il met en jeu un seul facteur A outre les sujets qui sont « utilisés » dans les différentes conditions expérimentales. On a donc  $S \times A$ . On parle de plan intra.

**Définition :** Un plan d'expérience est dit à deux facteurs et à mesures indépendantes si on a  $S \langle A \times B \rangle$

**Définition :** Un plan d'expérience est dit à deux facteurs et à mesures complètement répétées si les sujets sont utilisés dans l'ensemble des conditions expérimentales. On a donc  $S \times A \times B$ .

**Définition :** Un plan quasi-complet de la forme  $S \langle A \rangle \times B$  est dit mixte.