

SOMMAIRE

CHAPITRE 1	QU'EST-CE QU'UN PROBLÈME SCIENTIFIQUE ?	50
1.	Comment un problème scientifique émerge-t-il ?	51
2.	Qu'appelle-t-on un problème scientifique intéressant ?	54
3.	Intérêts et limites de la méthode expérimentale en clinique ?	55
4.	Les problèmes mal posés.	57
CHAPITRE 2	LES HYPOTHÈSES.	59
1.	Nature d'une hypothèse.	60
2.	Les moyens pour formuler une hypothèse : la relation d'implication.	63
3.	Quelles sont les critères d'une bonne hypothèse ?	64
4.	La fonction de guide de l'hypothèse.	65
CHAPITRE 3	LES VARIABLES.	66
1.	Les variables externes.	68
2.	Les variables indépendantes.	74
3.	Les variables dépendantes.	75
CHAPITRE 5	LES PLANS EXPÉRIMENTAUX : PLANS INTER-GROUPE.	76
1.	Cas d'une seule variable indépendante.	78
2.	Cas de plus d'une variable indépendante : Le plan factoriel.	84

CHAPITRE 6	LES PLANS EXPÉRIMENTAUX : PLANS INTRA-GROUPES ET PLAN MIXTES.	88
1.	Les plans expérimentaux intra-groupes.	89
2.	Les plan mixtes.	92
CHAPITRE 7	PUBLIER SES RÉSULTATS.	98
1.	La formulation de la question.	99
2.	Méthodologie.	101
3.	Les résultats.	103
4.	La discussion.	103
5.	Guide pour la lecture d'u article scientifique.	104
BIBLIOGRAPHIE		106
ANNEXE		108

Chapitre 1

Qu'est-ce qu'un problème scientifique ?

Dans ce chapitre, nous voulons décrire les étapes par lesquelles il est nécessaire de passer pour transformer une interrogation, que nous nous posons à partir de notre expérience clinique, en un problème qui peut être abordé par la méthode expérimentale. La pratique clinique est source de nombreuses observations dont certaines peuvent déboucher sur la formulation d'une question qui peut être résolue partiellement ou complètement par des techniques qui relèvent de la méthode scientifique.

1. Comment un problème scientifique émerge-t-il ?

Il n'y a pas de réponse standard à cette question. Chaque chercheur, dans le secret de sa vie psychique, va développer, à son insu, des stratégies pour faire face à cela. L'expérience acquise au fil de la vie de recherche modèle petit à petit le chemin que chacun va parcourir pour formuler son questionnement. En dépit de ces remarques, il est possible de décrire des situations prototypiques qui conduisent à l'émergence d'un problème.

1.1. Trois situations peuvent conduire à l'émergence d'un problème scientifique.

1.1.1. Pauvreté ou inexistence de renseignements sur une question

Une des premières choses lorsque qu'une question, liée à son travail de clinicien, vient à hanter l'esprit et soulève l'intérêt, est de faire le point actuel du savoir sur celle-ci. Cette étape est décrite sous le terme savant d' "**état de la question**". Elle consiste à rassembler l'ensemble des informations disponibles à partir de plusieurs sources :

Les revues scientifiques.

Les résultats des travaux des chercheurs sont régulièrement publiés dans des journaux scientifiques. Il existe des revues spécialisées dans un domaine particulier de la recherche comme le *Bulletin de psychologie* ou *la Revue internationale de psychopathologie* et des revues généralistes qui visent à publier des résultats importants et originaux dans tous les secteurs de la recherche la revue anglaise *Nature* en est un exemple.

Les articles ont du suivre une procédure complexe avant d'être publiés. Les résultats expérimentaux, qui sont le coeur du papier, ont auparavant été l'objet d'une communication dans un colloque ou un congrès (voir ci-dessous) afin d'être critiqués par les collègues. Puis ils ont donné lieu à la rédaction d'un article qui a été adressé au directeur de la publication d'une revue. Ce dernier a désigné 2 ou 3 lecteurs, membres du comité de rédaction, spécialistes du domaine, pour que ceux-ci décident si l'article est publiable en l'état, si des corrections doivent être faites avant publication ou si l'article doit être refusé. La situation la plus habituelle est que l'article est retourné à l'auteur avec les commentaires des lecteurs experts et une demande de modifications plus ou moins importantes. L'auteur doit répondre aux critiques et modifier son papier en fonction des remarques qui lui sont faites puis renvoyer celui-ci au directeur de la publication. Suivant le cas ce dernier acceptera les modifications et enverra à l'auteur l'accord pour publication ou reprendra l'avis des lecteurs experts avant de donner son accord pour la publication. Cette procédure vise à assurer à la fois la rigueur et l'originalité des travaux publiés. Mais, elle n'est pas sans avoir plusieurs limites dont on peut citer deux majeures : d'une part la longueur de cette procédure qui fait qu'il s'écoule la plupart du temps 18 mois à 2 ans entre l'acquisition de résultats originaux et leur publication, d'autre part la difficulté de publier dans un domaine neuf en raison de la complexité à trouver des lecteurs experts compétents et de les convaincre de l'intérêt de nouvelles hypothèses (J. Maurice 1997).

Pour constituer les éléments de l'"état de la question" le chercheur dispose de plusieurs sources. Tout d'abord la lecture de la bibliographie des articles déjà en sa possession. Puis la consultation en bibliothèque des index thématiques ou par auteurs des collections que possède celle-ci. Enfin la mise en place de bases de données informatiques, dans les bibliothèques ou en ligne à partir du minitel ou d'internet, a grandement facilité cette recherche. Il est désormais possible à partir de plusieurs mots clefs d'établir la liste des articles qui ont été publiés sur une période afin de se les procurer soit auprès de l'auteur soit en les commandant auprès d'un fournisseur de reproduction tel l'INIST. Signalons enfin que la plupart des tables des matières des principales revues internationales en psychologie sont consultables sur internet.

Les résumés de colloques et congrès

Il s'agit là d'une source d'informations précieuses sur l'état actuel des recherches. Les chercheurs présentent dans les colloques les résultats les plus récents de leur travail. Dans des discussions informelles, il est possible d'aborder les questions que l'on n'ose pas poser dans des lieux plus officiels. Il faut aussi saisir cette occasion pour rencontrer, de manière plus personnelle, les auteurs dont on a pu lire les travaux pour les interroger sur leurs perspectives. Les résumés des congrès permettent de faire le point dans un domaine qui nous est moins connu ou d'explorer les problématiques sur une nouvelle question pour soi. Les renseignements que l'on peut y recueillir sont d'une nature plus vivante que celle que l'on trouve dans les articles des revues ou des livres.

Les contacts directs avec les équipes de recherche et les laboratoires.

Le contact direct avec un ou plusieurs laboratoires de recherche, les discussions avec les chercheurs sont des éléments très utiles au début d'une recherche pour tirer profit de l'expérience des collègues. Les aspects théoriques ou techniques des travaux peuvent être discutés de manière informelle. Obtenir l'autorisation d'assister à quelques réunions de laboratoire permet de prendre mieux la mesure de la pertinence de la recherche que l'on compte entreprendre. Ces échanges sont parfois l'occasion de réorienter ou de reformuler une problématique.

1.1.2. Résultats contradictoires sur une question.

Une autre source d'interrogation scientifique résulte de la publication de résultats contradictoires par plusieurs équipes.

Ainsi dans les dernières années, plusieurs laboratoires ont étudié¹, dans des groupes de patients schizophrènes, la modulation du temps de réaction (TR)¹ par le lien sémantique². Antérieurement, il avait été amplement montré que l'existence d'un lien sémantique se traduisait par une diminution du TR, chez les sujets normaux (Meyer *et al.*, 1971, Beauvillain *et al.*, 1983). Plusieurs résultats expérimentaux indiquaient que les TR n'étaient pas significativement différents dans la condition paire de mots liés de celle de paires de mots non liés³ chez les schizophrènes (Vinogradov *et al.*, 1992, Georgief, 1993, Passerieux, 1994, Duboc, 1994). Toutefois d'autres travaux plaidaient en faveur d'une différence entre les deux conditions (Manschreck *et al.*, 1988, Chapin *et al.*, 1989, Kwapil *et al.* 1990). L'existence, dans la littérature, de ces résultats contradictoires a été la source de plusieurs travaux qui ont cherché à expliquer ces divergences (Besche, 1994, Lafont-Rapnouil, 1996, Nartowski 1997). Ces auteurs ont montré, chez les patients schizophrènes, que l'inexistence de l'effet d'amorçage sémantique dépendait de plusieurs variables : la présence chez les patients d'une désorganisation de la pensée, un intervalle supérieur à 250 ms entre le mot amorcé⁴ et le mot cible, un pourcentage égal ou inférieur à 33% de paires de mots reliés parmi l'ensemble des paires qui constitue le matériel expérimental.

En résumé l'explication de la divergence dans des résultats expérimentaux est à rechercher dans l'analyse des conditions expérimentales utilisées par les différentes équipes. Certains facteurs influençant ces résultats n'ont pas été correctement pris en compte dans la construction du plan d'expérience.

1.1.3. Un fait nouveau pour lequel on ne dispose pas d'explication.

¹ il s'agit du temps qui s'écoule entre la présentation d'un stimulus et la réponse du sujet.

² deux mots sont sémantiquement reliés s'ils appartiennent à la même catégorie sémantique comme chat et chien ou haut et bas. A l'inverse les mots chat et crayon ne présentent pas de lien sémantique.

³ Autrement dit le TR mesuré pour les paires de mots de type chat - chien n'était pas différent de celui mesuré pour les paires de mots de type crayon - chien. L'effet d'amorçage sémantique consiste en ce que le TR est plus court pour les mots des paires liés sémantiquement que pour les mots des paires non liées.

⁴ Dans la paire chat / chien chat est le mot amorcé et chien est le mot cible.

La découverte fortuite de la radioactivité par H. Becquerel (1852-1908) peut nous servir à illustrer cet aspect.

La radioactivité a été découverte en 1896 par H. Becquerel qui effectuait des recherches sur le rayonnement X récemment mis en évidence par W. C. Röntgen. Becquerel cherchait si les corps fluorescents émettaient un rayonnement susceptible d'impressionner la plaque photographique. Il fit ses expériences avec des sels d'uranium qu'il exposait au soleil pour les rendre fluorescents. Les résultats furent positifs : mais, lorsque, par manque de soleil, il laissa au voisinage d'une plaque photographique un sel d'uranium, il constata que la plaque était tout de même impressionnée. A cette époque personne n'avait d'explication pour ce fait nouveau et inconnu : une plaque photographique pouvait être impressionnée en l'absence d'une source lumineuse. H. Becquerel admit que l'uranium émettait des rayonnements particuliers qu'on appela "rayons uraniques". Les expériences de Becquerel étaient surtout qualitatives. Marie Curie entreprit alors des travaux plus quantitatifs. En juillet 1898, avec Pierre Curie, elle annonçait la présence d'un nouvel élément, le polonium, puis, en décembre, l'existence du radium. Elle proposa le nom de "radioactivité" pour désigner le phénomène.

Cet exemple montre comment un fait nouveau et inexplicable peut être la source d'un savoir nouveau : tout fait observé et ne trouvant pas d'explication dans le savoir du moment exige une explication afin de pouvoir être systématisé et ainsi ouvrir à un savoir nouveau.

2. Qu'appelle-t-on un problème scientifique intéressant ?

La réponse à cette question n'est pas simple. L'histoire des sciences indique qu'il est très difficile de porter un jugement assuré sur l'intérêt d'une problématique. Ce qui semble important à une époque peut apparaître quelques décennies plus tard comme bien dérisoire.

L'intérêt d'un problème scientifique va dépendre des conséquences à long terme que peut avoir cette question sur le développement des connaissances. En fait, ce n'est que de manière rétrospective que la mesure peut-être prise des potentialités d'une découverte.

Ainsi aujourd'hui, on peut affirmer que la découverte de la radioactivité a conduit d'une part à ouvrir un nouvel espace de savoir en physique. La physique microscopique n'aurait pas pu exister sans elle. D'autre part, celle-ci a rendu possible certains développements technologiques comme l'imagerie médicale.

Mais chacun peut avoir en tête des exemples de travaux scientifiques qui, bien qu'à un moment prometteurs, se sont révélés stériles. Les rayonnages des bibliothèques scientifiques témoignent souvent avec brutalité de cette réalité désagréable.

Cela doit nous conduire à une grande modestie dans nos jugements sur l'intérêt que présentent nos travaux scientifiques et ceux de nos collègues.

3. Intérêts et limites de la méthode expérimentale en clinique.

La méthode expérimentale suppose que l'on puisse formuler son problème sous la forme d'hypothèses qui soient testables (voir Chapitre 2).

Par exemple, à partir d'un modèle théorique de la mémoire sémantique, on peut énoncer l'hypothèse suivante : "le TR des sujets sera plus court lorsque l'on leur présentera des paires de mots reliées sémantiquement que lorsqu'on leur présentera des paires de mots sans lien sémantique".

Si l'on démontre que l'énoncé de cette hypothèse est vrai alors on pourra considérer que cette proposition valide le modèle que l'on a construit.

Dans la pratique, la vérité d'une proposition est mise en évidence d'un point de vue statistique. Une proposition n'est pas vraie d'une manière stricte mais avec une certaine probabilité qui est fixée par le chercheur (voir Chapitre 4 et 5).

Q'une hypothèse soit testable signifie :

Soit que le chercheur dispose des équipements nécessaires, du nombre de sujets suffisant à son étude, des autorisations maintenant souvent indispensables des comités d'éthique et enfin du temps nécessaire à la réalisation de son travail.

soit qu'il pourra dans un futur proche réunir ces conditions en collaborant avec d'autres laboratoires, en trouvant des financements pour son projet, en obtenant les autorisations qui lui manquent etc...

Seuls les problèmes qui sont actuellement testables peuvent être pris en considération pour être étudiés.

En résumé un problème est solvable par la méthode expérimentale si d'une part une hypothèse pertinente peut-être formulée de telle sorte qu'elle fournisse une solution pour ce problème. Si d'autre part, il est possible de vérifier cette hypothèse en mesurant son degré de probabilité.

3.1. Intérêts de la méthode expérimentale.

La force de la méthode expérimentale est que l'expérimentateur intervient activement pour produire et contrôler les événements et les situations qu'il va observer. De cela découle certains avantages :

Le chercheur peut produire le phénomène au moment où il le souhaite et ainsi être mieux préparé à faire les observations pertinentes.

Il peut répéter le phénomène autant de fois qu'il est nécessaire pour le vérifier. D'autres équipes peuvent chercher à le répéter pour l'étudier de leur côté.

Il peut faire varier les conditions expérimentales et ainsi voir comment ces variations modifient ses résultats.

Il peut contrôler les phénomènes externes à la situation mais qui peuvent intervenir pour contaminer ces résultats (voir Chapitre 3)

3.2. Limites de la méthode expérimentale.

Il peut y avoir là une véritable difficulté dans certains contextes cliniques pour transformer une observation ou une intuition clinique en hypothèses qui puissent se formuler sous la forme d'une ou des propositions qui puissent être vérifiées ou non.

D'autre part certains phénomènes sont difficiles à reproduire en laboratoire. Ainsi les travaux sur les mécanismes d'interactions ou les mécanismes relationnels se prêtent plus volontiers à des études ne relevant pas de la méthode expérimentale. Réfléchissant sur le rapport du normal au pathologique G. Canguilhem (1966) écrit : "S'il est permis de définir l'état normal d'un vivant par un rapport normatif d'ajustement à des milieux, on ne doit pas oublier que le laboratoire constitue lui-même un *nouveau milieu* dans lequel certainement la vie institue des normes dont l'extrapolation, loin des conditions auxquelles ces normes se rapportent, ne va pas sans aléas... Il ne se peut pas que les allures de la vie en laboratoire ne retiennent pas quelque spécificité de leur rapport au lieu et au moment de l'expérience".

En recherche clinique plusieurs autres méthodes ont été proposées (voir 2^{ème} partie) :

3.2.1 La méthode du cas clinique.

Elle consiste à rassembler des données pertinentes sur un patient : l'histoire de la maladie, sa biographie, sa généalogie, l'histoire de ses traitements, les auto-observations du patient. Les moyens utilisés sont des entretiens, des questionnaires, des observations faites à partir des relations que l'on noue avec le patient ou faite par son entourage ou par des soignants ou par d'autres patients. Le recueil des données conduit à construire des hypothèses explicatives des difficultés de la personne.

3.2.2. L'observation directe.

Le clinicien chercheur observe ce qui se passe dans une situation "naturelle" sans chercher à produire ou à contrôler ce qui arrive. Cette méthode est employée par les équipes qui travaillent sur les comportements et entre autres dans les études du comportement des jeunes enfants dans les situations de jeux.

4. Les problèmes mal posés.

Lorsque l'on cherche à formuler la problématique d'une recherche, il est utile d'avoir à l'esprit deux types d'erreurs souvent commises.

4.1. Une problématique trop imprécise.

Les exemples suivants illustrent des questions mal formulées :

- Comment l'esprit fonctionne-t-il ?
- Est-il possible de changer la nature humaine ?
- La faim augmente-t-elle l'angoisse ?

Ces questions sont mauvaises parce que leur formulation est trop vague et qu'elles ne peuvent pas être reliées de manière précise avec des faits actuellement observables en laboratoire.

Elles nécessitent d'être reformulées, par exemple pour la dernière question sous la forme : "le nombre d'heures pendant lequel un sujet a été privé de nourriture a-t-il une influence sur le niveau de la réponse électrodermale⁵ (R.E.D.) ?

Ceci nous amène à présenter la notion de **définition opérationnelle** : La définition opérationnelle d'un phénomène permet de préciser comment l'on pense mesurer celui-ci. Dans l'exemple précédent la formulation choisie indique que l'anxiété sera évaluée par le R.E.D. et la faim par le nombre d'heures sans prise alimentaire.

En soumettant le problème, que l'on se pose, au critère d'une définition opérationnelle de ses termes, il va apparaître comme réalisable ou non.

4.2. Le cercle vicieux.

Il s'agit d'un raisonnement fallacieux dans lequel la question renvoie à la réponse et réciproquement. Sortie de son contexte l'erreur apparaît comme évidente ainsi que vont l'illustrer les 2 prochains exemples. Malheureusement, dans la pratique courante, la formulation d'un problème n'est jamais séparée de son contexte. Ceci rend souvent difficile le repérage de ce genre de faute de raisonnement.

Exemple 1 :

Q: "Pourquoi cet animal présente-t-il un comportement de groupe ?"

R: "Parce qu'il possède un instinct grégaire"

Q: "Pourquoi a-t-il un instinct grégaire ?"

R: "Parce qu'il montre un comportement de groupe"

Exemple 2 :

Q: "Pourquoi la réponse X n'a pas lieu ?"

R: "Parce qu'elle présente un phénomène d'inhibition."

Q: "Pourquoi y a-t-il un tel phénomène d'inhibition ?"

⁵ La réponse électrodermale consiste en la diminution de la résistance électrique cutanée lorsqu'un sujet est soumis à un stress ou une émotion. Elle se calcule en mesurant entre 2 électrodes l'intensité d'un courant électrique maintenu constant. Si l'intensité augmente cela indique que la résistance cutanée a diminué. L'augmentation de la sécrétion des glandes sudoripares est le plus souvent la cause de ce phénomène.

R: "Parce que la réponse X n'a pas eu lieu."

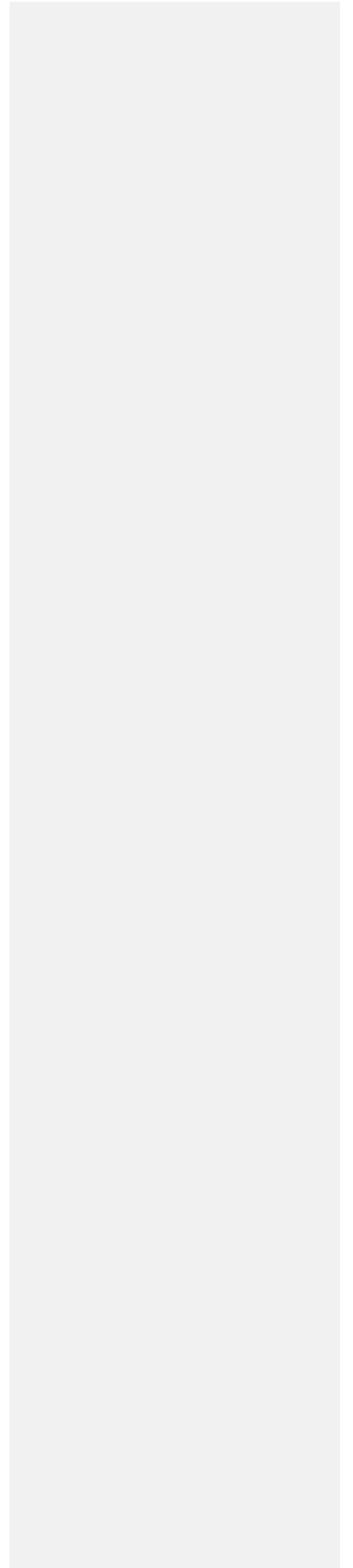
Une manière de sortir de cercle vicieux du 2^{ème} exemple serait de pouvoir répondre à la 2^{ème} question par :

R: "Parce que l'on a enregistré cette inhibition avec des instruments adéquats".

La preuve de l'existence ou de l'absence du phénomène doit être reliée à la manière dont ce dernier a été mesuré. Notre jugement va s'appuyer sur la crédibilité des outils de mesure utilisés et des méthodes statistiques employées (voir Chap 5 et 6). De nouveau, nous pouvons prendre la mesure de l'importance de la définition opérationnelle des événements sur laquelle vont s'appuyer nos hypothèses.

Chapitre 2

Les Hypothèses



Dans ce chapitre, nous allons définir ce que sont les hypothèses et leurs fonctions dans la construction d'un plan expérimental.

1. Nature d'une hypothèse.

Une hypothèse est une proposition testable qui est une solution possible à un problème. Si à la suite d'une expérience correctement conduite, elle s'avère vérifiée alors elle devient une solution du problème que l'on s'était posé. A l'inverse si elle se révèle comme expérimentalement non vérifiée, elle n'est donc pas la solution du problème.

Dans le premier cas, nous sommes amenés à dire que cette hypothèse explique les faits qui formaient le problème. Cela signifie que notre hypothèse a établi un lien entre un fait et un autre.

Qu'est-ce qu'un fait dans cette perspective ? Dans le langage courant il s'agit d'un événement dont l'existence ne fait pas de doute. Dans le sens plus précis où nous l'employons un fait désigne une variable (voir chapitre 3). Ainsi au lieu de dire de deux faits qu'ils sont reliés nous dirons qu'il existe un **lien entre ces variables**.

1.1. Une hypothèse est une solution provisoire à un problème.

Un exemple va nous aider à comprendre le sens de cette affirmation. Reprenons le problème évoqué ci-dessus sur l'existence ou non d'un effet d'amorçage sémantique chez les patients schizophrènes. Nous allons nous référer au travail de Duboc (1994) déjà cité. Elle formule ses hypothèses ainsi :

“ Les différents facteurs expérimentaux qui seront mesurés dans notre étude ainsi que les résultats publiés dans la littérature, nous permettent de formuler les hypothèses suivantes :

1) Le temps de réaction du groupe de patients sera plus long que celui du groupe des sujets contrôles et ce, quelle que soit la condition expérimentale, ainsi que de nombreux travaux utilisant les modèles cognitifs l'ont déjà mis en évidence.

2) L'effet d'amorçage sémantique sera absent chez les patients schizophrènes présentant des troubles formels de la pensée⁶ (TFP+), quelle que soit la condition expérimentale.

3) L'effet d'amorçage sémantique sera présent chez les patients schizophrènes sans troubles formels de la pensée (TFP-) quand le "stimulus onset asynchronie"⁷ (SOA) sera suffisamment court pour éviter l'apparition d'une instabilité des processus cognitifs contrôlés dans ce groupe."

Dans son travail, Duboc formule 3 hypothèses de nature différentes.

Sa première hypothèse relie la diminution du temps de réaction (TR) qu'elle va observer, quelles que soient les circonstances, à une lenteur dans les réponses que fournissent les patients dans toutes les tâches cognitives. Cette hypothèse n'est pas spécifique à sa recherche. Il est toutefois nécessaire qu'elle soit vérifiée pour rendre crédible ses autres hypothèses. Dans le cas contraire, il faudrait interroger pourquoi elle ne retrouve pas ce résultat robuste. Son groupe de patients est-il réellement un groupe de schizophrènes ? Sa tâche expérimentale mettait-elle bien en jeu des processus cognitifs ? Les patients ont-ils réellement respecté les consignes expérimentales qu'ils avaient reçues ? Les appareils de mesure et d'enregistrement qui ont été utilisés ont-ils réellement fonctionné correctement ? Cette hypothèse a donc pour fonction de relier une variable mesurée à une variable de description clinique pour s'assurer de la validité de ses hypothèses spécifiques.

Sa deuxième hypothèse établit un lien entre l'absence de la modulation du TR par le lien sémantique (voir Chap 1) et une caractéristique clinique (les troubles formels de la pensée) d'un groupe de patients schizophrènes. Dans la méthodologie de son mémoire, ce chercheur a précisé comment elle mesurerait les temps de réaction et comment serait évaluée la présence des troubles formels de la pensée. Il s'agit d'une hypothèse spécifique supposant que l'auteur a un modèle de la nature des troubles cognitifs qu'elle étudie dans la schizophrénie. Par cette hypothèse elle cherche à valider son modèle. Cela sera le cas si son hypothèse est vérifiée.

Sa dernière hypothèse vise à vérifier l'existence d'un lien entre une autre caractéristique clinique, que l'on peut trouver chez d'autres patients schizophrènes (l'absence de troubles formels de la pensée) et un traitement cognitif normal (l'amorçage sémantique)⁸

⁶ Les troubles formels de la pensée témoignent de la dissociation mentale. Ils se manifestent dans le discours des patients par des barrages (arrêt brusque du discours), du fading (ralentissement du discours pendant le quel le sujet semble absent de la conversation), des néologismes (invention d'un mot non existant dans la langue du sujet), un contenu pauvre et illogique du discours.

⁷ Le SOA mesure le temps qui sépare la présentation du premier stimulus de celle du deuxième. Lorsque l'on présente séquentiellement la paire de mots chat / chien le SOA est la durée qui sépare la présentation du mot chat de celui du mot chien. Elle peut varier entre 0,1 à 1 seconde.

⁸ L'effet d'amorçage sémantique se calcule en soustrayant du temps de réaction moyen obtenu pour les paires de mots non liées à celui obtenu pour les paires de mots liés.

dans certaines conditions expérimentales et pas dans d'autre (SOA de 0,2 seconde présence de l'amorçage sémantique. SOA plus grand que 0,4 seconde disparition de cet effet). Le lien, qui doit être établi, est donc là entre une variable clinique (voir chap 3), une variable expérimentale manipulée (le SOA) par le chercheur et une variable mesurée (le TR). Il s'agit pour Duboc de valider une autre partie du modèle de la schizophrénie qu'elle cherche à confirmer.

Ces trois hypothèses nous servent à illustrer que **les hypothèses sont des assertions testables d'une relation possible entre deux ou plusieurs variables caractéristiques des faits empiriques**. Par empirique nous voulons indiquer que les faits sont issus de l'observation directe de la nature.

1.2. La formulation d'une hypothèse.

L'exemple précédent nous montre que dans la quotidienneté du chercheur, cela revient à :

Formuler le problème qu'il tente de résoudre sous la forme d'une hypothèse qui est une solution possible à son problème. Cette hypothèse doit être une proposition suffisamment générale pour rendre compte du plus grand nombre de phénomènes qui sous-tendent le problème.

Tester l'hypothèse afin de pouvoir conclure à son acceptation ou à son rejet. Ceci est un problème complexe qui dépend, en outre, de la réponse positive à 2 questions :

Est-ce que toutes les variables contenues dans l'hypothèse renvoient à des faits observables empiriquement ?

L'hypothèse est-elle formulée de façon qu'il soit possible de la mettre en relation avec des faits empiriquement observables ?

Si tous les phénomènes, auxquels fait référence l'hypothèse, sont observables par tout un chacun alors le premier critère est rempli. Dans l'exemple choisi, le TR, le SOA et les troubles formels de l'attention sont des variables que l'on peut décrire avec suffisamment de précision pour que d'autres équipes puissent les utiliser.

Si l'hypothèse est formulée dans un langage suffisamment clair et précis pour permettre de relier sans ambiguïté le phénomène observé à l'hypothèse afin de pouvoir décider de sa véracité ou de sa fausseté, alors le deuxième critère est rempli. Autrement dit, il faut être vigilant dans la manière de formuler son hypothèse à ce qu'elle renvoie à des phénomènes actuellement observables. La formulation, qu'a choisie Duboc pour ses hypothèses, permet de relier la désorganisation cognitive des patients à un trouble dans l'utilisation de l'information sémantique, contenue dans son matériel expérimental. L'incapacité des patients schizophrènes (TFP+) à utiliser le contexte, crée par le premier mot de la paire chat chien, pour décider que le mot chien existe dans la langue française, tel que le reflète la disparition d'effet d'amorçage, n'est que le reflet de la désorganisation que tous les cliniciens observent.

2. Les moyens pour formuler une hypothèse : la relation d'implication.

Nous avons dit, plus haut, que les hypothèses étaient des propositions qui établissaient un lien entre des variables. De manière plus précise, la relation d'implication est la forme logique de ce lien. Elle peut se formuler ainsi : "si certaines conditions sont réunies alors certains événements doivent se produire."

La première partie de la proposition est appelée condition antécédente la deuxième partie condition conséquente.

Dans la troisième hypothèse de Duboc l'antécédente est "si les sujets sont des schizophrènes sans troubles formels de la pensée et si le SOA est inférieur à 0,4 seconde". La conséquente devient "alors le TR dans la condition de paires liées sera plus court que celui dans la condition de paires de mots non liés".

Une autre formulation possible de cette notion est : "si et seulement si X égale cette valeur alors Y prend cette valeur". En terme mathématique Y est une fonction de X.

Deux erreurs d'interprétation de cette proposition sont à éviter :

Les conditions antécédentes ne sont pas la cause des conditions conséquentes. La raison est qu'une relation d'implication n'est pas suffisante pour asseoir une relation causale. Démontrer qu'une variable est une fonction d'une autre ne montre pas **nécessairement** l'existence d'un lien causal entre les deux. Si, dans la schizophrénie, la disparition de l'effet d'amorçage est liée à la désorganisation cognitive cela ne signifie pas directement que cette dernière est la cause de ce fait. Entre les deux phénomènes il peut exister une série de mécanismes cachés parmi lesquels un en est la véritable cause.

Les conditions conséquentes ne sont pas vraies en soi. Il faut que les conditions antécédentes soient vraies pour que les premières soient vraies. La disparition de l'effet d'amorçage sémantique n'est vraie que s'il est testé dans une population de patients schizophrènes désorganisés.

Redisons que les hypothèses proposent une solution à un problème et qu'elles s'expriment sous forme d'une relation entre deux variables ou plus. Elles apparaissent dans deux modes de raisonnement :

Le raisonnement inductif part de l'observation des faits pour remonter jusqu'à la théorie. Ce mot désigne le procédé par lequel se construisent les sciences expérimentales, qui consiste à s'élever, de l'observation des faits, à l'hypothèse d'une loi explicative. Il s'agit là de passer des faits à la loi. Cette difficile remontée du donné expérimental à un principe explicatif, caractérise l'induction scientifique. Il s'exprime simplement sous la forme : "Je me demande ce qui se passera si...". En général ce raisonnement se rencontre aux premières étapes de l'étude d'un phénomène.

Commentaire [J1]: Induction
deduction

Le raisonnement déductif part d'une théorie ou d'un modèle pour prédire ce qui va être observé. La déduction est ce raisonnement direct, progressif et rigoureux. Elle suit l'ordre normal de la dépendance, progressant de la condition (le modèle) au conditionné (l'observation) et avec sécurité puisque celui-ci est déterminé univoquement par celui-là. Il s'énonce spontanément ainsi : "Je parie que ce phénomène va se produire si".

3. Quelles sont les critères d'une bonne hypothèse ?

Pour résumer les points essentiels de ce chapitre nous dirons d'une hypothèse qu'elle est correcte si :

Elle doit être actuellement testable.

Elle doit être en accord avec les autres hypothèses qui sont formulées dans le champ de recherche. A moins que l'on pense devoir proposer un modèle ou une théorie nouvelle pour expliquer une expérience.

Elle doit être économe dans les mécanismes qu'elles supposent sous-tendre le phénomène qu'elle explique.

Elle doit répondre au problème qu'elle pose.

Elle doit pouvoir se formuler en terme quantitatif

Elle doit être le plus général possible dans sa valeur explicative.

4. La fonction de guide de L'hypothèse.

Les mécanismes qui sous-tendent l'émergence des hypothèses restent propres à chaque chercheur mais il est néanmoins nécessaire que ce dernier formule sa démarche dans le cadre établi de la méthode expérimentale. En ce sens la formulation des hypothèses va servir de guide pour trier parmi les faits ceux qui vont retenir l'attention du chercheur.

L'expérience de la recherche montre amplement que la qualité d'un travail dépend directement de la valeur des hypothèses formulées. Il est indispensable de prendre le temps nécessaire à cette étape. La rigueur avec laquelle sera réalisée cette tâche amènera un précieux

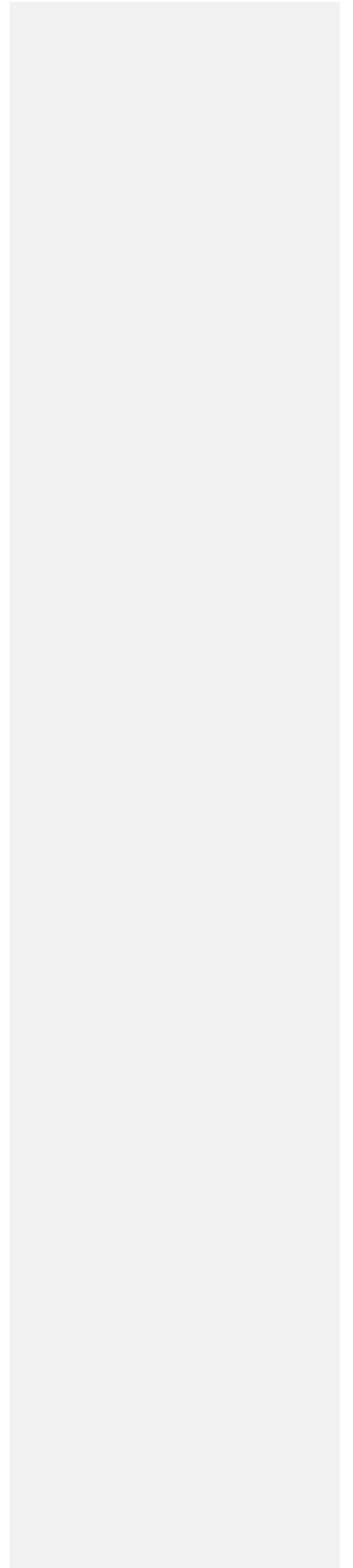
gain de temps lorsqu'il faudra donner une interprétation aux résultats expérimentaux que l'on aura recueillis. De même la généralisation des résultats en sera facilitée.

Il faut s'apercevoir que, dans cette phase, s'effectue une transformation subtile du problème que l'on pose. D'une part, il est nécessaire de faire un pas de côté par rapport à sa pratique clinique pour modifier ses observations ou ses intuitions en propositions logiques communicables à la communauté scientifique. D'autre part, on fait là la rencontre de la question des limites, car c'est l'occasion de s'apercevoir de la nécessité de rabattre ses prétentions à vouloir régler trop rapidement des énigmes d'une grande complexité. On découvre ainsi l'humilité qui consiste à travailler pas à pas sur des questions apparemment moins prestigieuses mais qui sont la clef des "grandes interrogations".

Enfin, rappelons la valeur heuristique des faits inattendus et ne pouvant s'expliquer dans le cadre des théories dominantes à un moment donné.

Chapitre 3

Les Variables



Dans ce chapitre nous allons aborder la distinction qu'il y a lieu de faire entre 3 catégories de variables. Nous avons vu, précédemment, que les hypothèses permettaient de relier les variables de la condition antécédente à celles de la condition conséquente. Les premières comprennent celles que l'expérimentateur va manipuler ou maintenir à une valeur qu'il va choisir. Les secondes sont celles qu'il va mesurer. D'où une distinction entre des variables sur lesquelles le chercheur va agir et d'autres qu'il va observer.

Dans l'expérience de Duboc déjà présentée, elle va d'une part définir des groupes de sujets et fixer différents paramètres expérimentaux tel que 3 types de paires de stimuli ou plusieurs valeurs pour le SOA et d'autre part examiner l'effet de ces variables sur celles qu'elle mesure (le temps de réaction).

Les variables qui sont mesurées sont appelées **variables dépendantes**. Variable dépendante signifie que les valeurs qui vont être observées dépendent, sont la conséquence des facteurs qui sont manipulés par l'expérimentateur ou d'autres facteurs qui peuvent contaminer ces variables dépendantes.

Les **variables externes** sont celles, qui influencent les résultats bien que le chercheur ne les considère pas comme pertinentes pour les hypothèses qu'il souhaite tester. L'âge des sujets, leur niveau de scolarisation, le moment de la journée où a lieu l'expérience sont des facteurs qui peuvent influencer les résultats mais qui n'ont pas un effet spécifique sur le mécanisme qui est étudié. Qualifier ces variables d'externe indique que l'on considère comme extérieures à la solution proposée dans les hypothèses.

Les **variables indépendantes** sont celles que l'on va faire varier au cours de la tâche expérimentale pour mettre en évidence leur effet sur les variables dépendantes.

L'expérimentateur fait varier le niveau des variables indépendantes et contrôle le niveau des variables externes. Dans le cas, où il peut exercer ce contrôle de manière satisfaisante, les ambiguïtés sur le rôle des variables indépendantes sont levées pour interpréter les mesures des variables dépendantes.

1. Les variables externes.

1.1. Définition.

Dans une situation expérimentale, les variables externes peuvent modifier les variables que l'on mesure contaminant ainsi l'effet de la variable indépendante. S'il n'y a pas d'intérêt immédiat à étudier comme celles-là interviennent dans le processus, il convient de les contrôler au cours de l'expérience. Nous indiquerons ci-dessous comment. Faute de cela, il ne serait pas possible de distinguer l'effet des variables indépendantes de celui des variables externes du fait que l'effet des unes et des autres ne serait pas différencié.

Cette ambiguïté intervient lorsque l'effet d'une variable externe est systématiquement relié à celui d'une variable indépendante et que celle-là peut modifier différemment la valeur de la variable mesurée dans plusieurs groupes de sujets.

Pour illustrer de dernier point reprenons l'étude de Duboc. Sa première hypothèse est que le TR des patients schizophrènes sera toujours plus long que celui des sujets de contrôle quelles que soient les conditions. Toutefois, il est largement admis que le TR augmente avec l'âge. La variable indépendante ici est les groupes de sujets (contrôles, schizophrènes). Une des variables externes est l'âge puisqu'il influence également le TR. Si elle constatait une différence d'âge significative dans les 2 groupes de sujets et qu'elle mesure une différence significative sur les TR dans les 2 groupes, elle ne pourrait pas dire si celle-ci doit être reliée à l'effet de l'âge, à l'effet de la pathologie ou à une combinaison de ces deux facteurs.

1.2. Mise en évidence des variables externes.

La question, qu'il convient de poser, est la suivante : "Quelles sont les variables externes qui peuvent influencer le phénomène que j'ai décidé d'étudier ?"

Une réponse exhaustive à cette question est impossible. Il est nécessaire de la reformuler ainsi : "Parmi toutes les variables qui peuvent intervenir sur l'expérience, quelles sont celles qui vont vraisemblablement modifier la valeur de la variable dépendante ?"

Même ainsi réduite cette question appelle une réponse complexe. Une partie de la réponse doit être cherchée dans la compilation des travaux déjà publiés dans le domaine que l'on a décidé d'explorer. D'autres chercheurs ont eu à répondre à cette question et ont présenté leur opinion soit dans la partie méthodologie soit dans la discussion de leur article.

Toutes les variables externes ne peuvent pas raisonnablement être prises en compte si la recherche veut rester réalisable. Par contre, celles dont l'effet a déjà été mis en évidence ne peuvent être ignorées.

Enfin, la connaissance générale du rôle de certaines variables et une bonne dose de réflexion permettent d'établir la liste des variables externes pertinentes.

Le chercheur doit indiquer clairement celles qu'il a décidé de contrôler et comment il compte le faire. Il a aussi à justifier celles qu'il a choisies d'ignorer. Il peut aussi convenir d'abandonner l'expérience si certaines variables pertinentes ne peuvent pas être contrôlées.

1.3. Le contrôle des variables externes.

Plusieurs stratégies ont été élaborées pour prendre en compte l'effet de ces variables. Nous allons les présenter des plus efficaces au moins efficaces :

1.3.1. Elimination.

Lorsque cela est possible, le moyen le plus efficace pour contrôler une variable externe est de l'éliminer. Cela arrive lorsque celle-ci est liée à l'environnement physique.

Le bruit extérieur peut interférer avec des variables indépendantes et rendre peu clair l'effet de celles-ci sur la réponse du sujet. On installera le sujet dans une pièce insonorisée pour éliminer l'effet de ce facteur. De même on choisira de placer le sujet dans une cage de Faraday pour éliminer l'effet du parasitage du courant électrique sur la réponse électrique du cerveau lorsqu'elle est recueillie par des électrodes posées sur le scalp.

1.3.2. Le maintien constant des conditions.

Cela consiste à fixer une valeur pour cette variable et à la maintenir constante.

La forme et le contenu de la consigne donnée au sujet pour effectuer sa tâche peuvent avoir une influence sur ses réponses. Pour pallier à cela, une solution consiste à présenter ces consignes par écrit. Dans son protocole Duboc donnait à lire au sujet la consigne écrite suivante :

“Sur cet écran, vous allez voir apparaître puis disparaître une chaîne de caractères qui peut ou non former un mot. Ils vont apparaître par paires, une chaîne de caractères après l'autre. Vous allez devoir décider si la deuxième paire de caractères forme un mot ou non qui existe en français. Si vous pensez que c'est un mot appuyez sur le bouton “oui” de la souris, sinon appuyez sur le bouton “non”.

Vous devez répondre aussi vite et bien que possible. Souvenez-vous, vous devez décider si la deuxième chaîne de caractères est un mot ou non. Ignorez la première. Il n'y a pas de piège, ni de faute d'orthographe. Les termes utilisés sont des mots fréquents que vous connaissez.”

L'emploi d'appareils, pour présenter les stimuli et enregistrer les réponses du sujet, se justifie par ce souci de maintenir constant les conditions expérimentales. Dans le protocole précédent un ordinateur contrôle la taille et les couleurs des caractères, la durée de

présentation des stimuli, l'espace de temps entre les deux chaînes de caractères et celui entre les deux paires de celles-ci, pour que ces facteurs ne varient pas au cours de l'expérience pour un sujet et d'un sujet à l'autre. De même, le temps de réponse est mesuré et enregistré directement sur l'ordinateur.

Le moment de la journée et le local où les sujets sont enregistrés peuvent avoir une incidence dans certaine tâche expérimentale. Dans ce cas, on décide d'examiner les sujets au même moment (le matin par exemple) et dans la même pièce.

1.3.3. Le balancement.

Deux techniques différentes sont appelées balancement :

S'il n'est pas possible de maintenir constant l'effet d'une variable le chercheur va "balancer" son effet sur un groupe de contrôle et un groupe expérimental. La logique est la suivante : l'effet d'une variable indépendante va être contaminé par celui d'une variable externe. Pour lever l'ambiguïté de l'action de l'une et de l'autre, deux groupes de sujets vont être constitués. Le premier, le groupe de contrôle va être assujéti à l'action de la variable externe. Le second, le groupe expérimental, va être soumis à celle de la variable externe et de la variable indépendante. Ainsi toute différence apparaissant entre ces deux groupes dans la mesure de la variable dépendante sera à mettre au compte de la variable indépendante. Illustrons cela par l'exemple suivant. Un laboratoire pharmaceutique veut tester l'effet d'un nouvel antidépresseur. L'expérimentateur sait que la prescription d'un médicament peut avoir un effet thérapeutique même en l'absence d'un principe actif. Cet effet est connu sous le nom d'effet placebo. C'est celui-ci qui est la variable externe. La variable indépendante est la posologie du nouveau médicament à tester. La variable dépendante est le score des sujets à une échelle de dépression. Pour tester l'effet de sa nouvelle molécule, le laboratoire va constituer deux groupes de patients déprimés. Le groupe de contrôle va recevoir un placebo ayant la même forme et la même couleur que le produit actif. Le groupe expérimental recevra le produit actif. Tous les sujets auront le même nombre de prises dans la journée, à la même heure et pendant la même durée. Les sujets de contrôle prendront un traitement (variable externe) ainsi que ceux du groupe expérimental mais qui recevront seuls du produit actif (variable indépendante). Si une différence apparaît entre les scores à l'échelle de dépression entre les groupes, cela sera dû, sans équivoque, à l'effet du nouvel antidépresseur. Cet exemple permet de toucher du doigt qu'une variable externe peut désigner quelque chose d'aussi abstrait que l'effet placebo dont la diffusion opératoire prend la forme de la prescription d'une molécule inerte.

Dans un deuxième sens on parle de balancement de l'effet d'une variable externe qui est lié à l'instrument par lequel les stimuli sont délivrés aux sujets. Supposons que dans le protocole que nous avons décrit les stimuli soient maintenant présentés auditivement au moyen d'un casque stéréophonique. Les paires de stimuli peuvent arriver aléatoirement sur l'écouteur gauche ou droit du casque. La question que l'on se pose est de savoir si l'une des deux oreilles stimulées peut favoriser l'effet d'amorçage sémantique. Il est extrêmement difficile d'avoir la certitude que les deux écouteurs présentent la même qualité audiométrique. La variable externe est la différence

qualitative entre ces deux écouteurs. L'effet de celle-ci peut contaminer les réponses des sujets. Pour tenir compte de cela, on va balancer cet effet en mettant l'écouteur gauche sur l'oreille gauche des sujets dans la moitié du groupe et sur leur oreille droite pour l'autre moitié du groupe. On agira réciproquement avec l'écouteur droit. Ainsi le groupe des sujets aura entendu les stimuli sur chaque oreille pour la moitié avec l'écouteur droit et l'autre moitié avec le gauche. S'il y a une différence audiométrique entre les deux écouteurs du casque, son effet aura été "balancé" entre les oreilles des sujets de chacun des groupes. Dans certains contextes expérimentaux, on peut être amené à "balancer" la main de réponse en demandant à la moitié des sujets du groupe de répondre avec leur main dominante et l'autre moitié avec celle non dominante.

1.3.4 Le contre balancement

Cette technique s'applique lorsque la situation expérimentale comprend 2 ou plusieurs conditions qui sont effectuées par les mêmes sujets. Dans ce cas l'ordre de présentation des conditions peut agir sur les résultats mesurés. Il est donc nécessaire de contrôler l'effet de l'apprentissage et de la fatigue des sujets sur leurs performances.

Dans l'étude de Duboc, elle avait 4 conditions de SOA. Appelons C1 la condition où le SOA est de 0,2 seconde, C2 celle où il est de 0,45 seconde, C3 celle de 0,7 secondes et C4 celle de 1,2 seconde. Chaque sujet a passé les quatre conditions dans l'ordre suivant :

	Session n° 1	Session n° 2	Session n° 3	Session n° 4
Sujet n° 1	C1	C2	C3	C4
Sujet n° 2	C2	C3	C4	C1
Sujet n° 3	C3	C4	C1	C2
Sujet n° 4	C4	C1	C2	C3
Sujet n° 5	C1	C3	C4	C2
Sujet n° 6	C3	C4	C2	C1
Sujet n° 7	C4	C2	C1	C3
Sujet n° 8	C2	C1	C3	C4
Sujet n° 9	C1	C4	C2	C3
Sujet n° 10	C4	C2	C3	C1
Sujet n° 11	C2	C3	C1	C4
Sujet n° 12	C3	C1	C4	C2
Sujet n° 13	C1	C2	C4	C3
Sujet n° 14	C2	C4	C3	C1
Sujet n° 15	C4	C3	C1	C2

Sujet n° 16	C3	C1	C2	C4
Sujet n° 17	C1	C3	C2	C4
Sujet n° 18	C3	C2	C4	C1
Sujet n° 19	C2	C4	C1	C3
Sujet n° 20	C4	C1	C3	C2
Sujet n° 21	C1	C4	C3	C2
Sujet n° 22	C4	C3	C2	C1
Sujet n° 23	C3	C2	C1	C4
Sujet n° 24	C2	C1	C4	C3

Dans ce plan, chaque condition est présentée une seule fois à chaque sujet. Chaque condition arrive six fois dans chaque session. Chaque condition est précédée et suivie des mêmes autres conditions une seule fois. Par exemple la condition C2 est précédée de la condition C1 et suivie des conditions C3 et C4 une seule fois. Remarquons qu'il faut examiner 34 sujets ou un multiple de 24 pour que le contre balancement soit correct.

Le principe général du contre balancement peut s'énoncer comme suit : Chaque condition doit être présentée à chaque participant le même nombre de fois. Chaque condition doit se produire un nombre égal de fois par session. Chaque condition doit être précédée et être suivie des mêmes autres conditions un nombre égal de fois.

L'exemple, que nous avons pris, montre la limite de cette technique. En effet, elle conduit à une augmentation importante du nombre de sujets quand le nombre de conditions augmente : 2 conditions nécessitent 4 sujets ou un multiple de 4, 3 conditions 6 ou un multiple, 4 conditions 24 sujets ou un multiple, 5 conditions 120 sujets ou un multiple ! Le nombre de sujets nécessaires est égal à la factorielle du nombre de conditions. On comprend alors la nécessité devant laquelle se trouve le chercheur de limiter le nombre de conditions expérimentales.

Une autre limite de cette technique est qu'elle suppose que l'ordre de présentation des conditions n'a pas d'influence sur les performances des sujets. Cela n'est pas toujours le cas. Si vous souhaitez étudier chez de jeunes enfants la maturation des mécanismes attentionnels, vous pouvez mettre au point une tâche d'attention passive où vous détournez l'attention du sujet et une tâche d'attention active où il doit d'engager activement dans la sélection d'une classe de stimuli. Dans ce contexte, il apparaît que vous ne pouvez pas contre balancer l'ordre de présentation de vos conditions. Si vous présentez la tâche active dans la première session, il est clair que cela contaminera les résultats de la tâche passive. L'enfant ne pourra pas arrêter de prendre en compte la classe de stimuli qu'il aura traitée dans la condition passive.

Il est nécessaire de bien distinguer la méthode du balancement de celle du contre balancement :

On parle de contre balancement si le même sujet reçoit plusieurs conditions expérimentales. L'ordre de présentation des tâches est contrebalancé pour tenir compte de l'effet de fatigue et d'apprentissage.

On parle de balancement d'une part, si la variable externe est appliquée au groupe de contrôle et au groupe expérimental alors que seul ce dernier est soumis à l'effet de la variable indépendante. D'autre part, si chaque sujet n'est soumis qu'à une seule tâche, la moitié du groupe est soumise à un niveau de la variable externe et l'autre moitié des sujets à l'autre niveau de cette variable.

1.3.5. Le tirage au sort des sujets.

Si aucune des méthodes précédentes ne peut être utilisée pour contrôler l'effet des variables externes, une dernière solution est de tirer au sort l'attribution de chaque sujet dans les différents groupes de sujets. Supposons que la population que vous voulez étudier est peu nombreuse et qu'elle a une grande dispersion d'âge. Vous disposez d'une population entre 65 et 95 ans de 60 sujets à répartir en 2 groupes. Peu de ces sujets ont des âges proches ce qui ne permet pas de constituer des classes d'âge homogènes. Vous allez tirer au sort l'attribution de chacun de vos sujets dans les 2 groupes. L'idée sous-jacente est que l'effet de la variable externe, l'âge ici, devra en moyenne affecter pareillement votre variable dépendante mesurée dans chacun des groupes.

2. Les variables indépendantes.

Les variables indépendantes sont celles que l'on fait varier au cours de l'expérience pour étudier leur effet sur la variable dépendante. Elles représentent les phénomènes définis par la proposition antécédente des hypothèses. Elles comprennent le plus souvent :

Les caractéristiques physiques ou symboliques des stimuli manipulés. Dans l'étude de Duboc, il s'agit du SOA et du type de lien sémantique entre les 2 chaînes de caractères formant une paire.

Les variables de groupe. Particulièrement en clinique, on est amené à comparer les scores obtenus dans une tâche entre plusieurs groupes cliniques et un groupe de contrôle. Dans notre exemple, l'auteur utilise un groupe de sujets sains et 2 groupes de patients schizophrènes présentant ou non des troubles formels de la pensée.

Le chercheur dispose de deux moyens pour contrôler les niveaux des variables indépendantes :

D'une part, il peut déterminer arbitrairement ces niveaux. Duboc a choisi 4 niveaux pour le SOA (0,2 - 0,45 - 0,7 - 1,2 secondes) et 3 niveaux pour le type des paires de stimuli (liées sémantiquement, non liées, mot pseudo-mot)

D'autre part, il peut sélectionner des sujets qui possèdent déjà ce niveau de la variable indépendante. Duboc a constitué ses trois groupes en sélectionnant des sujets qui possédaient ou non certaines caractéristiques cliniques (présence ou non de signes de schizophrénie, présence ou non de troubles formels de la pensée).

La détermination par sélection des niveaux de la variable indépendante peut amener à des difficultés au moment de l'interprétation des résultats expérimentaux du fait des variables contaminantes que l'on n'a pas pu contrôler. En recherche clinique les traitements psychotropes en sont un exemple. Pour des raisons pratiques et éthiques, il est rarement possible de constituer des groupes de sujets pathologiques sans médicaments. Mais, l'on sait que ces traitements influencent d'une manière ou d'une autre les processus cognitifs. Comparer des résultats chez des sujets sains sans traitement à ceux de sujets malades avec traitement peut être source de confusion. Si des différences significatives sont mises en évidence, devront-elles être portées au compte de la pathologie, du traitement ou de l'interaction des deux facteurs ? Actuellement on admet qu'il est nécessaire, si l'on veut faire un lien entre une caractéristique clinique d'un groupe de patients et un processus cognitif, de prévoir un groupe de contrôle composé de patients appartenant à la même entité nosographique mais ne présentant pas cette caractéristique clinique. Il faudra soit choisir les sujets dans chaque groupe afin qu'en moyenne de groupe les scores de traitement ne soient pas différents soit appairer chaque sujet d'un groupe avec un sujet de l'autre groupe pour le traitement psychotrope. La deuxième solution est la plus rigoureuse mais, dans la réalité, relativement difficile à mettre en place.

Pour conclure, soulignons que les variables de contrôle et celles indépendantes influencent toutes les résultats. Ce qui les différencie est que les dernières forment le coeur des hypothèses testées et sont manipulées par le chercheur alors que les premières n'en font pas parties.

3. Les variables dépendantes.

Un grand nombre d'aspects du comportement peut être mesuré pour rendre compte des effets des variables indépendantes. Il est habituel de mesurer l'exactitude, la latence la durée, la fréquence des réponses du sujet. La variable dépendante de Duboc est le temps de réaction.

Deux aspects de cette variable sont à considérer :

Sa validité : ce que mesure cette variable doit refléter le processus supposé par l'hypothèse. Il est recommandé de la choisir parmi celles qui sont déjà utilisées dans le domaine étudié ou une qui lui soit clairement corrélée. Pour déterminer la validité d'une nouvelle variable, on peut corrélérer celle-ci à celle dont la validité est bien établie et qui est obtenue chez un même sujet.

Sa fidélité : si on répète la mesure sur le même sujet les valeurs trouvées doivent être les mêmes.

Chapitre 4

Les Plans Expérimentaux :

Plans inter-groupes

Nous allons traiter des plans expérimentaux dans les 2 prochains chapitres. Un plan expérimental organise la manière dont les différents niveaux d'une ou des variables indépendantes sont répartis entre les groupes de sujets.

Nous allons être amenés à examiner trois grands types de plan expérimental :

Le plan **inter-groupe**. Chaque niveau de la ou des variables indépendantes est attribué à un groupe différent de sujets. Le nombre de groupes de sujets est égal à la somme des niveaux des variables indépendantes. Si cette dernière a 2 niveaux, cela nécessite 2 groupes de sujets. Prenons l'exemple d'un chercheur qui utilise ce type de plan pour comparer l'efficacité de deux méthodes d'apprentissage de la lecture (lecture globale et lecture syllabique) à deux âges d'apprentissage différents (5 ans et 20 ans). Celui-ci devra constituer 4 groupes de sujets : un groupe d'enfants de 5 ans apprenant avec la méthode globale, un groupe d'enfants de 5 ans apprenant avec la méthode syllabique, un groupe d'adultes de 20 ans avec la méthode globale et un dernier groupe de 20 ans avec la méthode syllabique.

Le plan **intra-groupe**. Tous les niveaux de la ou des variables indépendantes sont affectés au même groupe de sujets. Dans ce plan là il n'y a qu'un groupe expérimental. Si un chercheur utilise le protocole de Duboc pour tester des sujets sains, ceux-ci vont être mis en présence des 3 types de lien sémantiques (lié, non lié, mot pseudo mot) dans les 4 blocs de SOA (0,2 0,45 0,7 1,2 secondes). L'intérêt de ce plan est qu'il diminue le nombre total de sujets à recruter. Nous l'étudierons dans le prochain chapitre et nous en verrons les limites.

Le plan **mixte**. Il combine les deux approches. Le niveau de certaines variables indépendantes est attribué à des groupes différents de sujets alors que celui des autres variables indépendantes est assigné à l'intérieur de tous les groupes de sujets. Le plan expérimental de Duboc est un plan mixte car la variable diagnostique (sujets sains, schizophrènes avec troubles formels de la pensée, schizophrènes sans troubles de la pensée) conduit à former trois groupes différents de sujets alors que les différents niveaux de ses deux autres variables indépendantes (type de lien sémantique et SOA)

sont appliqués à tous les sujets. Ce plan est celui qui est le plus généralement utilisé en recherche clinique. Nous étudierons ses différents aspects dans le chapitre qui suit.

Nous allons, désormais, nous consacrer à l'étude des plans inter-groupe et décrire différents de ces plans suivant le nombre de variables indépendantes et de niveaux mis en jeu et suivant que les sujets sont attribués dans les groupes par tirage au sort ou par appariement.

1. Cas d'une seule variable indépendante.

1.1. Groupes tiré au sort

Les sujets vont être attribués dans chacun des groupes expérimentaux que l'on constitue par tirage au sort.

1.1. 1. Deux groupes de sujets.

Ce plan se rencontre lorsque l'hypothèse testée ne met en jeu qu'une seule variable indépendante à 2 niveaux. Il y a donc constitution de deux groupes de sujets. Chaque sujet qui est inclus dans l'étude est tiré au sort. Son attribution dans l'un ou l'autre groupe s'effectue aussi par tirage au sort. Les sujets ne sont soumis qu'à un niveau de la variable indépendante suivant leur groupe d'appartenance.

Si les variables externes ont été convenablement contrôlées, une différence significative entre la moyenne de la variable dépendante mesurée dans chacun des deux groupes permet de conclure que cette différence est due à l'effet de la variable indépendante.

L'hypothèse, la plus importante, qui est faite dans ce type de plan, est qu'il n'y a pas de différence entre les moyennes de la variable dépendante des deux groupes au début de l'expérience. Cela signifie, en pratique, que les facteurs qui peuvent influencer cette variable agissent de manière équivalente sur les deux groupes. Ils ont été correctement contrôlés et un nombre suffisant de sujets participent à l'étude.

Reprenons l'exemple de l'évaluation des différentes méthodes d'apprentissage de la lecture (globale, syllabique) testées sur des enfants. L'hypothèse testée est que la méthode globale est plus efficace que la méthode syllabique pour apprendre à lire à des enfants de 5ans. La variable indépendante est la méthode d'apprentissage, la dépendante est le score obtenu à un test de lecture. 60 enfants vont être tirés au sort sur un échantillon de 200 enfants. 30 enfants choisis par tirage au sort feront leur apprentissage par la méthode globale et 30 autres par la méthode syllabique. A la fin de l'année scolaire chaque enfant sera évalué et obtiendra un score de lecture. La moyenne des notes est faite dans chacun des groupes. Supposons que les résultats soient que le groupe qui a suivi la méthode globale présente un score de 11.9 et celui qui a appris par la méthode syllabique de 7.06. Cette différence est-elle

significative ? Pour répondre à cette question il faut soumettre les données à un test statistique⁹.

Le test statistique pertinent pour analyser les données est le test “t” de student pour groupes tirés au sort.¹⁰

Ce test calcule une valeur de t et la probabilité liée à celle-ci qui dépend du degré de liberté (ddl) de l'échantillon. Dans ce plan expérimental :

$$\text{ddl} = N1+N2-2$$

N1 est le nombre de sujets dans le premier groupe, N2 celui dans l'autre groupe.

Dans l'exemple précédent le résultat fourni par le programme est :

$$t = 7.528725 \quad p = 0.000 \quad \text{ddl} = 58$$

Ces résultats indiquent que la différence entre les résultats des 2 méthodes est significative avec une probabilité de 0%. La probabilité signifie qu'il y a 0 chance sur 100 que la différence observée soit liée aux fluctuations dues au hasard.

Si l'hypothèse empirique prédite qu'il doit y avoir une différence significative entre la mesure prise dans les 2 groupes, et si la différence observée a la direction prévue par l'hypothèse, alors on peut conclure que cette dernière est vérifiée.

Rappelons qu'un test statistique évalue, grâce au modèle statistique qui le sous-tend, quelle est la probabilité de l'hypothèse nulle (H0). Cette dernière stipule que la différence entre les moyennes observées est due aux fluctuations du hasard. Le chercheur se fixe un seuil de probabilité au-delà duquel il accepte de rejeter H0. Il choisira, par exemple, une probabilité de 0.05 pour rejeter H0. Cela signifie qu'il accepte le risque dans 5% des cas que la différence entre les moyennes observées soit due au hasard alors qu'il la considérera comme significative. Il commettra une erreur de type I dans une proportion de 5 fois sur 100. Le niveau de signification qui sera utilisé pour rejeter H0 doit être précisé avant l'analyse statistique des résultats.

1.1.2. Plus de deux groupes de sujets.

⁹ Nous prenons le parti de ne pas donner les formules des tests utilisés. Ce qui nous semble important en raison du développement des programmes statistiques sur micro-ordinateurs est de savoir quel test utilisé en fonction du plan expérimental qu'on a utilisé. Par contre connaître la formule de calcul des ddl est un moyen de vérifier que le calcul effectué par l'ordinateur est bien celui qui est adéquat à son problème.

¹⁰ Si une seule variable dépendante est mesurée et si cette dernière vérifie les assumptions précisées dans le chapitre suivant.

Nous sommes dans la situation où nous mesurons une seule variable et où la variable indépendante a plus de deux niveaux. Le nombre de groupe est égal au nombre de niveaux de la variable indépendante.

Chaque sujet est attribué à un groupe par tirage au sort et est mis en présence d'un niveau de la variable indépendante.

Il est souvent intéressant de choisir plusieurs niveaux de la variable indépendante afin de préciser l'effet de la variable indépendante sur le phénomène : cet effet est-il linéaire ou non ?

Reprenons l'exemple de l'apprentissage de la lecture et faisons l'hypothèse que la méthode globale est plus efficace chez les jeunes enfants que chez les sujets plus âgés. La variable indépendante est l'âge des sujets. Cette dernière aura 3 niveaux correspondant à des sujets de 5, 12 et 20 ans. Trois groupes de 30 sujets seront tirés au sort. Après une année d'apprentissage les scores obtenus sont respectivement de 11.9, de 9.8 et de 8.8 pour les groupes de 5, 12 et 20 ans. Ces résultats sont-ils significativement différents à un risque de 0.05 ? L'hypothèse est-elle vérifiée ? Pour répondre à cette question il faut soumettre les données à un test statistique.

Le test statistique pertinent pour analyser les données est l'Analyse de Variance ou ANOVA ¹¹.

Cette méthode consiste à calculer :

La Somme Totale des Carrés (SC_T) qui évalue la distance des scores de chaque individu à la moyenne générale des différents groupes. Dans notre exemple cette moyenne est égale à 10.17.

La Somme Inter-Groupe des Carrés (SC_E) qui reflète la distance entre la moyenne de chacun des groupes et la moyenne générale des différents groupes. Dans notre exemple, il s'agit de la distance entre 11.9, 9.8 et 8.8 d'une part et 10.17 de l'autre.

La Somme Intra-Sujet des Carrés (SC_A) qui estime la distance des scores de chaque individu à la moyenne du niveau du facteur auquel il a été soumis (suivant le cas 11,9, 9,8 ou 8,8). Il reflète le bruit de fond ou la variabilité liée au hasard dans cette analyse.

$$SC_T = SC_E + SC_A$$

Le nombre de degré de liberté total (ddl_t) qui est égal au nombre de sujets inclus dans l'étude moins un ($N - 1$). Dans notre exemple ddl_t est égal à 89.

Le nombre de degré de liberté Inter-Groupe (ddl_e) qui est égal au nombre de niveaux de la variable indépendante moins un ($r - 1$). Dans notre exemple ddl_e est égal à 2.

¹¹ Voir note 10.

Le nombre de degré de liberté Intra-Sujet (ddl_a) qui est égal au nombre de sujets inclus dans l'étude moins le nombre de niveaux de la variable indépendante ($N - r$). Dans notre exemple ddl_a est égal à 87.

$$ddl_t = ddl_e + ddl_a$$

La Somme Moyenne Inter-Groupe des Carrés (SMC_E) qui est égale à la Somme Inter-Sujet des Carrés divisée par le nombre de degré de liberté Inter-Sujets.

$$SMC_E = SC_E / ddl_e$$

La Somme Moyenne Intra-Sujets des carrés (SMC_A) qui est égale à la Somme Intra-Sujet des Carrés divisée par le nombre de degré de liberté Intra-Sujet.

$$SMC_A = SC_A / ddl_a$$

Le coefficient de Fisher F qui est égal à la Somme Moyenne Inter-Sujet des Carrés divisée par la Somme Moyenne Intra-Sujet des Carrés.

$$F = SMC_E / SMC_A$$

Ces calculs effectués on trouve, dans une table statistique de Fisher, la valeur de la probabilité associée à ce coefficient et calculée en fonction des degrés de liberté intra et inter.

Revenons à notre exemple. L'analyse statistique des résultats se trouve dans le tableau suivant¹² :

	Somme des Carrés	ddl	Somme Moyenne des Carrés	F
Inter-Groupe	149.48	2	74.74	8.43
Intra-Sujet	780.39	87	8.97	
Total	929.87	89		

Avec un ddl_e égal à 2, un ddl_a égal à 87 et une valeur de F égale à 8.43, la probabilité associée est égale à 0.000. Cela indique que la différence observée entre les trois moyennes est significative. Pour autant, l'analyse que nous venons d'effectuer ne précise pas entre lesquelles de ces moyennes la différence est significative.

¹² Les programmes informatiques fournissent les résultats qui sont dans le tableau. Dans les programmes statistiques en anglais, la SMC_E est souvent appelé MS effect, SMC_A : MS error (car il reflète le bruit de fond de l'expérience), ddl_e : df effect et ddl_a : df error .

Il est maintenant nécessaire de faire des tests entre les moyennes en les comparant deux par deux. Il en existe plusieurs en fonction des hypothèses que l'on a faites :

Si à priori, dans la formulation de vos hypothèses vous avez formulé quels seraient les niveaux de la variable indépendante qui produiraient des différences entre les moyennes observées et quels seraient leur sens, alors vous pouvez comparer vos moyennes soit avec des tests t multiples.

Si vous n'aviez pas d'idées au premier abord sur les niveaux qui feraient apparaître des différences ou sur leurs directions vous devez faire des tests **post hoc**. C'est généralement le cas si vous avez plus de 2 niveaux de la variable indépendante ou si vous avez plusieurs variables indépendantes dans des plans expérimentaux que nous verrons plus loin.

Revenons en à notre exemple : nous avions fait l'hypothèse que la méthode globale serait plus efficace chez les jeunes enfants que chez les plus âgés. Le résultat de l'ANOVA était significatif, nous sommes dans le cas où l'utilisation de test t serait justifiée. Nous allons ainsi tester si la différence des scores du groupe d'enfant de 5ans est significativement différente de ceux de 12 et 20 ans. Pour la différence entre le groupe de 5 ans et celui de 12 ans : $t = 2.71$, $p = 0.008$. Pour celle entre le groupe de 5 ans et celui de 19 ans : $t = 4.17$, $p = 0.001$. Les résultats de l'analyse statistique nous permettent de rejeter H_0 et de conclure que notre hypothèse est vérifiée : la méthode globale d'apprentissage de la lecture est plus efficace chez de jeunes enfants que chez des sujets plus vieux.

1.2. Deux groupes de sujets appariés.

Nous sommes, maintenant, dans la situation où une variable externe peut contaminer l'effet de la variable indépendante sur la variable dépendante.

L'exemple précédent nous a montré que l'âge du sujet a une influence sur l'efficacité de la méthode d'apprentissage de la lecture. Si nous voulons comparer l'efficacité de cette méthode à une autre il faudra prendre en compte ce phénomène. Dans la première expérience où nous avons étudié l'effet de la méthode globale comparé à celui de la méthode syllabique nous avons tiré au sort le groupe dans lequel chaque enfant serait affecté. Nous n'avons pas tenu compte de l'âge de chacun. Nous avons refait l'expérience en appariant, pour l'âge, chaque sujet du groupe méthode globale avec un sujet du groupe méthode syllabique. Pour cela nous avons choisi les enfants de sorte qu'à chaque enfant du groupe global corresponde un enfant du même âge dans le groupe syllabique. Chaque groupe comprenait 30 enfants. Lorsque nous avons évalué chaque enfant à la fin de la période d'apprentissage les scores suivants ont été obtenus : la moyenne du groupe méthode globale était de 11.9, celle du second groupe de 10.83. La différence entre les 2 moyennes est-elle significative ? Quelle méthode statistique faut-il utiliser ?

le test statistique pertinent pour analyser les données est le test "t" de student pour groupes appariés

Ce test calcule une valeur de t et la probabilité liée à celle-ci qui dépend du degré de liberté (ddl) de l'échantillon. Dans ce plan expérimental :

$$\text{ddl} = N - 1$$

Où N représente le nombre de sujets dans chaque groupe.

Dans notre exemple les résultats statistiques sont les suivants : $t = 1.83$, $\text{ddl} = 29$ la probabilité associée à ces 2 valeurs est égale à 0.082. Face à ces résultats nous concluons à l'acceptation de l'hypothèse nulle et que la différence de l'efficacité entre les deux méthodes n'est pas significative si nous prenons en compte l'effet contaminant de l'âge.

Remarquons que le nombre de degrés de liberté est beaucoup plus petit lorsque les groupes sont appariés que lorsqu'ils sont tirés au sort. Dans l'exemple que nous traitons, avec le même nombre total de sujets (60) le ddl est de 58 dans un plan avec groupes tirés au sort et de 29 avec groupes appariés. Or la valeur de la probabilité liée à une valeur de t dépend du ddl. Il peut arriver qu'une valeur de t conduise à une valeur de p significative dans un plan avec groupes tirés au sort mais pas dans un plan avec groupes appariés. Supposons que nous trouvions une valeur de t égale à 2.05 avec des groupes de 16 sujets. Dans un plan avec groupes appariés, nous aurions un ddl égal à 15 et t devrait être égal à 2.131 pour que la probabilité soit égale à 0.05. Par contre dans un plan avec groupes tirés au sort, le ddl serait de 30 et une valeur de t égale à 2.042 serait suffisante pour que la probabilité soit égale à 0.05.

En conséquence, dans la première situation nous accepterions l'hypothèse nulle et concluons que la différence entre nos 2 moyennes n'est pas significative alors que dans l'autre nous concluons à un effet significatif. Ainsi le test t pour groupes appariés est beaucoup plus conservatif que celui pour groupes tirés au sort en raison de la corrélation entre la variable externe d'appariement et la variable dépendante. Il est donc nécessaire de vérifier la validité de cette corrélation pour utiliser ce type de plan en calculant le coefficient de corrélation entre la variable d'appariement et celle dépendante. Seul une valeur de ce coefficient suffisamment forte justifie d'utiliser ce plan et de perdre des degrés de liberté.

Cette décision doit être prise avant le début de l'expérimentation en fonction des conclusions que l'on a tirées de la littérature et des discussions avec les collègues.

En pratique, la généralisation du plan à deux groupes appariés à celui à plus de deux groupes appariés ne se pose pas. Il est très difficile de faire des appariements pour une variable sur plus de deux groupes de sujets.

2. Cas de plus d'une variable indépendante. Le plan factoriel.

Ce plan expérimental correspond à des situations où le chercheur étudie l'influence de deux ou plus variables indépendantes sur un processus. Chaque niveau de chaque variable est appliqué à un groupe de sujets tirés au sort. Dans ce paragraphe nous commencerons à étudier le plan factoriel le plus simple : celui qui est formé de deux variables indépendantes chacune ayant deux niveaux. On note ce plan 2×2 . Un plan $2 \times 2 \times 2$ comprend trois variables indépendantes à deux niveaux.

2.1. Le plan 2*2.

Un plan 2*2 suppose la constitution de 4 groupes expérimentaux chacun recevant un des quatre niveaux formés par les 2 variables dépendantes.

Reprenons l'exemple de l'efficacité des différentes méthodes d'apprentissage de la lecture. La question, que nous posons maintenant, est : les deux méthodes sont-elles aussi efficaces à tous les âges ? Notre hypothèse est que la méthode globale est plus efficace dans l'enfance alors que la méthode syllabique l'est à l'âge adulte. Cette hypothèse met en jeu deux variables indépendantes : la méthode d'apprentissage et l'âge d'apprentissage. Elle postule une interaction entre les deux niveaux de celles-ci. Pour la vérifier quatre groupes de 30 sujets sont formés : un groupe d'enfants de 5 ans apprenant la lecture par la méthode globale, un de 5ans avec la méthode syllabique, un de 20 ans avec la méthode globale et un dernier de 20 ans avec la méthode syllabique. A la fin de la période d'apprentissage les sujets passent un test de lecture et les moyennes de groupe sont calculer. Le tableau suivant résume les résultats :

	Méthode globale	Méthode syllabique	Moyenne age
Groupe de 5 ans	11.90	7.06	9.48
Groupe de 20 ans	8.50	11.53	10.02
Moyenne méthode	10.20	9.30	9.75

Il y a lieu de distinguer séparément l'effet des deux facteurs testés puis celui de leur interaction.

Le facteur méthode d'apprentissage, indépendamment de l'âge des sujets, conduit à un score moyen de 10.20 pour la méthode globale et de 9.30 pour la méthode syllabique. Cette différence est-elle significative ?

Le facteur âge, indépendamment de la méthode d'apprentissage utilisée, produit un score moyen de 9.48 pour le groupe des enfants de 5 ans et un de 10.02 pour celui de 20 ans. Cette différence est-elle significative ?

L'interaction entre le facteur méthode et le facteur âge montre que les sujets de 5 ans entraînés par la méthode globale et ceux de 20 ans par la méthode syllabique obtiennent des scores plus hauts (respectivement 11.9 et 11.53) que ceux de 5 ans entraînés par la méthode syllabique ou ceux de 20 ans par celle globale (respectivement 7.06 et 8.50). Ces effets sont-ils significatifs ?

le test statistique pertinent pour analyser les données est l' Analyse de Variance ou ANOVA .

Dans l'exemple que nous traitons l'analyse statistique donne les résultats suivant :

	Somme des Carrés	ddl	Somme moyenne des carrés	F
Facteur Méthode	24.30	1	24.30	4.08
Facteur Age	8.53	1	8.53	1.41
Interaction M*A	464.13	1	464.13	77.85
Intra-Sujets	691.36	116	5.96	

Les probabilités qui découlent de ces valeurs de F sont respectivement :

Facteur Méthode $p = 0.05$

Facteur Age $p = 0.23$

Interaction Méthode * Age $p = 0.00$

La règle, pour donner un sens à ces résultats, est de commencer à interpréter les interactions significatives avant d'interpréter les facteurs présentant un effet significatif. Il est alors nécessaire de faire des tests post-hoc pour comparer les 4 moyennes du tableau de résultat, dans la mesure où nous n'avions pas d'hypothèse au premier abord sur l'effet de ces 2 variables. L'effet significatif sur le facteur Méthode n'est qu'un aspect de l'interaction. Les résultats des valeurs de p dans les comparaisons deux à deux des moyennes sont résumés dans le tableau suivant :

p =	M. Glob. 5 ans	M. Glob. 20 ans	M. Syll. 5 ans	M. Glob 20 ans
M. Glob. 5 ans				
M. Glob. 20 ans	0.000			
M. Syll. 5 ans	0.000	0.166		
M. Syll. 20 ans	0.952	0.000	0.000	

:

La différence est significative entre les moyennes des scores des enfants de 5 ans ayant appris par la méthode globale et celles des adultes de 20 ans ayant appris par la même méthode ou celle des enfants ayant appris par la méthode syllabique.

La différence est significative entre les moyennes des scores des adultes ayant appris par la méthode syllabique et celles des enfants de 5 ans ayant appris par la même méthode ou celle des adultes ayant appris par la méthode globale.

Ces résultats se résument en disant que la méthode globale est celle qui est la plus efficace appliquée à de jeunes enfants alors que la méthode syllabique est plus pertinente pour apprendre à lire aux adultes. Notre hypothèse est donc confirmée.

L'exemple que nous avons développé est typique pour illustrer ce qu'est une interaction entre deux facteurs

2.2. Généralisation.

Les plans factoriels peuvent mettre en jeu plus de deux facteurs à deux niveaux.

Un plan $K * L$ désigne un plan à 2 variables indépendantes la première ayant K niveau et la seconde L . Ce plan nécessiterait K multiplié par L groupe de sujets. L'attribution des sujets dans chaque groupe est tirée au sort.

Un plan $K * L * M$ est un plan à 3 variables indépendantes chacune ayant respectivement K , L et M niveaux.

Tous ces plans s'analysent avec des ANOVA. Si le nombre de variables indépendantes augmentent certaines configurations particulières peuvent nécessiter des formes adaptées d'ANOVA. C'est le cas des facteurs emboîtés ou des facteurs randomisés. Nous sortons là très largement de l'épure de ce cours.

Chapitre 5

Les Plans Expérimentaux :

Plans intra-groupes
Plans mixtes

Nous allons traiter dans ce chapitre des deux autres catégories de plans expérimentaux qui sont utilisées en recherche expérimentale clinique. Nous présenterons aussi les hypothèses qui doivent être faites sur les mesures de la variable dépendante pour utiliser les tests statistiques de la famille de l'ANOVA.

1. Les plans expérimentaux intra-groupes.

Dans ce plan, chaque sujet est soumis à tous les niveaux de la (ou des) variable indépendante. Dans une tâche de décision lexicale, l'expérimentateur présente 3 types de paires de chaînes de caractères (voir ci-dessus) à un groupe de sujets. Il va étudier l'effet d'amorçage sémantique c'est à dire la modulation du TR par les paires reliées sémantiquement et par les paires non liées. Chaque sujet sera mis en présence des trois catégories qui lui sont présentées de manière aléatoire sur un écran d'ordinateur. Dans cet exemple la variable indépendante à 3 niveaux qui sont donnés aux même sujets.

1.1. Intérêts et limites du plan intra-groupe.

Celui-ci diminue le nombre de sujets nécessaires à une étude. Par exemple dans un plan factoriel 3×2 où on inclut 15 sujets, il faudra recruter 90 sujets dans un plan inter-groupe mais seulement 15 dans un plan intra-groupe. Dans la recherche clinique, où il est toujours difficile de sélectionner un grand nombre de sujets homogènes pour une pathologie, ce plan est très largement utilisé du fait de cet effet d'économie de sujets.

Il est aussi intéressant quand le protocole expérimental exige une longue préparation du sujet. Si celui-ci prévoit d'enregistrer les activités électriques du cerveau pendant la tâche afin de mesurer la réponse électrique pour en extraire certaines composantes qui seront la (ou les) variable dépendante, il faudra poser des électrodes sur le scalp de chaque sujet. Cette période de préparation pourra durer de 30 à 45 minutes. Il est alors aussi important de réduire le nombre de sujets qui va rentrer dans le protocole.

Il diminue la variance de votre échantillon parce que chaque sujet est son propre témoin. On compare à l'intérieur d'un même sujet l'action des différents niveaux de la variable indépendante.

Mais il ne peut être utilisé quand la mise en présence d'une condition modifie le processus. Dans l'exemple utilisé dans le chapitre précédent, on ne peut pas utiliser ce plan car une fois que le sujet a appris à lire avec une méthode, cela n'a pas de sens de le soumettre à la seconde pour l'évaluer.

Enfin les méthodes statistiques qui doivent être utilisées pour analyser les résultats sont d'une grande complexité lorsque le nombre de variables ou le nombre de niveaux d'une variable dépassent 2.

1.2 Analyse statistique.

Pour analyser les résultats des mesures de la variable statistique il faut utiliser une **ANOVA à mesures répétées**.

Le principe en est le même que celui pour l'ANOVA que nous avons présentée dans le chapitre précédent. Simplement est pris en compte le fait que les mesures aient été faites sur le même sujet pour tous les niveaux de la variable dépendante. Cela conduit à répartir la Somme des Carrés Intra-Sujet en Somme des Carrés Intra-Sujet lié au Facteur intra, qui est manipulé, et à celle lié à la variabilité non spécifique dépendante des fluctuations de l'échantillon.

Prenons l'exemple d'une étude manipulant deux facteurs F_1 e F_2 chacun ayant 3 niveaux. Le tableau suivant résume les ddl inter et intra-Sujets suivant qu'on utilise une ANOVA simple ou une ANOVA à mesures répétées pour analyser des résultats portant sur un échantillon de 90 sujets pour l'ANOVA simple (10 sujets * 9 cellules) et 10 sujets pour l'ANOVA à mesures répétées.

	ANOVA simple	ANOVA à mesures répétées
	ddl _e ¹³	ddl _{aF}
	ddl _a ¹⁴	ddl _{aa}

¹³ ddle et ddlaf sont liés aux variables indépendantes (les facteurs) respectivement dans une Anova et dans une Anova à mesures répétées.

¹⁴ Ddla et ddlaa correspondent aux ddl liés aux fluctuations du hasard respectivement dans une Anova et une Anova à mesures répétées.

F1	2	81	2	18
F2	2	81	2	18
F1*F2	4	81	4	36

Remarquons que le ddl_e et le ddl_{aF} ont la même valeur dans les 2 analyses mais que celle des ddl_a ddl_{aa} diffère. Reprenons la tâche de décision lexicale dans laquelle la variable indépendante aura 3 niveaux : paires liées, paires non liées et paires neutres¹⁵. Douze sujets participent à l'étude. Les moyennes des TR pour les 3 conditions sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Paires liées	Paires non liées	Paires neutres
548.75 ms	570.83 ms	571.25 ms

Analysons ces résultats dans une Anova à mesures répétées. Le tableau suivant correspond aux résultats tels que le programme informatique l'affiche :

ddl_{aF}	SMC_{aF}	ddl_{aa}	SMC_{aa}	F	p
2	1988.194	22	441.376	4.505	0.022

On conclut donc qu'il y a une différence significative entre les trois moyennes sans pour l'instant pouvoir préciser entre lesquels des 3 niveaux. Un test post-hoc est nécessaire. Le test post-hoc indique que la différence est significative entre les moyennes de la condition liée et condition non liée à 0.017 et entre celle de la condition liée et condition neutre à 0.016. Les résultats confirment donc l'effet d'amorçage sémantique. Par contre la condition neutre n'a pas produit les effets attendus, elle s'est montrée équivalente à la condition non liée.

L'Anova à mesures répétées tient compte que les niveaux de la variable indépendante sont donnés aux mêmes sujets et que les niveaux de cette variable sont un facteur intra-sujet. A l'inverse, l'Anova simple considère que ce facteur est inter-sujet.

2. Les plans mixtes.

Le plan mixte combine l'approche inter-groupe et celle intra-groupe. Les niveaux de certaines variables indépendantes sont appliqués à plusieurs groupes de sujets alors que les niveaux des autres variables indépendantes sont assignés à tous les sujets.

¹⁵ Une paire neutre est une paire qui a toujours la même amorce. Par exemple contexte : contexte - chien, contexte - stylo Certains psycholinguistes considèrent que dans cette condition le TR doit être plus court que pour les paires non liées et plus long que pour les paires liées.

2.1. Analyse statistique.

L'analyse statistique des résultats de ce plan se fait dans des **Anova à mesures répétées**, dans lesquelles les variables indépendantes entre les sujets apparaissent comme des facteurs inter-sujets et celles à l'intérieur des sujets comme des facteurs inter-sujets. Ces analyses sont souvent complexes.

Nous allons traiter un exemple simple où nous avons un facteur à 2 niveaux inter-sujets et un facteur à 2 niveaux intra-sujet. Il s'agit d'analyser les résultats dans une tâche de décision lexicale de l'effet d'amorçage comprenant un groupe de sujets sains et dans un groupe de schizophrènes recevant un traitement psychotrope. La variable inter-sujet a deux niveaux : sujets sains et sujets schizophrènes, celle intra-sujet a deux niveaux : paires liées sémantiquement et paires non liées.

Les variables dépendantes sont le temps de réaction et le pourcentage de réponses correctes. Le tableau suivant présente les résultats de chacun des sujets dans chacune des conditions :

Sujet	Groupe	Traitement	TR liées	TR non liées	% Correct liées	% Correct non liées
Sujet n° 1	1	0	499	520	0	2
Sujet n° 2	1	0	403	430	8	4
Sujet n° 3	1	0	588	592	0	4
Sujet n° 4	1	0	535	528	2	4
Sujet n° 5	1	0	591	596	0	6
Sujet n° 6	1	0	611	618	0	8
Sujet n° 7	1	0	544	562	2	0
Sujet n° 8	1	0	495	547	6	8
Sujet n° 9	1	0	563	639	4	8
Sujet n°10	1	0	609	633	0	0
Sujet n° 1	2	1715	774	771	6.7	4.8
Sujet n° 2	2	70	661	669	2	2
Sujet n° 3	2	850	814	827	4	0
Sujet n° 4	2	600	692	692	4	6
Sujet n° 5	2	2750	663	667	0	0
Sujet n° 6	2	850	652	658	0	4
Sujet n° 7	2	600	754	759	10	18
Sujet n° 8	2	300	524	529	4	8
Sujet n° 9	2	250	718	714	16	33

Sujet n°10	2	350	540	518	12	8
------------	---	-----	-----	-----	----	---

La deuxième colonne indique le groupe de chaque sujet 1 pour les sujets sains, 2 pour les patients schizophrènes. La troisième colonne énumère le traitement des patients en équivalent chlorpromazine. Cela permet de quantifier le traitement de chaque patient. Les sujets de contrôle se voient attribuer la note zéro. Les 4 dernières colonnes donnent les scores du TR et de % de réponses correctes dans la condition liée et non liée.

Remarquons que chaque sujet occupe une ligne du tableau (Facteur inter-sujet) et que les 4 dernières colonnes correspondent aux deux niveaux des deux variables dépendantes (Facteur intra-sujet). La troisième colonne sera utilisée plus tard lorsque l'analyse de covariance sera discutée.

Nous allons d'abord analyser les résultats des TR dans une Anova à mesures répétées. Le tableau suivant donne les résultats tel que le logiciel statistique le produit :

Facteur	ddl _f	SMC _f	ddl _a	SMC _a	F	p
Groupe	1	155500.9	18	13173.06	11.804	0.003
Lien	1	1416.1	18	176.64	8.017	0.011
G*L	1	1166.4	18	176.64	6.603	0.019

Il faut, tout d'abord interpréter l'interaction groupe par lien. Il s'agit là d'une règle générale d'interprétation : **Les effets significatifs des interactions de facteurs s'interprètent avant celle des facteurs qui la composent.**

Pour interpréter ce résultat il est nécessaire de faire un test post-hoc. Le tableau suivant montre ce que le logiciel calcule :

	Contrôle Paires liées	Contrôle Paires non liées	Patient Paires liées	Patient Paires non liées
	543.8	566.5	679.3	680.4
Contrôle Paires liées	–			
Contrôle Paires non liées	0.012	–		
Patient Paires liées	0.000	0.000	–	

Patient Paires non liées	0.000	0.000	0.998	–
-----------------------------	-------	-------	-------	---

Lorsqu'une interaction est significative il faut tout d'abord à l'interpréter en fonction de nos hypothèses. Dans le cas présent, conformément à l'hypothèse que les patients schizophrènes ne présenteront pas ou peu d'effet d'amorçage, on remarque que seul le groupe de contrôle montre un effet significatif (liées : 643.8, non liées : 566.5 ms, $p = 0.012$) (patients liées 679.3, non liées : 680.4, $p = 0.99$). **L'interaction indique que l'effet d'une variable n'est significatif que dans un niveau de l'autre variable ou que l'effet de cette variable a un sens opposé dans les 2 niveaux de l'autre variable.** Il est souvent nécessaire de la représenter graphiquement pour comprendre son sens. Cela est plus vrai si le nombre de niveaux ou de variables augmente.

Notre exemple montre que l'effet de lien qui est un effet principal (liées : 611.55, non liées : 623.45 ms, $p = 0.011$) doit être interprété dans le cadre de l'interaction. Il est significatif seulement dans le groupe de contrôle.

De plus l'interaction indique aussi que la moyenne des TR des sujets de contrôle est significativement différente de celle des patients quelles que soient les conditions (liées : $p = 0.000$, non liées : $p = 0.00$). Il est possible de calculer ces 2 moyennes à partir du tableau des résultats en faisant d'une part la moyenne des nombres des colonnes TR liées, TR non liées pour le groupe codé 1 et d'autre part celle pour le groupe codé 2. Ces moyennes sont égales respectivement 555.15 et 679.85 ms. L'effet principal du facteur Groupe s'interprète ainsi dans l'interaction.

2.3. Limites de l'utilisation des Anova et des test t.

Le modèle mathématique qui sert de base aux calculs effectués par l'Anova suppose que les variables dépendantes respectent plusieurs assomptions. Nous allons présenter ses hypothèses et la conduite à tenir si les mesures de la variable dépendante ne les respectent pas.

2.3.1. L'indépendance des mesures.

Les mesures doivent être indépendantes les unes des autres. Pour 2 mesures prises dans le même protocole expérimental la connaissance de la première n'influence pas la détermination de la seconde. Dans l'expérience sur l'effet des différentes méthodes sur l'apprentissage de la lecture, rapportée dans le chapitre précédent, si pour un sujet l'évaluation de ses capacités est égale à 15 et si pour le sujet suivant la note est 10. Le score du premier sujet n'indique rien sur la note du second sujet. D'une manière générale, si les sujets ont été inclus par tirage au sort et si on ne prend qu'une seule mesure par sujet alors l'hypothèse est vérifiée. **Le problème se rencontre, le plus souvent, quand on mesure plusieurs variables dépendantes.**

Par exemple, dans un protocole expérimental d'apprentissage 5 mesures sont prises sur le même sujet. Supposons que les résultats d'un sujet soient 10, 8, 6, 5, et 4 et que la plupart des sujets présentent ce patron de résultats. Il est clair que les mesures prises sur un sujet ne sont pas indépendantes.

Dans ces cas, l'utilisation d'Anova pour analyser ces données conduirait à des erreurs graves d'estimation des ddl et de F. La valeur de p sera alors parfaitement arbitraire.

Dans le cas où l'hypothèse ne serait pas vérifiée ces données doivent être traitées statistiquement avec une autre méthode. **Les tests non paramétriques peuvent être une solution dans le cas d'une seule variable dépendante. Dans tous les autres cas, il faut traiter les données dans une Manova.** Il existe une autre solution applicable à l'exemple précédent. Elle consiste à faire la moyenne des 5 notes et à prendre cette valeur comme mesure de la variable dépendante. Ainsi on se limite à une seule variable qui reflète les 5 autres.

Dans le cas d'Anova à mesures répétées et si on ne mesure qu'une seule variable dépendante, l'hypothèse d'indépendance prend un sens différent : elle postule que la différence entre les mesures prises chez le même sujet est indépendante de celle prise sur un autre sujet.

2.3.2. La distribution de la mesure de la variable dépendante suit une loi normale.

Cela veut dire que les mesures de chaque échantillon prises dans chaque condition expérimentale ou (et) chez chaque sujet suivent une loi normale¹⁶. Pour vérifier cela, il faut faire les histogrammes des résultats de chacune des conditions (chaque niveau de la variable indépendante présentée intra-sujet) ou (et) de chacun des groupes (chaque niveau de la variable indépendante présentée inter-sujet) et regarder si la moyenne distribue les scores de manière symétrique. Une option dans les logiciels de statistique permet de vérifier cela très rapidement.

La violation de cette hypothèse a des conséquences mineures sur les résultats statistiques dans la plupart des cas. C'est à dire si c'est la seule hypothèse qui n'est pas respectée. **Dans les cas où les échantillons ne sont pas égaux ou si les variances sont très différentes alors il faudra être très prudent dans l'interprétation des résultats statistiques ou choisir un test non paramétrique.** On dit que l'Anova est robuste face à l'assomption de normalité.

2.3.3. L'égalité des variances ou homogénéité de la variance.

La variance de chacun des niveaux des variables indépendantes doit ne pas être trop différente. Les histogrammes des résultats permettent de vérifier ce point. Les logiciels statistiques permettent aussi de vérifier cela de différentes façons.

¹⁶ La loi normal indique que la distribution des scores d'un échantillon se répartie de manière symétrique autour de la moyenne et que cette dernière n'est pas trop différente de la médiane calculée sur le même échantillon.

L'Anova est robuste face à cette hypothèse. Les remarques faites dans le paragraphe précédent s'appliquent là encore.

Dans la pratique, au-delà de 2 niveaux de la variable indépendante cela n'est jamais vérifié. Il est alors nécessaire de traiter les données dans des **Manova**.

2.3.5. *Conséquences pratiques de ses contraintes.*

Nous pouvons résumer les conséquences de ces assumptions ainsi :

2.3.5.1. **Dans un plan inter-groupe :**

Une seule variable dépendante :

Variables indépendantes à 2 niveaux ou plus : Traiter les données dans une ANOVA simple.

Plusieurs variables dépendantes :

Variables indépendantes à 2 niveaux au plus : Traiter les données dans une Manova.

2.3.5.2. **Dans un plan intra-groupe :**

Une seule variable dépendante :

Variables indépendantes à 2 niveaux : Traiter les données dans une Anova à mesures répétées.

Variables indépendantes à plus de 2 niveaux : Traiter les dans une Manova à mesures répétées.

Plusieurs variables indépendantes :

Variables indépendantes à 2 niveaux ou plus : Traiter les données dans une Manova à mesures répétées.

2.3.5.3. **Dans un plan mixte :**

Il convient de combiner les règles précédentes suivant le nombre de variables dépendantes et indépendantes.

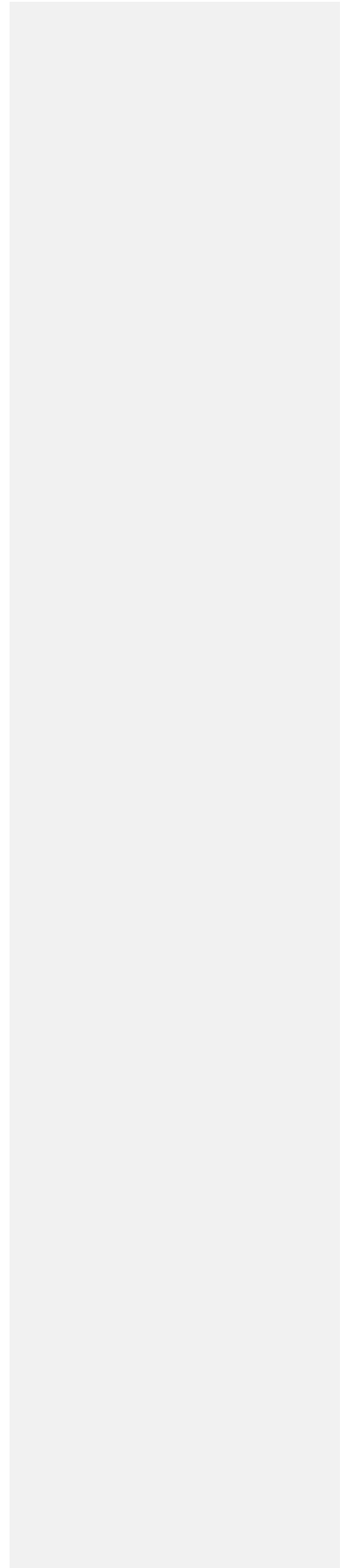
Dans la recherche clinique, les plans mixtes sont très généralement utilisés. Il convient de formuler ses hypothèses de façon suffisamment rigoureuse afin de limiter le nombre de variables dépendantes. Sinon on est confronté à devoir utiliser des analyses statistiques dont

le niveau de complexité est trop important. Rappelons qu'il est parfois utile de faire la moyenne de certaines variables dépendantes pour en réduire le nombre.

En conclusion la méthode statistique pertinente pour analyser des données dépend et du plan expérimental et des hypothèses que l'on veut vérifier. Elle se détermine avant toute expérience en fonction des assomptions qui sous-tendent les tests utilisés. Remarquons que le choix de la variable dépendante a aussi une influence sur le choix de ces analyses. Si on la choisit, en fonction de la littérature, de telle sorte qu'elle suive une loi normale ou qu'elle vérifie l'égalité des variances, on se met dans de meilleures conditions pour le traitement statistique.

Chapitre 6

Publier ses résultats



Nous avons vu, dans les chapitres précédents, qu'une recherche scientifique commence par poser un problème. Celui-ci doit pouvoir se formuler sous forme d'une ou plusieurs questions. Les hypothèses sont les solutions possibles que l'on se propose de vérifier.

L'étape suivante consiste à tester la validité de ces hypothèses. Il s'agit de construire un protocole expérimental qui permet d'obtenir des résultats dont l'analyse statistique évalue le niveau de leur significativité. Ces résultats se présentent sous la forme d'un rapport des résultats. La comparaison entre les hypothèses (quels devraient être les résultats ?) Et le rapport des résultats (les résultats sont ...) permet de conclure en acceptant ou en rejetant les hypothèses qui avaient été formulées. La dernière étape consiste à discuter comment ces résultats peuvent être généralisés.

Nous allons maintenant décrire les différentes étapes par lesquelles passe une recherche utilisant la méthode expérimentale.

1. La Formulation de la question.

Ce paragraphe résume certains des éléments que nous avons exposés dans les chapitres précédents et apporte de nouvelles indications. Cette étape permet de réunir ce qui est nécessaire à la rédaction de l'introduction d'un article dans lequel seront publiés les résultats du travail scientifique effectué.

1.1. Définir un titre.

Le titre qui est l'en tête d'une publication, que se soit un mémoire ou un article, doit donner en une dizaine de mots les renseignements nécessaires pour situer le travail dans le champ de la recherche. Il permet au lecteur de le situer dans une problématique et de décider s'il va le lire ou passer son chemin. Il faut qu'il suscite l'intérêt par son originalité et sa concision.

Il doit aussi résumer ce qui a été fait dans l'étude. Le lecteur doit se faire rapidement une idée des conclusions auxquelles ont conduit les résultats.

Le titre et le nom des auteurs sont souvent la seule information dont on va disposer à la suite d'une recherche bibliographique. Cela montre la nécessité que le titre apporte suffisamment de renseignements. De plus, lorsque la bibliographie est faite par moyens informatiques, le choix des articles retenus dépend des mots clefs qui ont été utilisés. Il est donc important que certains des mots utilisés dans le titre soient semblables à ceux des mots clefs les plus usités.

1.2. Le résumé.

La plupart du temps la publication des résultats va nécessiter un résumé de 100 à 200 mots qui synthétise votre papier. Son but est de donner un aperçu général du travail afin que le lecteur décide s'il va prendre le temps de lire votre publication. Ainsi cela évite de lire la moitié d'un article avant de s'apercevoir qu'il ne correspond pas à ce que vous aviez compris en lisant le titre.

Le résumé permet de se faire une idée sur le but, la méthodologie, et le résultat d'une recherche. Il doit être écrit avec concision et déjà donner les points principaux qui seront développés par la suite.

1.3. Définir le problème.

La question que l'on a décidé d'aborder, se formule d'une manière explicite et générale en quelques phrases. Le lecteur doit comprendre rapidement quel est le modèle théorique utilisé pour poser le problème. S'il s'agit d'un modèle récent et peu connu, il doit être présenté complètement avec les références bibliographiques majeures.

Il faut aider le lecteur à saisir comment vous êtes arrivé à vos hypothèses et quelles sont les expériences que vous comptez faire.

1.4. Etat de la question.

La publication doit indiquer quel est l'état de savoir sur le problème que l'on va traiter au moment où on engage ses propres travaux. Il faut faire la description des différentes positions qui ont cours sur la question ainsi que des faits empiriques sur lesquels elles s'appuient. Le travail rentre-t-il dans une controverse ? Propose-t-il d'en élucider certains aspects ?

Il est utile d'exposer l'importance du sujet en rapport à l'état des connaissances du moment et comment il se relie aux grandes interrogations scientifiques.

1.5. Formuler des hypothèses.

. Il faut comprendre qu'il y a une progression, dans l'exposé, d'une description générale d'une question à des hypothèses spécifiques. Il s'agit là de donner, explicitement, les hypothèses qui vont être testées comme solution possible au problème.

2. Méthodologie :

Cette partie sert à décrire en détail comment le travail expérimental a été fait. Il doit permettre au lecteur d'avoir suffisamment de renseignements pour pouvoir refaire exactement l'expérience. La description de la manière dont vous avez procédé autorise un autre chercheur à soulever des questions sur votre protocole auxquelles vous n'avez pas pensé.

2.1. la méthode de sélection des sujets.

Habituellement on décrit les sujets qui sont rentrés dans l'étude. De qui s'agit-il ? De patients ou d'étudiants ? Il est nécessaire de préciser combien de sujets sont rentrés dans le protocole avec quels critères d'inclusion et d'exclusion. Comment s'est fait l'attribution dans les groupes ? Par tirage au sort ? Par appariement ? En fonction de critères cliniques ?

Dans les cas où des groupes cliniques sont constitués, il est utile de préciser les critères diagnostiques utilisés, les échelles d'évaluation utilisées. Les diagnostics ont-ils été portés par des cliniciens extérieurs à l'étude ? S'ils étaient plusieurs pour faire l'évaluation de chaque patient quel est le niveau de corrélation de leur jugement ? Les critères de sortie de l'étude doivent être explicités et le nombre de sujets qui en sont sortis.

Si on utilise un groupe de contrôle, comment a-t-il été constitué ?

Enfin un tableau récapitulatif des caractéristiques des sujets dans chaque groupe est fourni précisant leurs caractéristiques socio-démographiques et cliniques.

2.2. La définition des variables.

Les variables indépendantes qui vont être manipulées dans le protocole ainsi que les variables dépendantes qui vont être mesurées sont présentées.

Ensuite les variables externes qui peuvent modifier les résultats sont décrites. On explicite les moyens que l'on a choisis pour contrôler l'effet de chacune.

2.3. La description du plan expérimental.

Il convient de définir de quelle manière les sujets seront mis en présence des différents niveaux de la ou des variables indépendantes, afin que l'on puisse statuer sans ambiguïté sur le rôle de cette ou de ces variables. Quelles sont les variables inter-groupes ? Les variables intra-groupe ? S'agit-il d'un plan inter-groupe, intra-groupe ou mixte ?

2.4. La définition du protocole expérimental.

Dans ce paragraphe on expose quels sont les caractéristiques des stimuli qui sont délivrés aux sujets ainsi que la manière dont ils ont été constitués et qu'ils seront présentés aux sujets.

Dans une tâche de décision lexicale, on donnera la durée de présentation des stimuli, la valeur du SOA entre le mot amorce et cible, l'intervalle inter-stimuli (la durée entre deux mots amorces). On expliquera aussi comment les listes de paires de stimuli ont été confectionnées.

On indique également comment les réponses seront recueillies, quelles seront les fenêtres de mesure des réponses, les critères de rejet de ces réponses.

Enfin on explique quelles sont les consignes de l'expérience et comment elles sont transmises aux sujets ainsi que les conditions de passation des différentes tâches.

2.5. La description des appareils utilisés.

Dans la plupart des protocoles expérimentaux, des appareils sont utilisés pour présenter les stimuli et enregistrer les réponses. Il faut décrire ces appareils ainsi que les réglages qui sont utilisés pour l'expérience.

En particulier, dans les travaux qui utilisent les techniques psychophysiologiques, on précise les conditions d'enregistrements des événements bio-électriques qui seront mesurés (bande passante des amplificateurs, position et impédance des électrodes, technique de filtrage du signal, sa fréquence d'échantillonnage).

2.6. Le choix de la méthode statistique.

Le chapitre méthodologique se termine par la présentation des tests statistiques que l'on va utiliser pour accepter ou rejeter l'hypothèse nulle. On va, à priori, déterminer les procédures statistiques pertinentes suivant les hypothèses formulées et le plan expérimental utilisé. Le niveau de signification pour les effets principaux et les interactions sera aussi choisi à ce moment.

3. Les résultats.

L'objectif de cette partie est de présenter les résultats des expériences et de dire si ces résultats sont significatifs ou non du point de vue statistique. Classiquement des tableaux des graphiques ou des figures permettent au lecteur de visualiser vos résultats.

On choisit de présenter certains de ces résultats soit dans le texte écrit, soit par les illustrations qui viennent d'être évoquées. La règle est la suivante : un même résultat n'est pas présenté sous 2 formes différentes. Suivant l'importance que vous leur accordez vous utilisez l'un des moyens de présentations. De plus les abréviations sont explicitées en bas des tableaux, des graphiques ou des figures. Les titres des illustrations sont explicatifs. Utilisez les mêmes échelles pour toutes les figures, les mêmes mises en page pour tous les tableaux. Vérifiez que l'échelle utilisée pour un graphique montre clairement le phénomène que vous voulez mettre en évidence. Dans le cas d'un article, chacune des illustrations doit être faite sur une feuille séparée avec un renvoi dans le texte écrit.

A chacune des hypothèses de l'introduction doit correspondre un ou des résultats et leurs statistiques. Le lecteur doit clairement pouvoir faire la part de celles qui sont vérifiées ou non. Sauf exceptions, on ne rapporte que les effets significatifs qui sont liés aux hypothèses.

4. La discussion.

Dans cette partie vous êtes libre d'examiner, d'interpréter vos résultats et de tirer les conséquences de ceux-ci.

Classiquement, la discussion comprend trois parties.

Dans la première, vous présentez vos principales trouvailles. Il convient de formuler comment on peut remonter des résultats aux hypothèses de l'étude.

Ensuite vous attirez l'attention sur les limites de votre travail. Peut-il exister des explications alternatives à mes résultats qui rendraient compte de ce que j'ai observé ? Mes variables indépendantes sont-elles la cause profonde de ce que j'ai étudié ? Certaines variables externes, que je n'ai pas pensé à contrôler, ont-elles pu contaminer mes résultats ? Vous devez alors réinterpréter ceux-ci en fonction de ceux-là. Vous indiquez aussi comment ces résultats peuvent être généralisés : en fonction de la manière dont les sujets ont été sélectionnés dans chaque groupe de pouvoir généraliser les résultats à l'ensemble de la population. Cela dépend, en outre de la représentativité de vos échantillons. On hésite parfois à inclure ces points dans la discussion de peur de réactions critiques face au travail. C'est un

point essentiel de la discussion qui montre que l'auteur est capable de reconnaître les limites de son étude. Cela joue en sa faveur.

Dans la dernière partie, vous allez confronter vos résultats à ceux des autres travaux publiés dans le même domaine et expliquer en quoi ils sont semblables ou différents. De plus vous avez à expliquer en quoi votre travail accroît la compréhension des phénomènes que vous venez d'étudier et prend place dans le champ des connaissances scientifiques.

Alors que vos résultats sont là pour toujours, les interprétations de ceux-ci fluctueront en fonction de la compréhension plus profonde que vous acquerrez du phénomène, au cours du temps et de l'expérience.

5. Guide pour la lecture d'un article scientifique.

Dans ce paragraphe, nous allons donner quelques conseils pour lire un article de manière critique. Nous suggérons de lire une partie après l'autre et de vous arrêter pour répondre aux questions suivantes.

5.1. Introduction.

Où veut en venir l'auteur ? Que veut-t-il démontrer ?

Quelles sont les hypothèses testées ?

Si j'avais à mettre au point un protocole expérimental pour répondre à ces hypothèses, que ferais-je ?

Il est indispensable que vous répondiez à ces questions avant d'aller plus loin et que vous rédigiez vos idées principales sur les moyens que vous compteriez utiliser.

5.2. Méthodologie.

Comparer vos réponses à celles que l'auteur développe dans cette partie. La plupart du temps il y aura des différences. Dans ce cas répondez aux questions suivantes :

Les solutions proposées par l'auteur sont-elles meilleures que les miennes ?

Est-ce que les solutions, proposées par l'auteur, testent réellement les hypothèses ?

Quelles sont les variables dépendantes, indépendantes et de contrôle qu'utilise l'auteur ?

Si j'avais utilisé le même contexte (mêmes sujets, appareils et protocole expérimental) à quels résultats dois-je m'attendre ?

Avant de passer à la partie suivante rédigez quels sont vos pronostics sur les résultats qui sont attendus.

5.3. Résultats.

Comparer vos prédictions aux résultats trouvés par l'auteur. Si elles diffèrent répondez à la question suivante sinon passer à la deuxième question.

Comment expliquez ce désaccord ? Où est-ce que j'ai pu commettre une erreur de raisonnement ? Pourquoi les résultats de l'auteur ne sont-ils pas crédibles ?

Comment vais-je interpréter ces résultats ?

Noter par écrit les réponses à la dernière question avant de lire la section discussion de l'article.

5.4. Discussion.

Comparer les réponses fournies à la question précédente avec les interprétations de l'auteur et répondre, à l'une des deux questions suivantes.

Pourquoi n'avais-je pas pensé à cette interprétation ?

Pourquoi l'auteur n'a-t-il pas pensé à cette interprétation ?

Bibliographie

Beauvillain C., Segui J, (1983); Rôle du contexte dans la décision lexicale: rapidité d'établissement d'une facilitation sémantique, *L'Année Psychologique*, 39, 789-794.

Besche C. (1994). Etude des traitements syntaxique et sémantique chez des sujets schizophrènes, *Mémoire de DEA de Psychologie des Processus Cognitifs*, Université Paris VIII.

Canguilhem G. (1966). *Le normal et le pathologique*, Paris, Presses Universitaires de France.

Chapin K., Vann L.E., Lycaki H., Josef N., Meyendorff E., (1989). Investigation of the associative network in schizophrenia using the semantic paradigm, *Schizophrenia Research*, 2, 355-360.

Duboc J. (1994). Expérience d'amorçage sémantique dans le groupe des schizophrénies, *Mémoire de l'Ecole des Psychologues Praticiens*, Paris.

Georgieff N. (1993). Eléments d'une approche théorique et expérimentale cognitive du langage en psychopathologie, *Thèse de Doctorat des Sciences de la Vie*, Université de Lyon I.

Kwapil T.R., Hegley D.C., Chapman I.J., Chapman J.P., (1990). Facilitation of word recognition by semantic priming in schizophrenia, *Journal of Abnormal Psychology*, 99, 3, 215-221.

Lafont-Rapnouil S. (1996). Evaluation de l'activité cérébrale de sujets schizophrènes, confrontés à une tâche de décision lexicale, à l'aide des potentiels évoqués cognitifs, *Mémoire de DEA de Neurobiologie et Psychopathologie du développement et des comportements*, Université Paris VI.

Mannschreck T.C., Maher B.A., Milavetz J.J., Ames D., Weisstein C.C. Schneyer M.L. (1988). *Semantic priming in thought disordered schizophrenic patients*, *Schizophrenia Research*, 1, 61-66.

Maurice J. (1997). Un sanctuaire de la science en marche, *La Recherche*, 300, 118-123.

Meyer D.E., Schvaneveldt R.W., (1971). Facilitation in recognizing pairs of words : Evidence of a dependance between retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology*, 90, 2, 227-234.

Nartowski M. (1997). Etude électrophysiologique de l'effet de la structuration du contexte sur les processus élémentaires d'intégration sémantique chez des patients schizophrènes, *Mémoire de DEA de Neurobiologie et Psychopathologie du développement et des comportements*, Université Paris VI.

Passerieux C. (1994). Décision lexicale et schizophrénie, *Thèse de Doctorat des Sciences de la Vie*, Université Paris VI.

Vinogradov S., Ober B.A., Shenaut G.K. (1992). Semantic priming of word pronunciation and lexical decision in schizophrenia, *Schizophrenia Research*, 8, 171-181.

Lectures recommandées:

Blanchet A. Et coll., *Recherches sur le langage en psychologie clinique*, Dunod, Paris.

Falissard B. (1996), *Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie*, Masson, Paris.

Robert M. et coll. (1984), *Recherche scientifique en psychologie*, Maloine, Paris.

ANNEXE

¹Le exemple que nous avons pris au paradigme expérimental de **décision lexicale** que nous allons décrire maintenant :

On présente à un sujet sur un écran d'ordinateur une suite de lettres appelée **stimulus cible** constituant ou non un mot appartenant à la langue française. (Exemple table / rifot). La consigne est de demander au sujet de répondre le plus rapidement possible s'il s'agit d'un mot ou non en appuyant sur la touche "oui" (main dominante) ou "non" (main non dominante). La présentation du stimulus cible (celui auquel le sujet doit donner une réponse) est précédée par la présentation d'un **stimulus amorce** qui a un lien sémantique ou non avec lui. Le chercheur va étudier l'effet de ce stimulus amorce sur le temps de réponse du sujet suivant que celui-ci présente ou non ce type de lien. On appelle cet effet **effet d'amorçage sémantique**.

Le matériel expérimental est constitué de 3 types de listes de stimuli :

- 1) liste de **paires** de mots **reliés sémantiquement**, par exemple 50 paires formées sur le modèle chien - chat.
- 2) liste de **paires** de mots sans lien sémantiques (mots **non liés sémantiquement**), par exemple 50 paires formées sur le modèle stylo - chat.
- 3) liste de **paires** de stimuli dont le stimulus cible est un pseudo-mot (**mot pseudo-mot**), par exemple 100 paires formées sur le modèle stylo - ravure.

Il est nécessaire que le nombre attendu de réponses "oui" et de réponses "non" du sujet soit égal c'est à dire que le nombre de paires liées sémantique (50) et de paires non liées (50) soit égal au nombre de paires mot pseudo-mot (100).