

# La méthode expérimentale en Sciences Humaines

CM3 & CM4

UF 7.5

4<sup>ème</sup> année orthophonie  
(2<sup>nd</sup> semestre)

Avril 2020

Dr Guillaume HERBET

[Guillaume.herbet@univmontpellier.fr](mailto:Guillaume.herbet@univmontpellier.fr)



Association  
pour la Recherche  
sur le Cancer

# ***Sommaire du cours***

## **4- Les variables**

### **4-1 La notion de variable**

#### **4-1.1 Généralités**

#### **4-1-2 Les catégories de variables**

### **4-2 Les variables dépendantes ou modifiées**

#### **4-2.1 Données brutes et données codifiées**

#### **4-2.2 Données transformées**

### **4-3 Les variables indépendantes**

#### **4.3.1 Système de description des données**

#### **4.3.2 Les facteurs expérimentaux**

#### **4.3.3 Les facteurs techniques**

#### **4.3.4 L'opérationnalisation des variables**

### **4-4 Les variables parasites**

#### **4.4.1 Variables parasites et validité interne**

#### **4.4.2 Variables parasites et validité externe**

#### **4.4.3 Les techniques de neutralisation des variable**

# ***Sommaire du cours***

## **4- Les variables**

### **4-1 Le facteur sujet**

**4-1.1 Quelques rappels rapides sur l'échantillonnage**

**4-1-2 Les groupes de mesure et les groupes de sujets**

**4-1.2 Les groupes contrôles et contrastés**

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

### 4-1.1 Généralités

# Les variables - La notion de variable

- ⇒ L'analyse scientifique d'une problématique nécessite une **opérationnalisation** qui se traduit par la mise en correspondance des faits, afin d'étudier leurs relations potentielles.
- ⇒ Il faut catégoriser les faits selon qu'on les range parmi les causes ou parmi les effets, à repérer leurs origines (venant des sujets, de l'environnement, de l'instrument de mesure, etc), puis de quantifier ces phénomènes à travers de variables.
- ⇒ Le but est **d'exprimer des relations entre les variables**, de manière formelle ou mathématique. Certaines d'entre elles sont connues, d'autres le sont moins ou sont moins contrôlées.

# Les variables - La notion de variable

**Définition** : Une variable est une dimension caractéristique de notre environnement physique ou social, une dimension d'un ou de plusieurs comportements, dont les manifestations peuvent être classées en catégories ou mesurées et prendre plusieurs valeurs ou états différents.

- ⇒ Caractériser une variable est une étape cruciale qui consiste à préciser le domaine de référence théorique de cette variable (on utilise dans ce cas le **terme facteur** ou **variable conceptuelle**)
- ⇒ On doit également caractériser l'ensemble des valeurs possibles de la variable en question. On parle de **modalités de variable** ou **domaine de variation**.

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

### 4-1.1 Généralités

### 4-1.2 Les catégories de variables

# Les variables - La notion de variable

⇒ À l'aide de la démarche scientifique, vous allez étudier les relations entre des variables. Il existe deux grands types de variables :

## **(1) Les variables indépendantes ou facteurs manipulés.**

Quand vous créez un expérience, vous allez manipuler un contexte, c'est-à-dire faire *varier les éléments de ce contexte pour étudier les effets de cette variation sur le phénomène que vous voulez étudier*. On observe les conséquences de ces variations.

## **(2) Les variables dépendantes ou facteurs modifiés**

Elle se réfèrent au comportement ou aux réponses des sujets pour lesquelles on va observer les conséquences des variations imposées par la manipulation des variables indépendantes.



# Les variables - La notion de variable

## ⇒ Quelques exemples

❖ **Exemple 1** : Vous voulez étudier l'effet de *rotation mentale* en utilisant des lettres ou des chiffres que vous allez présenter à des sujets suivant différents degrés ou biais angulaires. Vous faites l'hypothèse que plus le biais angulaire est élevé plus les sujets vont mettre du temps pour identifier la/les lettres.

- Quel est la variable dépendante ou facteur modifié ?
- Quelle est la variable indépendante ou facteur manipulé ?

# Les variables - La notion de variable

## ⇒ Quelques exemples

❖ **Exemple 2** : *Vous voulez tester l'hypothèse que les enfants autistes présentent des difficultés de langage en comparaison à des enfants présentant un développement normal. Pour ce faire, vous faites passer aux deux groupes de participants deux épreuves de langage ; un test de discrimination phonologique et un test de fluence phonologique.*

- Quel est la variable dépendante ou facteur modifié ?
- Quelle est la variable indépendante ou facteur manipulé ?

# Les variables - La notion de variable

## ⇒ Quelques exemples

❖ **Exemple 3** : *Vous voulez tester l'hypothèse que les temps de réponse à une épreuve de dénomination sont supérieures aux temps de réponses à une épreuve d'appariement d'image puisque dans ce dernier cas il existe au moins un traitement cognitif supplémentaire (un traitement sémantique).*

- Quel est la variable dépendante ou facteur modifié ?
- Quelle est la variable indépendante ou facteur manipulé ?

# Les variables - La notion de variable

## ⇒ Quelques exemples

- ❖ **Exemple 4** : *Vous voulez tester l'hypothèse que les temps de réponse à une épreuve de lecture de logatomes est supérieurs à une épreuve de lecture de mots irréguliers.*
  - Quel est la variable dépendante ou facteur modifié ?
  - Quelle est la variable indépendante ou facteur manipulé ?

# Les variables - La notion de variable

## ⇒ Quelques exemples

- ❖ **Exemple 5** : *Dans une expérience, vous voulez montrer que la partie A du TMT est plus rapidement réalisée que la partie B du TMT, et démontrer en même temps que des sujets atteints d'une démence fronto-temporale sont plus lents sur la partie B du TMT par rapport à des sujets normaux, mais pas sur la partie A. Pour ce faire, vous faites passer le TMT à un groupe de sujets normaux et à un groupe de sujets atteints d'une démence fronto-temporale.*
  - Quel(les) est/sont la/les variables dépendantes ?
  - Quel(les) est/sont la/les variables indépendantes ?

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

# Les variables - Les dépendantes/modifiées

Définition : La variable dépendante (VD) est la réponse ou la mesure de la réponse du sujet soumis à une expérience. Cette réponse est donc **dépendante de la situation expérimentale que l'expérimentateur a créée.**

- ❖ Les VDs sont des **réponses fournies par le sujet**, soit **les caractéristiques de ces réponses**.
- ❖ Les données sont toutes **les modalités possibles que la VD prend effectivement** lors d'une expérimentation scientifique.
- ❖ Il est important de faire une distinction entre **données brutes** et **données transformées**. Les données brutes sont les données qui sont directement recueillies auprès du sujet par l'expérimentateur. Toutefois, pour faciliter les traitements ultérieurs, on peut leur faire subir plusieurs types d'opérations : elles peuvent être *codifiées*, *classées*, *regroupées*, *transformées*, selon ce qu'il est important de faire apparaître.

# Les variables - Les dépendantes/modifiées

## ❖ Codification des variables

Prenons l'exemple suivant : vous posez une question ouverte (réponse en 10 lignes maximum) à un ensemble d'étudiants après un cours magistral : *Etes-vous d'accord sur le fait que le CM était intéressant et clair. Sinon, pourquoi ?*

Sujet	Réponse
Sujet1	Blabla1
Sujet2	Blabla2
Sujet3	Blabla3
Sujet4	Blabla4
Sujet5	Blabla5
Sujet6	Blabla6
Sujet7	Blabla7
Sujet8	Blabla8
Sujet9	Blabla9
Sujet10	Blabla10
Sujetn	Blablan

Codification



**a Fort désaccord**

**b Désaccord**

**c D'accord**

**d Pas d'accord**

Sujet	Réponse
Sujet1	a
Sujet2	c
Sujet3	b
Sujet4	d
Sujet5	c
Sujet6	d
Sujet7	d
Sujet8	d
Sujet9	c
Sujet10	d
Sujetn	d



# Les variables - Les dépendantes/modifiées

- ❖ Données transformées: parfois, les données recueillies ne contiennent pas l'information pertinente recherchée. Cette information doit être révélée, notamment par calcul. Ce sont ce qu'on appelle des **données transformées**.

⇒ Soit on transforme la variable dépendante pour qu'elle mesure plus finement, plus exactement ce que l'on veut mesurer. On la transformera alors en **indice de performance**.

⇒ Soit on ne peut pas appliquer les tests statistiques nécessaires à la mise en évidence des effets des facteurs expérimentaux. On pourra alors effectuer **une transformation de l'échelle de mesure** afin que les données se rapprochent le plus d'un modèle mathématique ou statistique particulier, comme celui de la loi normale.

# Les variables - Les dépendantes/modifiées

## ❖ Transformation de la variable dépendante en indice de performance

Imaginez la situation d'évaluation suivante : dans une épreuve de reconnaissance des mots, les sujets doivent dire si oui ou non, ils ont rencontré, lors d'une épreuve précédente (d'apprentissage ou de lecture), les mots qu'on leur propose. Dans la liste de reconnaissance, les mots cibles (à reconnaître), sont mélangés à des mots distracteurs nouveaux.

Réponses possibles dans l'épreuve de reconnaissance

Type de mots Type de réponses	Mot cible	Distracteur
Oui (déjà vu)	Reconnaissance correcte (BR)	Fausse alarme
Non (pas vu)	Oubli (0)	Rejet correct (RC)

- Soit vous utilisez comme *VD* le nombre de mots reconnus divisé par le nombre de mots à reconnaître. Mais pas très informatif car par exemple le type d'erreurs ne sera pas représenté.

- Soit vous utilisez un indice de performance qui est plus adéquat comme par exemple :

$$\text{BR modifié} = \frac{BR - FA}{n}$$

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

# Les variables - Les dépendantes/modifiées

## ❖ Transformation de la variable dépendante en indice de performance

On calculera parfois des indices faisant intervenir la même réponse mesurée à différents moments. C'est le cas des indices calculés lors de la comparaison de performances avec un paradigme *test-retest* ou un paradigme *pré-post*.

*Prenons l'exemple d'une rééducation cognitive. Vous obtenez un score en dénomination avant et après l'intervention thérapeutique. L'idée est d'évaluer si la prise en charge est efficace sur les processus de récupération lexicale.*

*Vous pouvez pour chaque sujet calculer un indice d'accroissement (ou diminution des performances en appliquant le ration suivant :*

$$I = \frac{\text{pré}(test) - \text{post}(test)}{\text{pré}(test)}$$

$$I = \frac{62 - 78}{62} = 0,25 \text{ (25 \% d'accroissement du score)}$$

# Les variables - Les dépendantes/modifiées

## ❖ Transformation de la variable dépendante en indice de performance

*Prenons l'exemple d'un, traitement censé traiter l'obésité. Le sujet pesait 98 kg avant la thérapie, puis 54 après la thérapie.*

$$\text{perte de poids en \%} = \frac{\text{pré}(test) - \text{post}(test)}{\text{pré}(test)}$$

$$\text{Perte de poids en \%} = \frac{98 - 54}{98} = 0,44 \text{ (44\%)}$$

# Les variables - Les dépendantes/modifiées

## ❖ Transformation de l'échelle de mesure

⇒ Le plus souvent, pour traiter des données comportementales, nous utilisons des statistiques paramétriques. Toutefois, pour utiliser de telles statistiques, un certain nombre de conditions doit être respecté, notamment :

- La normalité des données (loi de Gauss-Laplace)
- L'homogénéité des variances

⇒ Dans ce cas, au lieu d'utiliser des statistiques non-paramétriques, nous pouvons effectuer des **transformations mathématiques afin d'améliorer la normalité des données**. Par exemple, on peut appliquer un logarithme népérien  $\ln(x)$  à toutes les données.

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

## 4-3 Les variables indépendantes

4-3.1 Le système de description des données

# Les variables - Les indépendantes (VI)

**Définition** : La variable indépendante (VI) est une caractéristique du sujet, de son environnement physique ou social, de la tâche, du ou des stimuli présentés qui est manipulée ou simplement prise en compte par le chercheur afin de contrôler ou d'analyser son impact sur le comportement.

- ⇒ Une variable indépendante prend un certain nombre **d'états**, deux au minimum, la plupart du temps *choisis par l'expérimentateur*.
- ⇒ Ces différents états sont aussi appelés **degrés** ou **modalités**. On parlera aussi de **niveau** quand il s'agit de degrés d'une variable qui peuvent être ordonnés (des classes d'âge par exemple).



# Les variables - Les indépendantes (VI)

## ❖ Plan d'analyse ou plan de protocole

- ⇒ Le plan d'analyse (ou du protocole) permet d'ordonner et de classer les observations (toutes les valeurs de la VD). Ceci est réalisé par exemple lorsqu'on représente un plan d'expérience (on le verra après).
- ⇒ Les observations sont organisées par le fait qu'elles appartiennent à des modalités ou des facteurs (VI) qui agissent comme des descripteurs.
- ⇒ Le principe de base stipule que chacun de ces descripteurs est la description d'au moins une observation.
- ⇒ On symbolise les descripteurs par des lettres majuscules suivies par une valeur qui représente le nombre de modalités du facteur. Par exemple  $G_3$  pourrait représenter le facteur groupe avec trois modalités  $\{G_1, G_2, G_3\}$

# Les variables - Les indépendantes (VI)

## ❖ Quelques exemples

⇒ **EX1**: Dans une étude concernant l'implication du gyrus supramarginal dans les processus impliqués dans l'articulation du langage. Pour démontrer cette implication, vous réunissez 3 groupes de sujets : un groupe avec lésion du GSM, un groupe avec une lésion du cortex préfrontal antérieur et un groupe de sujets normaux.

Vous avez donc une variable indépendante groupe à trois modalités. On va écrire  $G_3 \{GSM, CPA, CTR\}$ .

⇒ **EX2**: Vous voulez étudier l'impact du type de mots sur la vitesse de lecture chez les mêmes sujets. En particulier, vous vous intéressez aux mots réguliers, irréguliers, logatomes.

Vous avez de la manière une variable indépendante à trois modalités. On va écrire par exemple  $TM_3 \{R, I, L\}$

# Les variables - Les indépendantes (VI)

## ❖ Quelques exemples

⇒ **EX3:** vous voulez étudier l'effet de la rotation de stimuli (lettres) sur le temps d'identification de ces mêmes stimuli. Pour ce faire, vous organisez votre expérience de la façon suivante : vous sélectionnez une lettre – le 'R' et vous allez présenter cette lettre avec différents angles de rotation :  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $210^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $300^\circ$ ,  $330^\circ$ .

Comment décrire la VI ?

$R_{12} \{0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ\}$

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

## 4-3 Les variables indépendantes

4-3.1 Le système de description des données

4-3.2 Les facteurs expérimentaux

# Les variables - Les indépendantes (VI)

## ❖ Relation entre variable dépendante et indépendante

⇒ l'objectif d'une expérience est d'obtenir des preuves attestant d'une responsabilité de la variable indépendante dans les variations de la variable dépendante. Ce sont les **facteurs expérimentaux**.

⇒ La relation entre la VD et la VI peut être modélisée de la manière suivante :

$$C = f(S,P)$$

*Le comportement est fonction de changements apparaissant soit dans la situation, soit dans les caractéristiques même des personnes, soit dans ces deux secteurs.*

⇒ Cela implique que les variables indépendantes peuvent être soit **invoquées** soit **provoquées**

# Les variables - Les indépendantes (VI)

## ❖ Variables indépendantes invoquées et provoquées

⇒ *Variables indépendantes invoquées* : lorsque les variables indépendantes sont extraites des **caractéristiques même des sujets**, (âge, sexe, le niveau intellectuel, niveau social, personnalité, etc), elles sont invoquées. Il est difficile de les maîtriser réellement puisqu'elles appartiennent aux sujets. L'expérimentateur doit se contenter de sélectionner la variable qu'il souhaite sélectionner et il ne peut pas les manipuler à proprement parler.

⇒ *Variables indépendantes provoquées* : sont les caractéristiques de la situation, situation que vous avez créée. Elles peuvent être par exemple : le niveau de complexité de la tâche, le mode de présentation du stimuli, etc.

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

## 4-3 Les variables indépendantes

4-3.1 Le système de description des données

4-3.2 Les facteurs expérimentaux

4-3.3 Les facteurs techniques

# Les variables - Les indépendantes (VI)

## ❖ Définition

- ⇒ Les variables techniques sont des variables qui sont du même type que les variables indépendantes mais **qui ne font pas l'objet de spéculations particulières**, qui ne *supportent pas d'hypothèse particulières*.
- ⇒ Elles sont généralement nécessaires au contrôle de certains paradigmes expérimentaux ou permettent d'éviter certains problèmes. **Ce sont des facteurs secondaires**. On ne les fait généralement pas apparaître dans les plans d'expérience. D'éventuels effets de ces variables peuvent être constatés a posteriori et elles peuvent donc dans certaines situations devenir des variables indépendantes.
- ⇒ Exemple : Reprenons notre exemple sur la rotation mentale. Imaginons que les sujets doivent réaliser 400 essais pour compléter la tâche. Pour limiter les effets dus à la fatigue et la diminution de la concentration au fur et à mesure du temps, nous pouvons diviser la tâche en 4 blocs de 100 essais. Nous aurons alors une variable technique « Bloc » à quatre modalités  $B_4 \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$



# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

## 4-3 Les variables indépendantes

4-3.1 Le système de description des données

4-3.2 Les facteurs expérimentaux

4-3.3 Les facteurs techniques

4-4.4 Opérationnalisation des variables

# Les variables - Les indépendantes (VI)

- ⇒ Le but d'une expérience consiste à créer une situation expérimentale pour mettre en évidence certains propriétés du fonctionnement psychologique/neuropsychologique, neurocognitif comme les processus sémantiques, la cognition sociale ou encore la prise de décision.
- ⇒ Toutefois, la plupart du temps, les concepts liés à ce fonctionnement sont improprement spécifiés pour être utilisés en tant que variable. L'opération qui consiste de passer du conceptuel à la variable en elle-même est appelée un **processus d'opérationnalisation des variables**. Ce processus découle du processus d'élaboration des hypothèses opérationnelles.
- ⇒ Il est possible de distinguer 3 niveaux d'opérationnalisation.

# Les variables - Les indépendantes (VI)

## **(1) L'opérationnalisation de la situation expérimentale**

Cette étape consiste à faire l'inventaire de tous les paramètres qui définissent la situation expérimentale, comme les procédures et les paradigmes utilisés, les techniques de présentation des stimuli, la manière dont ceux-ci ont été construits.

## **(2) L'opérationnalisation de la mesure**

Cette étape va décrire les techniques utilisées pour mesurer le comportement: ici il est question du choix de la variable dépendante et de ses liens avec les processus qui vous intéressent.

## **(3) L'opérationnalisation de l'inférence théorique**

Elle est la façon dont les processus que vous étudiez sont définies. Un même processus peut être évalué de différentes manières, avec des outils différents. Il doit y avoir une concordance entre ce que vous voulez démontrer et les variables utilisées. Ceci renvoie à la notion de validité théorique : « le cadre de l'expérience répond-il réellement à la question théorique initialement posée ? »

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

## 4-3 Les variables indépendantes

4-3.1 Le système de description des données

4-3.2 Les facteurs expérimentaux

4-3.3 Les facteurs techniques

4-4.4 Opérationnalisation des variables

## 4-4 Les variables parasites

4-4.1 Variables parasites et validité interne

# Les variables - Les variables parasites

## ❖ Définition

- ⇒ Quand vous faites une expérience scientifique, il faut s'assurer que les modifications du comportement que vous induisez grâce aux VIs, sont réellement dues aux manipulations que vous opérez (c'est-à-dire à la manipulation du degré/modalité des VIs).
- ⇒ Or, nous savons que n'importe quel comportement est régi par un nombre considérable de facteurs, qu'ils soient internes ou externes ; Il faut donc éviter de mesurer les facteurs qui ne nous intéressent pas, en les contrôlant.
- ⇒ Cette catégorie de variables non désirées est appelée **variable parasite**. Elle affecte la validité de la recherche, c'est-à-dire *le degré de confiance auquel on peut attribuer à une relation causale mise en évidence dans la situation expérimentale*. Il faut donc **les lister et tenter de les neutraliser**.

# Les variables - Les variables parasites

## ❖ Variables parasites et validité interne

La validité interne est directement sous la dépendance de l'existence ou non *de facteurs associés à l'instrumentalisation, aux attentes des sujets et des expérimentateurs, à la perte spécifique de sujets, à des facteurs historiques ou à l'application des mêmes tâches chez les mêmes sujets.*

⇒ Instrumentation : des erreurs systématiques dues à un système de mesure non fiable peut « cacher » les variations de la variable dépendante attribuables aux facteurs expérimentaux.

⇒ Modification des attentes du sujet : Une expérience, de par sa forme, son contenu, la longueur des tâches, etc. peut démotiver ou éteindre le degré de collaboration des sujets. On peut également constater que les sujets peuvent avoir tendance à « aller dans le sens » de l'expérimentateur et à effectuer pas ce qu'on leur demande mais ce qu'ils pensent qu'on attend d'eux.

# Les variables - Les variables parasites

## ❖ Variables parasites et validité interne

- ⇒ Modification des attentes de l'expérimentateur : Même chose que le point précédent mais concernant cette fois-ci l'expérimentateur. Par exemple, en fonction des résultats au fur et à mesure de l'expérience, l'expérimentateur peut changer d'attitude, ce qui peut faire que la même expérience peut éventuellement amener à des résultats différents si elle est réalisée par deux expérimentateurs différents (vérifier la stabilité inter-expérimentateur; méthode en double aveugle).
- ⇒ Les tâches répétées : l'administration répétée de l'épreuve sans précaution produisent des phénomènes d'apprentissage, de transfert ou d'interférence. Il s'agit donc de prévoir ou prévenir les effets de cette répétition sur la VD.

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

## 4-3 Les variables indépendantes

4-3.1 Le système de description des données

4-3.2 Les facteurs expérimentaux

4-3.3 Les facteurs techniques

4-4.4 Opérationnalisation des variables

## 4-4 Les variables parasites

4-4.1 Variables parasites et validité interne

4-4.2 Variables parasites et validité externe



# Les variables - Les variables parasites

## ❖ Variables parasites et validité externe

- ⇒ La validité externe est relative à la possibilité de généralisation des résultats. Est-il possible *de généraliser les résultats obtenus à partir de votre échantillon à la population générale* ? Est-ce que l'on va obtenir les mêmes résultats si on refait une nouvelle fois l'expérience avec une population plus vaste ?
- ⇒ Cette généralisation s'applique également au matériel et à la situation même. On parle cette fois-ci de **validité écologique**.
- ⇒ La validité externe est influencée par :
  - Le caractère trop superficiel des recherches en laboratoire (validité écologique), par exemple l'utilisation d'un matériel que l'on ne rencontre pas facilement dans l'environnement ;
  - La représentativité des sujets : par exemple, en psychologie, une bonne partie des études publiées chez les sujets sains, ont été réalisés auprès d'étudiants de psychologie. Est-ce bien représentatif de la population ?

# 4- Les variables

## 4-1 La notion de variable

4-1.1 Généralités

4-1.2 Les catégories de variables

## 4-2 Les variables dépendantes ou modifiées

4-2.1 Données brutes et données codifiées

4-2.1 Données transformées

## 4-3 Les variables indépendantes

4-3.1 Le système de description des données

4-3.2 Les facteurs expérimentaux

4-3.3 Les facteurs techniques

4-4.4 Opérationnalisation des variables

## 4-4 Les variables parasites

4-4.1 Variables parasites et validité interne

4-4.2 Variables parasites et validité externe

4-4.3 Neutralisation des variables parasites

# Les variables - Neutralisation des variables

- ❖ Pour neutraliser les variables parasites, il faut soit les supprimer (idéal), soit en diminuer les effets, soit faire en sorte leur influence se fasse ressentir de la même manière dans les différentes situations expérimentations et auprès de tous les sujets de l'expérience. La dernière solution ne supprime pas l'erreur de mesure mais produit une erreur systématique qui reste la même.

⇒ Le maintien à un niveau constant

Une fois la variable parasite identifiée, on ne prendra en compte qu'un seul des états. Cette variable interviendra donc **de la même manière** ou **dans les mêmes proportions** pour tous les niveaux de la variable indépendante. Son effet sera **ainsi maintenu constant**.

# Les variables - Neutralisation des variables

## ⇒ La variation systématique

- Lorsqu'il est possible de répertorier tous les états possibles d'une variable parasite, on s'attache à ce que ces états soient représentés dans chacune des conditions expérimentales. On procède ainsi à l'équilibrage des groupes de mesures, puisque l'amplitude des variations de la variable parasite est la même dans toutes les modalités de la/les variables indépendantes. On neutralise ainsi les possibles effets différentiels de la variable parasite.

*Par exemple, si on sait que les performances en mémoire verbale sont dépendantes de l'âge des sujets, on s'efforcera de recruter des sujets dans différentes classes d'âge, et de les répartir de manière identique dans les différents groupes de mesure.*

# Les variables - Neutralisation des variables

## ⇒ Aléatorisation ou variation par le hasard

Il s'agit de laisser faire un équilibrage « naturel » des degrés de la variable indépendante, partant du postulat que ces valeurs se répartiront équitablement dans les différents groupes expérimentaux. Cette technique permet d'augmenter la validité externe des résultats, mais présente deux inconvénients majeurs :

- Elle n'est utilisable que dans le cas d'échantillons de grande taille, puisque la possibilité d'obtenir une répartition équilibrée des différentes modalités du facteur à neutraliser dépend du nombre d'occasions qu'il a de varier.
- On ne peut jamais être sûr que la répartition s'est effectivement réalisée de manière équilibrée et que le hasard n'a pas favorisé l'un des degrés de la variable à neutraliser. De plus, il est souvent impossible de contrôler cet équilibrage a posteriori.

# Les variables - Neutralisation des variables

⇒ **Aléatorisation ou variation par le hasard**

**Exemple** : *on désire étudier l'attention partagée chez des enfants mis en situation de double tâche : il leur ai demandé de trier un jeu de cartes en fonction de leur couleur tout en gérant une tâche de décomptage par trois. Nous savons par ailleurs que l'attention subit des variations au long de la journée, ce qui constitue une variable parasite. Les expérimentateurs décident donc de ne pas tenir compte de ce facteur en, programmant les sessions expérimentales au hasard de la disponibilité de sujets.*

# 4- Les variables

## 4-5 Le facteur sujet

### 4-5.1 L'échantillonnage

# Les variables - Le facteur sujet

- ❖ Comme pour les variables indépendantes, les sujets en eux-mêmes peuvent être considérés comme des facteurs. Toutefois, contrairement aux VIs qui sont des facteurs dits **systematiques** (car le choix des modalités/degrés de variables sont choisis par l'expérimentateur, le facteur « sujet » est aléatoire c'est-à-dire que ses modalités (les différents sujets) **sont choisies au hasard ou par tirage au sort**.
- ❖ Cette distinction est importante dans la mesure où les procédures statistiques permettent de mettre en évidence soit les effets liés aux variables systematiques soit les effets aléatoires sur la mesure.
- ❖ L'échantillonnage est un élément essentiel dans la construction d'une expérience. En fonction de la problématique, plusieurs techniques sont possibles :
  - Echantillonnage probabiliste (aléatoire simple, aléatoire stratifié, par cluster)
  - Echantillonnage non-probabiliste (par quotas, par disponibilité ou accidentel)



# 4- Les variables

## 4-5 Le facteur sujet

4-5.1 L'échantillonnage

4-5.2 Les groupes de mesures et les groupes de sujets

# Les variables - Le facteur sujet

- ⇒ Lorsque l'échantillon a été sélectionné, l'expérimentateur doit affecter les sujets dans différents groupes de mesures, groupes qui **permettront d'étudier les effets des différentes variables indépendantes et leurs interactions sur les variables dépendantes**, par le biais de comparaisons statistiques.
- ⇒ Le nombre de groupes de mesures est déterminé par le nombre de modalités des variables indépendantes. *Par exemple, une VI à deux modalités/degrés détermine deux groupes de mesure ; une VI à trois degrés/modalités détermine trois groupes de mesure.*
- ⇒ Quand l'expérience possède plusieurs variables indépendantes, **le nombre total de groupes de mesure sera déterminé par le nombre de combinaison des différents degrés des variables indépendantes**. *Par exemple, avec deux VI à deux modalités chacune, on aura  $2 \times 2$  groupes de mesures, soit 4 mesures. Si on a trois VO possédant pour l'une 2 modalités, et pour les autres 3 modalités, il y aura  $2 \times 3 \times 3 = 18$  groupes de mesure.*

# Les variables - Le facteur sujet

**Exemple 1** : deux VI avec deux modalités chacune (Vous voulez montrer un effet du sexe et du niveau socioculturel sur la dénomination)

		Niveau Culurel {bas/élevé}	
Sexe {Homme/Femme}		Groupe de mesure 1 {H, bas}	Groupe de mesure 2 {H, élevé}
		Groupe de mesure 3 {F, bas}	Groupe de mesure 4 {F, élevé}

**Exemple 2** : Trois VIs Avec deux modalités (vous voulez montrer un effet du sexe, du niveau socioculturel et la latéralité manuelle sur la dénomination)

		NSC Bas		NSC élevé	
		Droitier	Gaucher	Droitier	gaucher
Sexe {Homme/Femme}		Groupe de mesure 1 {H, bas, D}	Groupe de mesure 2 {H, bas, G}	Groupe de mesure 3 {H, élevé, D}	Groupe de mesure 4 {H, élevé, G}
		Groupe de mesure 5 {F, bas, D}	Groupe de mesure 6 {F, bas, G}	Groupe de mesure 7 {F, élevé, D}	Groupe de mesure 8 {F, élevé, G}

# Les variables - Le facteur sujet

⇒ Les groupes sont bien entendu composés de sujets. Il y a alors deux possibilités:

- Soit les différents groupes de mesures sont constitués de sujets différents, on parle alors de **groupe de mesures indépendantes** ;
- Soit les mêmes sujets sont soumis à toutes les modalités d'une variable indépendante particulière, on parle alors de **groupes de mesures appariées** ;

<b>Groupe</b> {Frontal, temporal, contrôle}	{Frontal}
	{Temporal}
	{Contrôle}

<b>Groupe</b> {avec lunettes 2D, avec lunettes 3D, avec Lunettes 2D polarisés}	{Avec Lunettes 2D}
	{Avec Lunettes 3D}
	{Avec Lunettes polarisées}

**groupe de mesures indépendantes**

<b>Temps</b> {T0, T3, T6}		
{T0}	{T3}	{T6}

**groupe de mesures appariées**

# Les variables - Le facteur sujet

⇒ L'affectation des sujets dans les groupes de mesure dépend du **statut invoqué** ou **provoqué** des variables indépendantes et des objectifs de la recherche.

- Quand une variable indépendante a un statut **invoqué** (variables inhérentes aux sujets), les groupes de mesure ont obligatoirement un statut indépendant. Par exemple, si on étudie la variable sexe sur un comportement, les 'femmes' et les 'hommes' ne pourront jamais être dans le même groupe.
- Quand la variable indépendante a un statut **provoqué** (variables environnementales ou situationnelles), les groupes de mesures peuvent avoir l'un ou l'autre statut.

# Les variables - Le facteur sujet

## Ce qui est important à retenir :

- Les groupes de mesure **sont indépendants** quand ils donnent lieu à des groupes de sujets différents (en anglais *between-subject*). Les comparaisons entre les groupes sont dites 'comparaisons intersujets' ou 'between-subject comparisons').
- Les groupes de mesures **sont appariés** quand les mêmes sujets sont affectés aux différents groupes de mesures déterminés par une variable indépendante (en anglais, *within-subject*). Lorsque vous comparez les différents groupes de mesures, vous dites cette fois-ci 'comparaisons intrasujets' ou '*within-subject comparisons*').

# Les variables - Le facteur sujet

## ❖ La constitution et le contrôle des groupes de mesures indépendants

- ⇒ Si plusieurs groupes de sujets sont constitués, il faut s'assurer que les variations de mesure (de la VD) ne puissent pas être imputées à des variations existants entre les groupes de sujets, avant même l'intervention expérimentale.
- ⇒ La procédure qui consiste à répartir un échantillon dans les différents groupes de mesures s'appelle **la procédure d'affectation des sujets**. L'objectif est d'apparier les sujets des différents groupes de manière à ce qu'il n'y ait pas de différence notable entre ces groupes avant même le début de l'expérience. La validité interne de cette dernière dépendra de cette affectation).
- ⇒ Plusieurs façons de faire : *répartition aléatoire des sujets, répartition par quotas, utilisation d'un pré-test, ou groupes pairés.*

# Les variables - Le facteur sujet

## (1) La répartition aléatoire

La meilleure procédure, théoriquement, est la procédure d'affectation aléatoire. L'idée principale est que les différences interindividuelles s'annulent si elles sont équitablement réparties entre les groupes.

*Exemple : vous avez un échantillon de 90 sujets que vous voulez répartir en 3 groupes. Au lieu, par exemple, de sélectionner les 30 premiers, puis les 30 suivants, etc. vous procédez à un tirage au hasard à l'aide d'un logiciel.*

## (2) La répartition par quotas

Comme la méthode l'indique, pour constituer vos groupes de sujets, vous respecterez, dans chacun des groupes que vous voulez constituer, les quotas observés dans la population d'origine sur les caractéristiques à contrôler.

*Exemple: vous avez un groupe de patients constitué de 52% d'hommes et de 48% de femmes, 88% de droitiers et 12% de gauchers. Il faut que pour votre groupe contrôle de sujets 'normaux', les mêmes proportions soient respectées.*



# Les variables - Le facteur sujet

## (3) L'utilisation d'un prétest

Une autre technique d'affectation (ou appariement) repose sur la passation d'un *pré-test adapté à la recherche* ou qui *mesure une performance en relation avec l'objet de recherche*. Celui-ci permet d'obtenir la performance moyenne de l'échantillon et les sujets seront ensuite affectés dans les différents groupes de manière à ce que ces groupes aient une performance moyenne identique. En général, c'est une tâche qui mesure le même type de comportement que celui que vous voulez manipuler dans votre expérience.

Exemple : Vous voulez étudier l'effet du « bruit » sur les performances d'attention soutenue et de double tâche (condition « silence » et une condition « bruit »). Ici vous êtes dans l'obligation d'utiliser deux groupes de sujets indépendants dans la mesure où répéter la même tâche chez les mêmes sujets suivant les deux conditions préétablis induirait un effet d'apprentissage.

Pour éviter que les variations observées soient dues à la différence des sujets et pas à ce que vous manipulez, vous pouvez faire passer une autre épreuve de double tâche en pré-test et répartir des sujets dans les deux groupes de telle façon que les performances moyennes soient identiques dans les groupes.

# Les variables - Le facteur sujet

## (4) Groupes pairés

Vous pouvez également utiliser la méthode des 'groupes pairés' ou 'par couplage de sujets.' Dans chaque groupe de sujets, vous allez placer par deux des sujets qui ont exactement les mêmes caractéristiques.

*Exemple : Vous avez un groupe de patients. Vous voulez le comparer à un groupe de sujets témoins. Dans votre expérience, il faut que les caractéristiques sociodémographiques soient strictement contrôlées. A ce moment là, si votre premier patient est un homme de 43 ans avec un niveau d'étude équivalent au bac, il vous faudra trouver un sujet contrôle avec exactement les mêmes caractéristiques.*

# Les variables - Le facteur sujet

- ❖ La constitution et le contrôle des groupes de mesures appariés

Quand les groupes de mesures ont un statut apparié (les mêmes sujets vont passer toutes les conditions expérimentales), l'expérimentateur n'est plus soumis au problème de la répartition des sujets dans des groupes, mais il **y a trois sources d'erreur** qui doivent être contrôlées :

- **Les effets de fatigue** : comme les sujets doivent passer plusieurs fois la même épreuve ou plusieurs conditions expérimentales, les performances peuvent décliner. Des pauses sont donc à prévoir.
- **Les effets d'entraînement** : les sujets peuvent améliorer leur performance au fur et à mesure du temps car il se familiarise avec la procédure expérimental (il apprend à utiliser le matériel, développe des stratégies pour réaliser la tâche, etc.). Pour éviter ces effets d'entraînement, vous pouvez aménager une séance d'apprentissage pour que les performances présentent moins de variations par la suite.

# Les variables - Le facteur sujet

❖ La constitution et le contrôle des groupes de mesures appariés

- **Les effets d'ordre, sériels, de rang, dépendance séquentielle ou de position dans la liste** : ces effets se produisent quand l'administration de plusieurs degrés de variable indépendante aux mêmes sujets risque de produire une modification de la mesure (diminution de la validité interne de la recherche).

*Dès que l'on fait passer aux sujet une épreuve qui est organisée sous forme de séquence d'items, d'essais ou de situations et qu'il est important que tous les sujets soient confrontés à toutes les situations, on peut faire l'hypothèse que la performance associée à un essai particulier peut, en partie au moins, être expliquée par la présence ou le contenu de l'item ou la série d'items précédent.*

- L'ensemble de ces erreurs est appelé erreur progressive. La méthode la plus efficace pour les contrôler est le contrebalancement.

# Les variables - Le facteur sujet

## (1) Le contrebalancement complet d'une variable indépendante

La technique du *contrebalancement* ou de *rotation* consiste à répéter les essais ou les conditions en les présentant à des sujets ou à des groupes de sujets selon des ordres modifiés.

Exemple : vous faites l'hypothèse que les temps de réaction en dénomination de meubles est supérieur à ceux en dénomination d'outils, ces derniers étant supérieurs à la dénomination d'animaux. Vous avez donc un facteur expérimental  $D_3 \{D_{meubles}, D_{animaux}, D_{outils}\}$ .

Plan de contrebalancement

Modalités	Première	Deuxième	Troisième
Groupe 1	Dmeubles	Danimaux	Doutils
Groupe 2	Danimaux	Dmeubles	Doutils
Groupe 3	Doutils	Dmeubles	Danimaux
Groupe 4	Doutils	Danimaux	Dmeubles
Groupe 5	Danimaux	Doutils	Dmeubles
Groupe 5	Dmeubles	Doutils	Danimaux

*Permet de contrôler l'effet de dépendance séquentielle*

**Remarque** : Il faut recruter un nombre de sujets multiple de 6 pour effectuer ce plan de contrebalancement

# Les variables - Le facteur sujet

## (2) Le contrebalancement partiel aléatoire ou par alternance pseudo-aléatoire des degrés d'une variable indépendante

- ⇒ La méthode précédente est intéressante mais devient vite infaisable s'il y a beaucoup de modalités de variable indépendante. Par exemple, si vous avez une VI à 5 modalités/degrés, il y a 120 permutations possibles (5!). Il vous faut donc au moins 120 sujets pour réaliser la méthode.
- ⇒ Ce que vous pouvez faire est de calculer le contrebalancement complet, et *sélectionner au hasard un nombre limité de permutations*. Par exemple si vous avez 12 sujets pour votre expérience, vous sélectionnez au hasard 12 permutations. Il s'agit d'un contrebalancement partiel aléatoire.
- ⇒ Vous pouvez également réaliser une alternance pseudo aléatoire lorsque les permutations choisies doivent néanmoins répondre à des critères d'alternance des états de la VI. Vous pouvez par exemple juger (pour des raisons objectives) que la modalité *a* d'une VI ne soit jamais être présentée en premier.

# Les variables - Le facteur sujet

## (3) Un cas particulier de contrebalancement partiel : le contrebalancement en carré

⇒ Ce contrebalancement est utilisé quand on craint un effet d'ordre particulier : l'effet de position dans la liste (i.e. une performance différente selon la position de la condition expérimentale dans la liste).

*Exemple : vous avez un facteur expérimental F4 à 4 modalités {F1, F2, F3, F4} avec des groupes de mesures appariés. Vous savez que pour 4 modalités il y a 4 ! (factorielle) ordre de passation/permutation différents (4\*3\*2\*1). Parmi ceux-ci, vous allez sélectionner au hasard un ordre de passation particulier et effectuer une permutation circulaire.*

Plan de contrebalancement en carré

	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4
Groupe 1	F1	F2	F3	F4
Groupe 2	F2	F3	F4	F1
Groupe 3	F3	F4	F1	F2
Groupe 4	F4	F1	F2	F3

Permet de gérer les effets de position mais pas tous les effets d'ordre

# Les variables - Le facteur sujet

## (3) Contrebalancement du matériel expérimental

On peut également choisir de contrebalancer la présentation du matériel (ex: les stimuli, les tests, etc) quand on craint certains effets d'ordre. Par exemple, si vous avez une procédure avec de nombreuses épreuves, et vous les faites passer dans le même ordre, le dernier test sera affecté par la fatigue.

- ⇒ **Contrebalancement complet** : par exemple, vous faites passer un test de lecture composé de 4 items, mais vous craignez cependant un risque de dépendance séquentielle. Dans ce cas, chaque sujet aura à lire les mots dans un ordre différent ( $4! = 24$  permutations possibles). Il vous faudra 24 sujets au total pour le contrebalancement complet).
- ⇒ **Contrebalancement partiel aléatoire** : par exemple, vous voulez contrebalancer les items de la DO 80. Toutefois vous avez  $80!$  Permutations (= 71569457046263802294811533723186532165584657342365752577109445058227039255480148842668944867280814080000000000000000). Vous allez sélectionner au hasard les permutations.
- ⇒ **Contrebalancement partiel pseudo aléatoire**



# 4- Les variables

## 4-5 Le facteur sujet

4-5.1 L'échantillonnage

4-5.2 Les groupes de mesures et les groupes de sujets

4-5.3 Les groupes contrôles et contrastés

# Les variables - Le facteur sujet

## ❖ Le groupe contrôle

⇒ Le groupe contrôle est un groupe dont les sujets sont affectés à une condition expérimentale dans laquelle la VI n'intervient pas. La performance de ce groupe sert de référence et permet de vérifier l'impact du facteur expérimental sur la variable dépendante.

*Exemple : vous voulez étudier l'impact de l'absorption d'alcool sur la perception visuelle. Pour se faire, vous faites varier le degré d'absorption d'alcool selon les modalités suivantes : {0 cl, 10, cl, 20, cl, 30, cl}. Dans ce cas, groupe de sujets ayant absorbé 0 cl constitue le groupe contrôle.*

*Exemple : Vous voulez étudier l'effet du volume d'atteinte de la pars opercularis du gyrus frontal inférieur gauche sur les processus phonologiques. Vous constituez des groupes selon les modalités suivantes {0 cm<sup>2</sup>, 10 cm<sup>2</sup>, 20 cm<sup>2</sup>} ; 0 cm<sup>2</sup> constitue votre groupe contrôle.*

# Les variables - Le facteur sujet

## ❖ Les groupes contrastés

⇒ La constitution des groupes contrastés repose sur l'utilisation de sujets particuliers, c'est-à-dire ceux qui occupent une position extrême dans la distribution de leurs performances à un prétest ou à toute mesure de leurs caractéristiques.

*Exemple : vous voulez démontrer que les sujets qui ont une forte empathie ont le faisceau arqué droit significativement plus gros que des sujets qui ont une faible empathie. Vous pouvez faire passer un test d'empathie (le quotient d'empathie) à 100 sujets et sélectionner les 20 sujets avec le meilleur score en empathie et les 20 sujets avec le score le plus faible en empathie.*