

**EXERCICE I :** (Extraits de lecture)

Déterminer la ou les VI et VD éventuelles concernant les extraits de lecture suivants :

- a) Le degré de violence d'un événement modifie sa perception.
- b) C'est dans les vieux chaudrons qu'on fait la meilleure soupe.
- c) L'impact d'un discours est d'autant plus fort que l'orateur est charismatique.
- d) L'agressivité est une fonction croissante du degré de frustration.

**EXERCICE II :**

Deux écoles forment, avec des méthodes différentes, des experts en peinture. Chaque expert a l'une des trois spécialités : classique, impressionnisme ou cubisme. On choisit dans chaque école  $n$  expert(s). Devant chaque expert on expose un nombre, compris entre 10 et 20, de tableaux de sa spécialité, et ceci pendant un temps fixé. On juge la qualité d'un expert à la proportion de faux tableaux qu'il découvre.

1) A partir de quelle valeur de  $n$  peut-on envisager des plans d'expérience?

Dans toute la suite on supposera cette condition réalisée.

2) Donner la variable dépendante, les variables indépendantes ainsi que leurs modalités. Y a-t-il des variables indépendantes provoquées? invoquées?

3) Le temps d'exposition des tableaux est-il une variable indépendante? Pourquoi le fixe-t-on à une valeur donnée?

4) Y a-t-il des variables indépendantes confondues?

**EXERCICE III :** (Extraits de lecture)

Déterminer la ou les VI et VD éventuelles concernant les extraits de lecture suivants :

- a) Code de la route : Le taux d'alcoolémie ralentit les réflexes.
- b) Art culinaire : L'harmonie d'une sauce avec le plat qu'elle accompagne est une question d'arôme et de couleur.
- c) Anti-inflammatoire : Ce médicament, bien toléré en général, peut néanmoins entraîner, selon la dose et la durée du traitement mais aussi en association avec d'autres substances, des effets plus ou moins gênants tels que ...
- d) L'enfant devant la télévision (identification au héros) : Il semblerait donc que l'enfant porte d'avantage d'attention à l'aspect moral et au caractère victorieux (du héros auquel il s'identifie) plutôt qu'aux traits physiques.

**EXERCICE IV :**

En vue d'étudier la contribution des voitures à la pollution atmosphérique, on réalise l'expérience suivante : Dans la production de chacun des cinq constructeurs automobiles on choisit trois gammes (bas de gamme, gamme moyenne et haut de gamme). Dans chaque gamme on choisit quatre voitures neuves et quatre voitures de plus de cinq ans. Chaque voiture utilise comme carburant soit de l'essence soit du gaz.

1) Donner la variable dépendante et les cinq variables indépendantes ainsi que leurs modalités.

2) Ecrire le plan d'expérience à l'aide des relations de croisement et d'emboîtement.

3) Que devient ce plan si toutes les voitures peuvent utiliser indifféremment l'essence ou le gaz?

**EXERCICE V :**

Quatre groupes d'élèves appartenant à quatre classes A, B, C et D ont passé un test noté. Les résultats sont les suivants :

groupe A : 6, 3, 7, 5, 4

groupe B : 8, 8, 5, 6, 7, 6, 2

groupe C : 7, 4, 8, 6, 5, 9

groupe D : 4, 3, 6, 3

Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner le plan d'expérience. Ce plan est-il équilibré ?

### EXERCICE VI :

Une expérience est décrite par le plan équilibré quasi-complet suivant :  $S_8 \times A_2 \times B_2 \times C_2$  où :  $S$  est le facteur sujet, à effets aléatoires et 16 modalités (16 sujets en tout).

$A$  est le facteur tâche secondaire, à effets fixes et à deux modalités : tâche gestuelle et tâche vocale.

$B$  est le facteur tâche principale, à effets fixes et à deux modalités : tâche de motricité et tâche d'attention.

$C$  est le facteur session, à effets fixes et à deux modalités : session N°1 et session N°2.

La variable dépendante  $Y$  est la mesure de la différence de la performance accomplie lors de l'exécution de la tâche secondaire seule et de la performance accomplie lors de l'exécution de la tâche secondaire simultanément avec la tâche principale.

1) Combien a-t-on d'observations en tout ?

2) Proposer un tableau permettant de recueillir ces observations

3) Décrire par un texte de quelques lignes l'expérience en question. Votre texte ne doit pas comporter des mots et des allocutions spécifiques à la méthodologie et à la statistique.

**Mots et allocutions interdits :** Facteur, variable indépendante, variable dépendante, emboîtement, emboîtant, croisé, croisement, aléatoire, effets aléatoires, effets fixes, modalités, équilibré, complet, quasi-complet, mixte, plan.

### EXERCICE VII :

Pour étudier l'effet du délai de la pratique de l'oral au début de l'apprentissage d'une deuxième langue, on construit l'expérience suivante :

On choisit un échantillon de 3 collèges. Dans chaque collège, on constitue deux groupes de 5 élèves : un groupe qui commence la pratique de l'oral (AD) après un délai de 4 semaines, l'autre groupe commence immédiatement (SD). Après les six semaines d'enseignement, les élèves sont évalués par une épreuve de compréhension.

1) Quelle est la nature de chaque facteur mis en jeu ?

2) Donner la formule du plan

### EXERCICE VIII :

Dans une expérience les sujets doivent restituer des mots après avoir visualisé une liste de 20 mots. On compte le nombre de mots correctement restitués. 60 sujets sont répartis en deux groupes de 30 selon le type d'affichage des mots à restituer (écran d'ordinateur ou rétro projection). A chaque groupe on associe trois épreuves de restitution (restitution orale, écrite et dessinée), chaque sujet ne passe qu'une seule de ces épreuves.

1) Décrire les facteurs mis en jeu, donner les relations entre ces facteurs et en déduire la formule du plan d'expérience.

2) L'expérimentateur veut tenir compte du sexe des sujets et choisit 30 garçons et 30 filles et les répartit de façon équilibrée de telle manière à avoir autant de filles que de garçons par groupe d'affichage des mots mais aussi par épreuve de restitution.

a) Donner la nouvelle formule du plan d'expérience.

b) Combien y a-t-il de filles par groupe d'affichage ? Par épreuve de restitution ?

c) Tracer un tableau (vide !) destiné à recueillir les données de l'expérience.

3) Dans chaque groupe et pour chaque sujet on présente la liste de 20 mots de la manière suivante : 10 mots sont affichés dans le champ visuel droit, les 10 autres dans le champ visuel gauche. Donner la nouvelle formule du plan d'expérience.

### EXERCICE IX :

Un expérimentateur veut étudier l'effet de la consommation de lécithine sur les troubles de mémoire. Il choisit 4 sujets auxquels il administre le traitement quotidien. Au bout d'un mois, de deux mois et de six mois de traitements, il fait passer à chaque sujet deux tests. Le premier test (test 1) est le même chaque mois, le deuxième test (test 2) est une forme parallèle chaque mois.

Sujet	Test 1			Test 2		
	mois 1	mois 2	mois 6	mois 1	mois 2	mois 6

- 1) Donner la formule du plan.  
Quelle est la nature de chaque facteur introduit dans votre formule de plan?

### EXERCICE X :

Dans l'expérience sur la mémorisation des programmes informatiques, l'expérimentateur choisit un groupe de 8 débutants et un groupe de 8 étudiants avancés. Chaque sujet doit reproduire les 50 lignes d'un programme et on note le nombre de lignes reproduites correctement. Chaque sujet réalise 5 essais. Nous ne considérons ici que le premier et le cinquième essai.

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner la formule du plan.  
2) Chaque groupe d'étudiants est en fait divisé en deux groupes. Les étudiants de 1 à 4 doivent apprendre une version réaliste du programme, les étudiants de 5 à 8 doivent apprendre une version irréaliste du programme.  
a) Donner la formule du nouveau plan d'expérience.  
b) Identifier les différentes sources de variation

### EXERCICE XI :

Pour comparer différentes façons d'introduire les opérations sur les ensembles, une expérience est menée auprès d'élèves de CM2 et de 5<sup>ème</sup>. Dans chacun des quatre quartiers correspondant à des milieux socio-économiques différents, une école primaire et un collège sont sélectionnés. Chaque établissement est représenté par une classe. Dans chaque classe on présente à chaque élève deux séries d'exercices. La première série est composée d'exercices utilisant des formes géométriques familières (carrés, triangles), la deuxième des formes quelconques (patates). Les élèves de chaque classe sont répartis de façon aléatoire en deux groupes. Chacune des deux séries présentées au premier groupe est composée d'exercices similaires, alors que chacune des deux séries présentées au deuxième groupe est composée d'exercices tous différents. Pour chaque série d'exercices, l'élève reçoit une note globale.

- 1) Quels sont les différents facteurs de variation que l'on peut identifier dans cette expérience? Donner leurs modalités. Préciser ceux qui sont provoqués, et ceux qui sont invoqués.  
2) Y a-t-il des facteurs confondus ?  
3) Etudier les relations de croisement et d'emboîtement entre les facteurs.  
4) Les facteurs croisés deux à deux sont-ils croisés dans leur ensemble ?  
5) Décrire le plan d'expérience à l'aide de formules utilisant les facteurs que vous avez identifiés.

### EXERCICE XII :

Afin d'évaluer la charge mentale apportée lors d'un travail, la méthode dite de la tâche ajoutée consiste à demander au sujet de réaliser en même temps que son travail habituel (tâche principale) une autre tâche (tâche ajoutée). On évalue alors la charge mentale en comparant l'exécution de la tâche ajoutée lorsqu'elle est exécutée seule ou bien lorsqu'elle est exécutée en même temps que la tâche principale. Un indice de charge mentale est alors fourni par une mesure de la détérioration de l'exécution de la tâche ajoutée.

- Un expérimentateur veut examiner un tel indice dans la situation expérimentale suivante :  
Il retient deux types de tâches principales : un test d'habileté motrice et un test d'attention.  
Il retient deux types de tâches ajoutées de la catégorie « production d'intervalles » :  
- Une tâche gestuelle : appuyer régulièrement avec le pied sur une pédale

- Une tâche vocale : émettre régulièrement un son.

16 sujets participent à l'expérience, 8 sont soumis à la tâche gestuelle et 8 à la tâche vocale. L'expérience se déroule en deux sessions. Au cours de chaque session, chaque sujet exécute la tâche ajoutée seule, puis chacune des deux tâches principales simultanément à la tâche ajoutée. L'ordre de passation des tâches principales est contrebalancé entre la première session et la deuxième et entre les sujets.

- 1) Quelle est la variable dépendante? Combien y a-t-il d'observations de cette VD?
- 2) Décrire chaque facteur élémentaire en donnant pour chacun sa nature et ses modalités.
- 3) Etudier toutes les relations entre les facteurs élémentaires pris deux à deux. Les facteurs croisés deux à deux sont-ils croisés dans leur ensemble?
- 4) En déduire une formule de plan quasi-complet.

### EXERCICE XIII:

Etude schématique de deux plans d'expérience : le « plan factoriel » dans lequel la variable dépendante est observée pour toutes les combinaisons des valeurs des variables indépendantes et le « plan en carré latin » pour lequel il n'en est pas ainsi.

**Plan factoriel** : On se propose de vérifier, pour une population d'élèves de classe de sixième, l'hypothèse selon laquelle la réussite dans un test verbal (variable dépendante) est liée à l'habitat urbain ou rural (première variable indépendante). Les moyens d'enquête dont on dispose permettent de rassembler séparément les résultats pour des garçons et pour des filles, et l'on décide d'utiliser le sexe comme seconde variable indépendante. On extrait au hasard, par une procédure appropriée, 100 garçons urbains (GU) de l'ensemble de la population, et de la même façon 100 garçons ruraux (GR), 100 filles urbaines (FU) et 100 filles rurales (FR). On applique le test verbal à ces 400 élèves, et les quatre groupes, dans l'ordre où ils ont été énumérés précédemment, obtiennent respectivement dans ce test les moyennes  $m_1, m_2, m_3$  et  $m_4$ .

	Urbains	Ruraux
Garçons	100 GU $m_1$	100 GR $m_2$
Filles	100 FU $m_3$	100 FR $m_4$

Une réponse à la question posée pourra être obtenue à partir de la comparaison des résultats obtenus par l'ensemble des urbains aux résultats obtenus par l'ensemble des ruraux. Si la différence  $(m_1 + m_3) - (m_2 + m_4)$  est suffisamment éloignée de 0, on pourra conclure qu'il est peu probable que cette différence ne soit pas attribuable à l'habitat et à tous les facteurs qui y sont associés (le statisticien précisera l'un par rapport à l'autre les sens des deux expressions « suffisamment » et « peu probable »).

- 1) Citer les avantages de l'emploi de la seconde variable indépendante : le sexe. Pour cela on examinera en particulier l'apport de la différence  $(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)$  et l'apport en terme d'interaction de la différence  $(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)$ .

Dans l'exemple précédent, deux variables indépendantes étaient utilisées, pouvant prendre chacune deux valeurs différentes : il s'agissait d'un plan factoriel  $2 \times 2$ . Supposons que l'étude de l'hypothèse conduise à utiliser une troisième variable indépendante pouvant prendre elle aussi deux valeurs, par exemple la variable « établissement scolaire » distinguant les élèves des lycées (L) des élèves des collèges (C). Pour faire ainsi passer cette variable du groupe des variables « parasites » dont le contrôle était assuré par le tirage au hasard des élèves à celui des variables indépendantes, on pourra utiliser un plan factoriel  $2 \times 2 \times 2$  et examiner huit groupes d'élèves. On pourra aussi continuer à n'examiner que quatre groupes en utilisant un « carré latin ».

**Plan en carré latin** : le tableau 2 reproduit le tableau 1 à une importante différence près : le groupe des 100 garçons urbains a été extrait au hasard dans la seule population des collèges (GU, C); celui des 100 garçons ruraux de la seule population des lycées (GR, L). Les 100 filles urbaines proviennent toutes de lycées (FU, L) alors que les 100 filles rurales proviennent toutes de collèges (FR, C). On voit que les lettres L et C figurent chacune une fois et une fois

	Urbains	Ruraux
Garçons	100 GU, C $m_1$	100 GR, L $m_2$
Filles	100 FU, L $m_3$	100 FR, C $m_4$

seulement dans chaque ligne et dans chaque colonne.

**1)** Les trois facteurs sont-ils croisés 2 à 2? Dans leur ensemble?

L'hypothèse d'une relation entre l'habitat et le résultat au test verbal pourra de nouveau être éprouvée en observant la valeur prise par la différence  $(m_1 + m_3) - (m_2 + m_4)$ .

**2)** Comment intervient la variable « établissement scolaire »?

**3)** Est-ce que la différence  $(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)$  donne la même information que dans le cas du plan factoriel?

**4)** Le plan en carré latin permet-il de comparer les élèves du lycée et ceux du collège indépendamment de l'effet éventuel des deux autres variables indépendantes?

**5)** Qu'advient-il des interactions éventuelles : habitat×sexe, habitat×établissement, sexe×établissement et sexe×établissement×habitat? Est-ce qu'un plan factoriel  $2 \times 2 \times 2$  permet d'étudier ces quatre interactions?

**6)** Quels sont les critères de choix entre ces deux plans d'expérience?

**EXERCICE I :**

Quatre groupes d'élèves appartenant à quatre classes A, B, C et D ont passé un test noté. Les résultats sont les suivants :

groupe A : 6, 3, 7, 5, 4                      groupe B : 8, 8, 5, 6, 7, 6, 2  
 groupe C : 7, 4, 8, 6, 5, 9                  groupe D : 4, 3, 6, 3

- 1) (Voir TD1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner le plan d'expérience. Ce plan est-il équilibré ?
- 2) Peut-on considérer que les résultats moyens au test sont homogènes pour les quatre classes ?

**EXERCICE II :**

En 1966 Sax et Cromach étudièrent l'effet de l'ordre de présentation des items sur la performance à un test. Ayant choisi 70 items, ils formèrent 4 types de tests constitués des mêmes items mais ordonnés différemment.

- Type A : les items sont présentés du plus facile au plus difficile.
- Type B : les items sont présentés du plus difficile au plus facile.
- Type C : Un item facile sépare (en moyenne) 6 items difficiles.
- Type D : L'ordre des items est aléatoire.

A chaque type de test est affecté un échantillon différent de sujets. Sax et Cromach mesurèrent la performance et obtinrent les résultats ci-contre (arrondis pour les besoins de l'exercice).

type de test	A	B	C	D
Moyenne $\bar{x}_i$	48	46	43	42
Ecart-type $s_i'$	11	15	12	13
effectif $n_i$	50	45	49	47

- 1) Combien de sujets ont été utilisés pour cette expérience ?
- 2) Si on devait réaliser des tests de comparaison des moyennes deux à deux
  - a) Combien doit-on réaliser de tels tests ?
  - b) Quels sont les problèmes soulevés par la question précédente ?
- 3) Quels sont les facteurs mis en jeu ? Quelles sont leurs modalités ? Quelle est la variable dépendante ? Donner la formule du plan.
- 4) Construire la table d'analyse de la variance. Conclure.

**EXERCICE III :**

On veut vérifier que l'intensité du traitement perceptif d'un visage dépend du visage examiné (certains visages retiennent plus l'attention que d'autres). On construit l'expérience suivante : 40 sujets sont choisis au hasard et répartis de façon aléatoire dans 5 groupes de 8 sujets chacun. Chaque groupe examine un visage choisi par l'expérimentateur au hasard dans l'ensemble de visages disponibles. Il mesure l'intensité du traitement perceptif en observant la dilatation de la pupille lors de l'examen du visage. Il obtient les résultats ci-contre :  
 Construire la table d'analyse de la variance et tester l'existence d'un effet du facteur visage.

Visages				
1	2	3	4	5
58	60	63	64	57
51	61	55	64	59
57	66	57	65	65
59	65	60	61	63
56	59	61	66	62
54	59	62	59	64
53	64	58	67	60
52	63	56	60	63

**EXERCICE IV:**

**1<sup>ère</sup> variante :**

On fait étudier à trois groupes de sujets 12 visages munis de contexte. Une semaine plus tard on présente à ces sujets 24 visages. Parmi ces 24 visages figurent les 12 étudiés. On demande à chaque sujet de reconnaître les visages qu'il a étudiés parmi les 24 visages présentés. On compte

le nombre de visages reconnus.

Pour le groupe A, les contextes sont inchangés. Pour le groupe B, ils sont un peu modifiés. Pour le groupe C, ils sont tout à fait modifiés.

1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Quelles sont les valeurs que peut prendre cette variable dépendante ? Donner le plan d'expérience.

2) Pour chaque groupe l'expérimentateur calcule la moyenne du nombre de visages reconnus et dresse le tableau suivant :

	Groupe A 20 sujets	Groupe B 30 sujets	Groupe C 20 sujets
moyenne	8,5	7	5,5

Sachant que l'écart-type global (de tous les sujets) est égal à 2,5, peut-on conclure que la modification du contexte exerce une influence significative sur la reconnaissance à long terme des visages?

### 2<sup>ème</sup> variante :

On fait étudier à trois groupes de sujets 12 visages munis de contexte. Une semaine plus tard on présente à ces sujets 24 visages. Parmi ces 24 visages figurent les 12 étudiés. On demande à chaque sujet de reconnaître les visages qu'il a étudiés parmi les 24 visages présentés. On compte le nombre de visages reconnus.

Pour le groupe A, les contextes sont inchangés. Pour le groupe B, ils sont un peu modifiés. Pour le groupe C, ils sont tout à fait modifiés.

Pour chaque groupe l'expérimentateur calcule l'écart-type du nombre de visages reconnus et dresse le tableau suivant :

	Groupe A 20 sujets	Groupe B 30 sujets	Groupe B 20 sujets
écart-type	2,2	2,3	2,17

Sachant que l'écart-type global (de tous les sujets) est égal à 2,5, peut-on conclure que la modification du contexte exerce une influence significative sur la reconnaissance à long terme des visages?

### EXERCICE V :

Lors d'une étude nationale effectuée par un groupe de supermarchés sur les comportements d'achats de ses clients, quatre supermarchés sont choisis au hasard dans le groupe. Dans chacun des magasins, huit clients sont choisis au hasard et on note pour chacun le nombre de produits achetés en une seule journée. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

1) Quelle est la nature du facteur magasin?

2) Comment se traduit dans le modèle de description des données, l'hypothèse d'absence d'effet du facteur magasin?

3) Donner la formule du plan

4) Calculer la somme des carrés résiduelle en fonction des variances empiriques de chacun des groupes fournies dans le tableau.

5) Construire la table d'analyse de la variance et tester l'existence d'un effet du facteur magasin.

	Magasins			
	1	2	3	4
	17	27	26	36
	18	33	29	15
	25	19	32	14
	26	27	32	28
	24	36	38	31
	26	40	41	25
	17	28	21	28
	23	10	25	31
Moyennes	22	27,5	30,5	26
Variances	14	79,5	39,25	53

### EXERCICE VI:

Un chercheur étudie l'estimation par des enfants de la durée, exprimée en minutes, d'un intervalle de temps. Il constitue cinq groupes d'âge différents et obtient les résultats ci-contre :

Age A : moins de 6 ans

Age B : entre 6 ans et 8 ans

Age C : plus 8 ans et moins de 10 ans

Age D : entre 10 ans et 12 ans

Age E : plus 12 ans et moins de 14 ans

Notation : On notera  $\mu_A$ ,  $\mu_B$ ,  $\mu_C$ ,  $\mu_D$  et  $\mu_E$  les moyennes des populations dont sont extraits les échantillons correspondants aux groupes d'âge A, B, C, D et E.

A	B	C	D	E
8	11	6	13	7
10	15	13	10	6
6	12	9	12	10
8	15	10	11	7
4	13	8	8	7
11	8	9	9	5
7	15	8	14	6
8	16	10	15	7
6	9	6	11	9
7	13	8	12	12

1) Combien de sujets ont été utilisés pour cette expérience ?

2) Quel test peut-on utiliser pour répondre à la question : « Peut-on affirmer, au seuil de 5%, que les moyennes  $\mu_A$  et  $\mu_B$  sont égales ? ».

Sans effectuer ce test expliciter les hypothèses et le modèle adéquats.

3) Dans la question précédente on a réalisé un test de comparaison de deux moyennes (parmi les 5 possibles). Combien peut-on réaliser de tests analogues de comparaison de deux moyennes parmi les 5 possibles?

4) Si on réalise tous ces tests, que peut-on affirmer au vu des résultats ? Quels sont les problèmes soulevés par cette façon de faire ?

5) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner le plan d'expérience. Ce plan est-il équilibré ?

6) Peut-on considérer que l'âge a un effet sur l'appréhension temporelle des enfants ?

### EXERCICE VII :

Dans une étude du trouble de conduite à risques chez les jeunes sportifs, un chercheur a observé les comportements délictueux (vol, racket, bagarres etc.) de jeunes âgés de 14 à 25 ans selon la durée hebdomadaire de pratique sportive. Ce comportement délictueux est mesuré dans une échelle de gravité de 0 à 100. Il a obtenu les résultats récapitulés dans le tableau suivant :

	Temps de pratique sportive hebdomadaire (en heures)						
	[0 1[	[1 2[	[2 3[	[3 4[	[4 5[	[5 6[	[6 7[
Effectif $n_i$	15	15	15	15	15	15	15
Moyenne $\bar{y}_i$	75	65	30	35	65	70	80
Variance $s_i^2$	190	450	160	250	410	220	60

1) Décrire les facteurs mis en jeu et donner la formule du plan d'expérience. Ce plan est-il équilibré

2) Calculer la variation inter

3) Calculer la variation intra.

4) Y'a-t-il, au seuil de 5%, un effet de la durée de la pratique du sport sur les troubles de conduite à risques ?

**Note de lecture** : Cet exercice est librement inspiré d'une étude réalisée par Marie Choquet (Directrice de recherche à l'INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale). Certains résultats de cette étude bousculent quelques idées reçues. A lire !

[www.injep.fr/publication/docu/pdf/pratsport.pdf](http://www.injep.fr/publication/docu/pdf/pratsport.pdf)



**EXERCICE I :**

On dispose des mesures indépendantes d'un phénomène aléatoire dont la moyenne risque d'être influencée d'une part par deux facteurs A et B mais aussi d'autre part par l'interaction de ces deux facteurs.

On considère le modèle suivant :  $Y_{s(i,j)} = \mu_{ij} + \varepsilon_{s(i,j)}$  où  $\mu_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij}$   
avec les contraintes d'identification :  $\sum_i \alpha_i = 0 \quad \sum_j \beta_j = 0 \quad \sum_j (\alpha\beta)_{ij} = 0 \quad \sum_i (\alpha\beta)_{ij} = 0$

Dans toute la suite on considère un facteur A à deux modalités  $a_1$  et  $a_2$  et un facteur B à trois modalités  $b_1, b_2$  et  $b_3$ . On se donne le tableau des moyennes  $\mu_{ij}$  associées à chaque croisement.

	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$a_1$	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	$\mu_{13}$
$a_2$	$\mu_{21}$	$\mu_{22}$	$\mu_{23}$

Dans chacun des cas suivants, écrire le modèle et tracer une représentation graphique.

- 1) Il n'y a pas d'effet principal ni de A ni de B et il n'y a pas d'effet d'interaction.
- 2) Il y a un effet principal de B mais pas de A et il n'y a pas d'effet d'interaction.
- 3) Dans toute la suite on suppose connaître  $\mu_{11}, \mu_{12}$  et  $\mu_{13}$ . Compléter la dernière ligne du tableau ci-contre et tracer une représentation graphique dans les cas suivants :

	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$a_1$	17	23	29
$a_2$			

- a) Il y a un effet principal de B mais pas de A et il n'y a pas d'effet d'interaction.
- b) Il y a un effet principal de A, un effet principal de B et il n'y a pas d'effet d'interaction.
- c) Il n'y a pas d'effet principal ni de A ni de B et il y a un effet d'interaction.
- d) Il y a un effet principal de B et un effet d'interaction mais pas d'effet principal de A.

**EXERCICE II :**

Dans la construction d'un test projectif, 40 planches représentant des visages humains sont utilisées. Sur chaque planche, le sexe d'au moins un des visages est seulement vaguement suggéré. Pour étudier l'influence de l'introduction d'indices supplémentaires, les planches sont retouchées de façon à ce que les visages ressemblent davantage soit à un visage de femme, soit à un visage d'homme. Les 40 planches sont administrées à un groupe de 18 garçons et à un groupe de 18 filles. Six membres de chaque groupe voient les planches avec des indices féminins, six voient les planches avec les indices masculins et six voient les planches originales. Pour chaque sujet on note le nombre de planches pour lesquelles le visage indistinct est interprété comme celui d'une femme.

	indices féminins		indices masculins		pas d'indice	
filles	29	36	14	5	23	26
	35	33	8	7	21	30
	27	38	10	16	24	32
garçons	24	35	3	5	19	7
	30	32	8	10	16	11
	26	33	4	6	9	10

Tableau des données

- 1) Donner la formule du plan. Quelle est la nature de chaque facteur introduit dans votre formule de plan ?
- 2) Faire le graphe d'interaction. Que constatez-vous pour chaque type d'effets ?
- 3) Calculer : **SCA, SCB, SC(A×B)** et **SCT**
- 4) Construire la table d'analyse de la variance et faire les tests d'hypothèses d'existence des différents effets en explicitant tous vos calculs numériques.

**Résultats numériques partiels :** La somme des carrés totale **SCT** est égale à 4479.

**EXERCICE III :**

Selon une étude portant sur une population d'enfants, la durée de sommeil est plus élevée chez les garçons que chez les filles. Par ailleurs, selon cette même étude, le fait de jouer à des jeux électroniques contribue à augmenter la durée de sommeil. Enfin la durée de sommeil est plus élevée chez les garçons qui jouent à des jeux électroniques que chez les garçons qui ne jouent pas. Compléter le graphique et le tableau suivants :



	filles	garçons
joueur		
non joueur		

**EXERCICE IV :**

Pour étudier le degré de motivation d'un sujet, un expérimentateur construit l'expérience suivante : il choisit des collégiens. Chaque collégien participe à un jeu comportant une épreuve physique et reçoit un score qui mesure sa performance. En fait, le jeu est entièrement contrôlé par l'expérimentateur, ainsi chaque sujet reçoit le même score. Après un nombre fixé d'essais pour lequel le sujet reçoit le score préfixé, l'expérimentateur demande au sujet de prédire le score qu'il aura au prochain essai. Avant de faire sa prédiction, le sujet reçoit deux types d'informations :

- L'expérimentateur lui signale que son score est supérieur, égal ou inférieur au score moyen d'un groupe de comparaison.
- L'expérimentateur lui signale soit que le groupe de comparaison est formé de collégiens soit d'athlètes professionnels.

Le score prédit par chaque sujet est donné dans le tableau suivant :

Groupe de collégiens			Groupe d'athlètes professionnels		
supérieur	égal	inférieur	supérieur	égal	inférieur
52	28	16	38	44	24
48	35	15	35	35	26
43	34	23	33	43	19
50	27	22	39	42	27
43	28	17	34	38	20
44	30	18	36	41	23

On donne : Moyenne générale = 32,5      SCT = 3703

- 1) Donner la formule du plan d'expérience
- 2) Construire la table d'analyse de la variance et tester les différents effets des facteurs.

### EXERCICE V :

Chacun des quatre tableaux ci-contre donne les moyennes, selon un plan factoriel complet, observées dans une certaine population.

Donner, dans chacun de ces quatre cas, une représentation graphique et une « interprétation » en termes d'effets (principaux et d'interaction).

	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
$a_1$	10	14	12	16
$a_2$	7	11	9	13

	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
$a_1$	10	12	14	16
$a_2$	14	12	10	8

	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
$a_1$	10	12	14	16
$a_2$	8	9	10	11

	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
$a_1$	12	12	8	12
$a_2$	8	8	12	8

### EXERCICE VI :

Dans le cadre d'une étude sur la dépression, on a administré 4 traitements ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) à 3 groupes d'âges différents ( $A_1, A_2, A_3$ ). Les 40 sujets de chaque groupe d'âge ont été affectés de façon aléatoire à raison de 10 sujets par traitement.

On dispose d'une évaluation par un test de dépression pour chaque sujet.

Le tableau suivant donne, pour chaque condition expérimentale, la somme des observations  $\sum y$  et la somme de leurs carrés  $\sum y^2$ .

	$A_1$				$A_2$				$A_3$			
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
$\sum y$	50	73	21	25	90	73	43	83	72	75	10	20
$\sum y^2$	298	585	85	109	858	577	237	741	578	609	39	88

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner la formule du plan.
- 2) Tracer un graphe d'interaction
- 3) Construire la table d'analyse de la variance
- 4) Tester l'effet des différents facteurs en précisant de façon explicite les hypothèses et les conclusions des différents tests.

### EXERCICE VII :

Un expérimentateur veut étudier l'effet de différentes conditions sur l'aptitude à résoudre des problèmes. La mesure de la capacité à résoudre des problèmes est le temps moyen mis pour accomplir une série de tâches.

5 sujets sont soumis à 4 conditions  $C_1, C_2, C_3$  et  $C_4$  définies par :

$C_1$  : le sujet n'est pas averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes ont trait au langage

$C_2$  : le sujet est averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes ont trait au langage

$C_3$  : le sujet n'est pas averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes sont des manipulations de formes géométriques

$C_4$  : le sujet est averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes sont des manipulations de formes géométriques

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
10	14	16	12	
9	15	13	12	
7	13	13	16	
11	13	12	15	
13	20	11	15	

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner la formule du plan.
- 2) Tracer le graphe d'interaction. Quels effets constatez-vous?
- 3) Construire la table d'analyse de la variance et faire les tests d'hypothèses d'existence des différents effets en précisant de façon explicite les hypothèses et les conclusions des différents tests.

### EXERCICE VIII :

Un chercheur émet l'hypothèse que la tension musculaire induite chez un sujet lors d'une tâche d'écriture dépend du type de tâche. Pour mettre à l'épreuve cette hypothèse, le chercheur construit l'expérience suivante :

Le sujet tient dans sa main habituelle un crayon, tandis qu'avec l'autre main, il tient une poire en caoutchouc reliée à une jauge qui mesure la pression exercée par la main sur la poire. Le sujet doit effectuer trois tâches différentes suivantes: écrire la solution de problèmes d'arithmétique, écrire un court texte d'imagination, dessiner soigneusement une ligne. Chaque tâche est effectuée deux fois. On relève au cours de chaque épreuve la pression moyenne exercée sur la jauge. Six sujets participent à l'expérience. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

	tâche 1		tâche 2		tâche 3		moyenne
	essai 1	essai 2	essai 1	essai 2	essai 1	essai 2	
sujet 1	7.8	8.7	11.1	12.0	11.6	10.0	10.2
sujet 2	8.0	9.2	11.2	10.6	10.0	12.2	10.2
sujet 3	4.0	6.9	9.8	10.1	11.7	12.7	9.2
sujet 4	10.6	9.4	11.4	10.5	8.2	8.1	9.7
sujet 5	9.3	10.6	13.3	11.7	8.4	7.9	10.2
sujet 6	9.5	9.8	12.2	12.3	8.9	10.3	10.5
moyenne	8,2	9,1	11,5	11,2	9,8	10,2	10

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu ? Quelles sont leurs modalités ? Quelle est la variable dépendante ? Examiner les relations entre les facteurs et en déduire la formule du plan.
- 2) Établir la table d'analyse de la variance et construire un test permettant de tester l'hypothèse du chercheur.

**Résultats numériques partiels :** SCT = 124,52.

Tableau des moyennes :

Sujets	Tache 1	Tache 2	Tache 3
1	8,25	11,55	10,80
2	8,60	10,90	11,10
3	5,45	9,95	12,20
4	10,00	10,95	8,15
5	9,95	12,50	8,15
6	9,65	12,25	9,60

Sujets	Essai 1	Essai 2
1	10,17	10,23
2	9,73	10,67
3	8,50	9,90
4	10,07	9,33
5	10,33	10,07
6	10,20	10,80

### EXERCICE IX :

Dans une expérience on présente à chaque sujet soit oralement soit par écrit un mot qui est soit un mot familier soit un mot non familier. Après une période d'attente on interroge le sujet et on calcule le nombre de syllabes non significatives mémorisées. L'expérience est réalisée sur 24 sujets répartis en quatre groupes de six et on obtient les résultats suivants :

O(ral) :	F(amillier) :	19	16	18	23	14	16
	N(on familier) :	15	13	7	9	8	11
E(crit) :	F(amillier) :	10	12	18	16	17	14
	N(on familier) :	9	16	14	11	12	8

- 1) Tester l'hypothèse selon laquelle le mode de présentation (oral, écrit) n'a pas d'effet sur la mémorisation
- 2) Tester l'hypothèse selon laquelle la nature des mots présentés (familier, non familier) n'a pas d'effet sur la mémorisation
- 3) Tester l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas d'effet d'interaction sur la mémorisation

**EXERCICE X :**

On veut comparer les effets biologiques de deux goudrons de cigarettes (cigarettes normales cigarettes traitées) en badigeonnant sur la peau de souris. Le test est fondé sur la diminution du nombre de glandes sébacées, le critère d'appréciation étant le nombre  $Y$  de glandes restantes pour une surface donnée d'examen.

On a utilisé les deux produits avec trois méthodes différentes de badigeonnage chaque fois sur 20 souris. Les résultats figurent dans le tableau suivant.

	Méthode 1	Méthode 2	Méthode 3	Total	
Goudron cigarettes normales					
Moyenne	43,4	30,1	12,5	28,667	
Variance	139,94	166,64	533,35		
Goudron cigarettes traitées					
Moyenne	41,65	36,55	19,05	32,417	
Variance	79,8775	86,8475	118,8975		
Total	Moyenne	42,525	333,325	15,775	30,5417

- 1) Donner la formule du plan d'expérience
- 2) Tracer et commenter le graphe d'interaction
- 3) Construire la table d'analyse de la variance et tester les différents effets des facteurs.

**EXERCICE I :**

Dans une expérience sur les effets du bruit sur la discrimination perceptive, on mesure pour chaque sujet le nombre d'erreurs commises dans la tâche de discrimination dans trois conditions différentes :

A : absence de bruit B : bruit intermittent

C : bruit continu

On obtient les résultats ci-contre :

Sujets	Absence de bruit	Bruit intermittent	Bruit continu
1	116	119	127
2	122	120	131
3	129	126	131
4	122	118	129
5	122	120	131
6	123	117	134
7	126	120	137
8	116	120	128

1) Tester l'influence du bruit sur la discrimination perceptive dans les deux cas suivants :

a) On suppose que ce sont les huit mêmes sujets qui ont subi les trois conditions expérimentales.

b) (travail personnel) On suppose que l'on disposait de trois groupes différents de six sujets.

**EXERCICE II :**

Un psychosociologue pense que la dominance comme variable de personnalité diffère chez les hommes et chez les femmes. Pour mettre à l'épreuve une telle théorie, il choisit un échantillon de 8 couples et repère chaque mari et chaque épouse sur une échelle mesurant la dominance. Il obtient les résultats suivants :

Mari : 26 28 28 29 30 31 34 37

Femme: 30 29 28 27 26 25 24 23

1) Proposer un modèle décrivant les données.

2) Vérifier à l'aide d'un test d'hypothèses que ces données ne permettent pas de conclure à une différence entre les hommes et les femmes ; (On prendra un seuil  $\alpha = 5\%$ ).

Devant sa déception, un collègue expert en statistique lui dit alors : "mais vous avez oublié qu'une femme fortement dominante tend à épouser un homme peu dominant et vis et versa". Pourquoi une telle remarque peut-elle consoler le psychosociologue ? Que lui conseillez-vous pour une prochaine expérience ? Vérifiez votre proposition avec les mêmes données.

**EXERCICE III :**

Sujets	Drogue A	Drogue B	Placebo
1	165	217	231
2	172	217	219
3	109	243	199
4	197	160	219
5	199	162	247
6	193	191	245

Dans une expérimentation de psychopharmacologie, on veut vérifier l'effet de deux drogues de type « amphétamines » sur le temps de réaction (en *ms*) à une épreuve de psychomotricité. Afin de contrôler une source possible de perturbations, on décide de prendre les six mêmes sujets exposés, à trois traitements expérimentaux différents : Drogue A, Drogue B, Placebo.

Formaliser et traiter le problème en termes d'analyse de la variance et tirer les conclusions.

#### EXERCICE IV :

On considère une étude sur l'efficacité des techniques de relaxation pour contrôler les maux de tête. Dans le cadre de cette expérience, on a recruté neuf personnes souffrant de maux de tête et leur a demandé d'enregistrer la fréquence et la durée de leurs migraines. Aux 4 semaines de relevés de base, sans aucun exercice, a succédé une période de 6 semaines consacrées à la relaxothérapie (chaque sujet de l'expérience participait au programme à un moment différent ; des éléments tels que la modification du climat et les vacances ne devraient donc pas influencer les données de manière significative.). Pour notre exemple, nous avons retenu les données correspondant aux 5 dernières semaines d'exercices. La variable dépendante est la durée (heures/semaine) des migraines durant chacune de ces 5 semaines. Les données observées figurent dans le tableau suivant :

Sujets	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
1	13	14	8	6	6
2	12	11	10	4	4
3	8	8	5	4	5
4	17	22	13	13	17
5	22	19	13	8	7
6	11	19	9	7	5
7	18	9	6	2	5
8	9	10	9	1	5
9	16	14	8	9	9

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu dans cette expérience ? Quelles sont leurs modalités ?
- 2) Comment sont composés les différents facteurs ? Donner la formule du plan.
- 3) Construire la table d'analyse de la variance et conclure.

**EXERCICE I :**

Dans cette expérience chaque sujet cherche à atteindre une certaine cible. Cette cible peut avoir trois grandeurs différentes (petite, moyenne et grande). On considère trois distances distinctes, à chaque distance on place trois cibles de grandeurs différentes. Chaque sujet tire sur les neuf cibles. On obtient les données récapitulées dans le tableau suivant :

sujets	distance 1			distance 2			distance 3		
	cible 1	cible 2	cible 3	cible 1	cible 2	cible 3	cible 1	cible 2	cible 3
1	45	51	60	42	52	57	28	36	46
2	35	39	49	30	36	47	25	31	41
3	60	63	75	58	54	70	40	46	50
4	50	48	60	25	34	50	16	22	34
5	42	45	58	30	37	43	22	26	36
6	56	60	76	40	39	57	31	28	45

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner la formule du plan. Combien a-t-on de sujets en tout ? Combien a-t-on d'observations en tout ?
- 2) Tracer le graphe d'interaction. Quels effets constatez-vous?
- 3) Construire la table d'analyse de la variance et faire les tests d'hypothèses d'existence des différents effets en précisant de façon explicite les hypothèses et les conclusions des différents tests.

**EXERCICE II :**

Un expérimentateur veut étudier l'effet de différentes conditions sur l'aptitude à résoudre des problèmes. La mesure de la capacité à résoudre des problèmes est le temps moyen mis pour accomplir une série de tâches.

5 sujets sont soumis à 4 conditions  $C_1, C_2, C_3$  et  $C_4$  définies par :

- $C_1$  : le sujet n'est pas averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes ont trait au langage
- $C_2$  : le sujet est averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes ont trait au langage
- $C_3$  : le sujet n'est pas averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes sont des manipulations de formes géométriques
- $C_4$  : le sujet est averti qu'il sera pénalisé selon le temps utilisé et les problèmes sont des manipulations de formes géométriques

$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
10	14	16	12
9	15	13	12
7	13	13	16
11	13	12	15
13	20	11	15

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner la formule du plan.
- 2) Tracer le graphe d'interaction. Quels effets constatez-vous?
- 3) Construire la table d'analyse de la variance et faire les tests d'hypothèses d'existence des différents effets en précisant de façon explicite les hypothèses et les conclusions des différents tests.



### EXERCICE III :

Dans une expérience, on veut savoir si le temps nécessaire pour la traduction d'un texte anglais en une autre langue est différent pour deux traducteurs automatiques.

On peut penser que la langue, dans laquelle on va traduire le texte anglais, peut être un facteur important. De ce fait, chacun des deux programmes traducteurs a réalisé la traduction en trois langues : Espagnol, Français et Allemand.

Le temps de la traduction (en heure) pour deux textes est donné dans le tableau suivant :

Programme	Langue		
	Espagnole	Française	Allemande
Prog. 1	8	10	12
	12	14	16
Prog. 2	6	14	16
	10	16	22

- 1) Quelle est la variable dépendante ? Dans quel niveau d'échelle est elle observée?
- 2) Quels sont les facteurs mis en jeu ? Quelles sont leurs modalités ? Donner la formule du plan d'expérience.
- 3) Effectuer une représentation graphique de l'interaction et en donner une interprétation.
- 4) Tester l'existence de différents effets à un niveau de signification  $\alpha = 5\%$ . Expliquer vos résultats.

### EXERCICE IV :

Un chercheur émet l'hypothèse que la tension musculaire induite chez un sujet lors d'une tâche d'écriture dépend du type de tâche. Pour mettre à l'épreuve cette hypothèse, le chercheur construit l'expérience suivante :

Le sujet tient dans sa main habituelle un crayon, tandis qu'avec l'autre main, il tient une poire en caoutchouc reliée à une jauge qui mesure la pression exercée par la main sur la poire. Le sujet doit effectuer trois tâches différentes suivantes: écrire la solution de problèmes d'arithmétique, écrire un court texte d'imagination, dessiner soigneusement une ligne. Chaque tâche est effectuée deux fois. On relève au cours de chaque épreuve la pression moyenne exercée sur la jauge. Six sujets participent à l'expérience. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

	tâche 1		tâche 2		tâche 3		moyenne
	essai 1	essai 2	essai 1	essai 2	essai 1	essai 2	
sujet 1	7.8	8.7	11.1	12.0	11.6	10.0	10.2
sujet 2	8.0	9.2	11.2	10.6	10.0	12.2	10.2
sujet 3	4.0	6.9	9.8	10.1	11.7	12.7	9.2
sujet 4	10.6	9.4	11.4	10.5	8.2	8.1	9.7
sujet 5	9.3	10.6	13.3	11.7	8.4	7.9	10.2
sujet 6	9.5	9.8	12.2	12.3	8.9	10.3	10.5
moyenne	8,2	9,1	11,5	11,2	9,8	10,2	10

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu ? Quelles sont leurs modalités ? Quelle est la variable dépendante ? Examiner les relations entre les facteurs et en déduire la formule du plan.
- 2) Établir la table d'analyse de la variance et construire un test permettant de tester l'hypothèse du chercheur.

**Résultats numériques partiels :**  $SCT = 124,52$ .

Tableau des moyennes :

Sujets	Tache 1	Tache 2	Tache 3
1	8,25	11,55	10,80
2	8,60	10,90	11,10
3	5,45	9,95	12,20
4	10,00	10,95	8,15
5	9,95	12,50	8,15
6	9,65	12,25	9,60

Sujets	Essai 1	Essai 2
1	10,17	10,23
2	9,73	10,67
3	8,50	9,90
4	10,07	9,33
5	10,33	10,07
6	10,20	10,80

**EXERCICE V :**

Dans une étude de l'effet de l'amphétamine sur le comportement et l'apprentissage, huit rats ont été choisis comme sujets. Après les essais préliminaires, chaque rat a été observé durant 6 jours et chaque jour sous une condition différente. Les 6 conditions sont choisies pour comparer l'effet de différentes doses de deux types d'amphétamine : dl-amphétamine et di-amphétamine. Chaque drogue est prise (par injection) en trois doses (dose1, dose2 et dose3) différentes. L'apprentissage est mesuré par le nombre de tentatives des rats pour découvrir de la nourriture dans un labyrinthe. Les résultats des observations sont présentés dans le tableau suivant :

Sujets	dl-amphétamine			d-amphétamine			Moyennes des sujets $\bar{y}_s$
	dose 1	dose 2	dose 3	dose 1	dose 2	dose 3	
A	7	17	106	24	48	56	43,0
B	3	25	24	34	41	26	25,5
C	39	82	68	28	64	22	50,5
D	38	5	50	15	98	13	36,5
E	1	9	22	1	18	42	15,5
F	22	54	21	46	17	50	35,0
G	5	2	1	1	3	0	2,0
H	93	72	92	55	57	63	72,0
Moyennes $\bar{y}_i$	26	33,25	48	25,5	43,25	34	$\bar{Y} = 35$

On donne  $SCT=39694,00$

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Le type de leurs effets ? Donner la formule du plan. Comment appelle-t-on ce type de plan ?
- 2) Tracer et commenter le graphe d'interaction.
- 3) Construire la table d'analyse de la variance et faire, au seuil de 5%, les tests d'hypothèses d'existence des différents effets en précisant de façon explicite les hypothèses et les conclusions des différents tests.
- 4) Commenter la validité du modèle choisi sachant que la matrice des variances-covariances est :

	$a_1b_1$	$a_1b_2$	$a_1b_3$	$a_2b_2$	$a_2b_2$	$a_2b_3$
$a_1b_1$	846,75					
$a_1b_2$	-109,34	875,44				
$a_1b_3$	553,38	427,25	1236,75			
$a_2b_2$	345,13	412,63	283,88	335,25		
$a_2b_2$	423,88	158,06	589,50	115,38	823,94	
$a_2b_3$	218,88	255,13	427,50	238,75	-16,38	431,25

**EXERCICE I :**

Lors de l'étude de l'apprentissage d'un labyrinthe, 12 rats sont assignés de façon aléatoire à trois programmes différents de renforcement, puis doivent parcourir le labyrinthe dans quatre conditions expérimentales. L'ordre dans lequel les quatre conditions sont présentées à chaque rat est choisi de façon aléatoire et indépendamment pour chaque rat.

On mesure alors le temps en secondes mis pour parcourir le labyrinthe et on obtient les résultats figurants au tableau suivant.

	rat	condition 1	condition 2	condition 3	condition 4
Programme 1	1	29	31	21	19
	2	24	15	10	8
	3	31	19	10	31
	4	40	11	15	42
Programme 2	1	25	17	20	18
	2	20	11	8	8
	3	35	16	9	29
	4	36	8	15	41
Programme 3	1	11	18	16	15
	2	10	10	18	12
	3	7	17	18	12
	4	8	19	20	5

Résultats numériques : moyenne générale : 18,5 somme des carrés totale : 4440

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu? Quelles sont leurs modalités? Quelle est la variable dépendante? Donner la formule du plan.
- 2) Représenter les données sous la forme d'un autre tableau
- 3) Tracer le graphe d'interaction
- 4) Construire la table d'analyse de la variance et tester l'existence des différents effets des facteurs

**EXERCICE II :**

Afin d'étudier comment les réponses psychophysiologiques à un stimulus perturbant peuvent être affectées par le degré de prévisibilité de ce stimulus, on a construit l'expérience suivante :

Le sujet est placé devant 10 lampes numérotées de 1 à 10. Les lampes s'allument à tour de rôle et restent allumées pendant 5 secondes. Lorsque la lampe 7 s'allume, un son de 106 dB est émis. Ce son est le stimulus perturbant. Dans la condition 1 «stimulus prévisible» la lampe 7 est précédée d'une séquence de deux, trois ou quatre lampes de numéros consécutifs (5,6 ou 4,5,6 ou 3,4,5,6). Ainsi, dès que la première lampe d'une séquence s'allume, le sujet sait qu'il a 10, 15 ou 20 secondes avant d'entendre le son. Dans la condition 2 «stimulus imprévisible», la lampe 7 est aussi précédée de séquence de deux, trois ou quatre lampes mais leurs numéros sont dans un ordre quelconque (par exemple : 5,4,6,3). La connaissance du numéro de la première lampe de la séquence ne permet aucune prévision sur la durée de la séquence précédant le son.

Chaque sujet est soumis à chacune des trois séquences de 10, 15 et 20 secondes, proposées dans un ordre aléatoire. Lors de la séquence de trois lampes précédant le son, on mesure le rythme cardiaque du sujet dans chacune des trois périodes consécutives de 5 secondes.

Un échantillon de huit sujets est réparti aléatoirement et de façon équilibrée dans chacune des deux conditions. Les résultats de l'expérience sont donnés dans le tableau ci-dessous :

	Condition 1			$\bar{y}_{s,10}$	Condition 2			$\bar{y}_{s,2}$
	Période 1	Période 2	Période 3		Période 1	Période 2	Période 3	
1	69,81	70,47	70,42	70,233	68,09	66,85	66,63	67,190
2	64,21	65,44	66,43	65,360	65,07	65,02	64,68	64,923
3	66,86	68,18	67,42	67,487	66,56	64,01	65,27	65,280
4	68,16	69,53	69,87	69,187	69,81	67,87	67,04	68,240
$\bar{y}_{0ij}$	67,260	68,405	68,535		67,3825	65,9375	65,905	

Résultat numérique : Somme des carrés totale SCT = 93.54

- 1) Précisez la variable dépendante et les facteurs mis en jeu dans l'expérience. Donnez la formule du plan.
- 2) Tracez le graphe d'interaction. Quels effets observez-vous (justifiez votre réponse) ? Donnez en une interprétation.
- 3) Testez l'existence des différents effets des facteurs.
- 4) Au début de l'expérience, on a demandé à chaque sujet s'il préférerait être dans la condition 1 ou dans la condition 2. On dispose ainsi d'une nouvelle variable indépendante donnant la préférence exprimée par chaque sujet.
  - a) Quelle est la nature de cette VI ?
  - b) Donner la formule du plan intégrant ce nouveau facteur de variation.
  - c) Quelles sont les différentes sources de variation correspondant à ce plan, permettant de décomposer la variance des observations ?

### EXERCICE III :

Afin d'étudier l'efficacité d'une méthode d'apprentissage, un chercheur considère un groupe de 15 filles et un groupe de 15 garçons dont il évalue le niveau avant et après application de sa méthode. Cette évaluation du niveau se mesure par une note de 0 à 100 d'autant plus grande que le niveau est plus fort. Les résultats sont les suivants :

#### Groupe 1 (garçons)

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Avant	44	44	43	32	46	36	51	39	44	36	36	40	48	38	38
Après	43	42	52	37	48	26	55	40	48	36	45	42	49	42	40

#### Groupe 2 (filles)

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Avant	66	70	63	70	59	59	68	55	59	73	64	62	68	56	68
Après	85	75	64	78	72	58	83	45	51	82	77	74	74	61	86

On désire analyser ces données par une technique d'analyse de la variance.

- 1) Quels sont les facteurs mis en jeu ? Quelles sont leurs modalités ? Quelle est la variable dépendante ? Donner la formule du plan.
- 2) Tracer un graphe d'interaction.
- 3) Construire la table d'analyse de la variance (On donne  $SCT = 13875,25$ ).
- 4) Tester l'effet des différents facteurs en précisant de façon explicite les hypothèses et les conclusions des différents tests.

**EXERCICE I :** (D'après Baddeley 1975 et Smith 1979)

Après Baddeley, Smith (1979) s'est intéressé au problème de l'oubli et du rappel. Il voulait mettre en évidence l'effet facilitateur du contexte d'acquisition sur le rappel. Dans un premier temps les sujets apprennent une liste de quatre-vingt mots dans une pièce orange décorée avec des draperies, posters, tableaux, etc. Les sujets subissent quelques minutes après leur apprentissage un test de reconnaissance dont le but est simplement de leur laisser croire que l'expérience s'arrête là. Le lendemain, on demande aux sujets de noter les mots dont ils peuvent se souvenir. Le rappel se déroule dans différentes conditions qui définissent cinq groupes expérimentaux (les sujets étant affectés aléatoirement à chaque groupe) :

- ❶ *même contexte* : Les sujets se trouvent dans la même pièce orange où ils ont appris la liste la veille.
- ❷ *contexte différent* : Les sujets se trouvent dans une pièce nettement différente de celle où ils ont appris la veille.
- ❸ *contexte imaginé* : Les sujets sont dans la même pièce que le groupe ❷, mais on leur conseille de se rappeler d'abord la pièce orange (on les aide en leur posant des questions).
- ❹ *contexte photographié* : Les sujets sont dans la condition ❸, mais on leur montre plusieurs photographies de la pièce orange.
- ❺ *contexte placebo* : Les sujets sont dans la même pièce que le groupe ❷, mais on leur demande de se rappeler d'abord leur chambre à coucher à titre « d'échauffement intellectuel ».

Ces cinq groupes définissent les cinq modalités de la variable indépendante. La variable dépendante sera le nombre de mots rappelés le lendemain de l'apprentissage.

On veut ici soumettre à l'épreuve plusieurs hypothèses de recherche :

*Hypothèse de recherche 1* : Les groupes à contexte approprié aboutissent à une meilleure performance que les groupes sans contexte ou avec un contexte inapproprié.

*Hypothèse de recherche 2* : Le groupe à même contexte diffère des groupes à contexte imaginé ou photographié.

*Hypothèse de recherche 3* : Le groupe contexte imaginé diffère du groupe à contexte photographié.

*Hypothèse de recherche 4* : Le groupe avec contexte différent diffère du contexte placebo.

1) Traduire les hypothèses de recherche en hypothèses statistiques et écrire les différents contrastes.

Le chercheur obtient les résultats suivants :

Groupe											Moyenne	Ecart-type $s'_i$
Gr1	16	20	19	22	25	13	14	25	17	9	18	4,96
Gr2	12	22	10	7	8	15	12	6	9	19	12	4,98
Gr3	14	15	29	10	12	21	16	20	23	12	17,2	5,64
Gr4	17	21	27	10	15	11	19	25	29	14	18,8	6,27
Gr5	12	19	10	7	5	12	15	3	9	4	9,6	4,82

2) Tester chacune des hypothèses pour un niveau de signification  $\alpha = \alpha(EG) = 5\%$

3) Les contrastes associés aux hypothèses de recherche sont-ils orthogonaux ?

4) Représenter, sous forme d'arbre, la décomposition de l'effet global du facteur contexte à l'aide de ces contrastes.

## EXERCICE II :

Un chercheur étudie l'estimation, par des enfants, de la durée d'un intervalle de temps en fonction du nombre d'événements survenant durant cet intervalle de temps. Dans l'une des conditions expérimentales, les enfants doivent estimer en secondes un intervalle de temps d'une durée réelle de 2 minutes pendant lesquelles 30 billes tombent d'un récipient dans un autre, à cadence régulière de 4 secondes. Six groupes d'âges d'effectifs différents sont constitués. On obtient les résultats suivants :

	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans
Effectif	15	18	24	20	17	22
Moyenne	238	219,44	207,5	138,25	164,41	164,09
Variance	2159,332	983,025	1460,413	1168,186	879,068	1769,631

Analyser, au seuil  $\alpha=0,01$ , les hypothèses suivantes posées par le chercheur :

- 1) Il existe un effet différentiel général de l'âge sur l'estimation de la durée.
- 2) L'âge de 9 ans 6 mois est un âge « charnière ».

## EXERCICE III :

Afin de tester l'efficacité de cinq molécules appelées mol1, mol2, mol3, mol4 et mol5 sur le taux d'une substance associée à une certaine maladie, on procède à l'expérience suivante : 6 groupes de 12 malades sont choisis. Un groupe reçoit un placebo et les cinq autres groupes une des cinq molécules. Au bout d'un mois de traitement, on mesure chez chaque malade le taux de cette substance. Les résultats sont les suivants.

groupe	placebo	mol1	mol2	mol3	mol4	mol5
moyenne	5,55	3,90	3,04	2,62	2,05	3,74
Variance $s'^2$	0,57	0,74	0,50	0,53	0,71	0,75

- 1) Existe-t-il un effet différentiel général des molécules sur l'estimation du taux de la substance considérée ?
- 2) Y a-t-il une différence entre placebo et l'ensemble des groupes traités ?

## EXERCICE IV : (Voir TD2)

Dans une étude du trouble de conduite à risques chez les jeunes sportifs, un chercheur a observé les comportements délictueux (vol, racket, bagarres etc.) de jeunes âgés de 14 à 25 ans selon la durée hebdomadaire de pratique sportive. Ce comportement délictueux est mesuré dans une échelle de gravité de 0 à 100. Il a obtenu les résultats récapitulés dans le tableau suivant :

	Temps de pratique sportive hebdomadaire (en heures)						
	[0 1[	[1 2[	[2 3[	[3 4[	[4 5[	[5 6[	[6 7[
Effectif $n_i$	15	15	15	15	15	15	15
Moyenne $\bar{y}_i$	75	65	30	35	65	70	80
Variance $s_i'^2$	190	450	160	250	410	220	60

### Partie I : (Voir TD2)

- 1) Décrire les facteurs mis en jeu et donner la formule du plan d'expérience. Ce plan est-il équilibré
- 2) Calculer la variation inter
- 3) Calculer la variation intra. (réponse pour vérification et éventuellement à admettre pour continuer la suite :  $SCR=26100$ )

4) Y'a-t-il, au seuil de 5%, un effet (global) de la durée de la pratique du sport sur les troubles de conduite à risques ?.

**Partie II :**

On désigne par « peu sportifs » l'ensemble des jeunes pratiquant moins de 2 heures de sport par semaine, par « moyennement sportifs » l'ensemble des jeunes dont la pratique sportive hebdomadaire est comprise dans [2 4[ et par « très sportifs » l'ensemble des jeunes pratiquant au moins 4 heures de sport par semaine.

Le chercheur émet les hypothèses de recherche suivantes :

- Hypothèse de recherche 1 : Les « peu sportifs » ont une conduite à risques plus importante que les « moyennement sportifs ».
- Hypothèse de recherche 2 : La conduite à risques des « très sportifs » est sensiblement différente de celle des « peu sportifs ».

1) Traduire les hypothèses de recherche en contraste. Ces contrastes sont-ils orthogonaux ?

2) Tester, au seuil de 5%, ces deux hypothèses de recherche.

**Note de lecture :** Cet exercice est librement inspiré d'une étude réalisée par Marie Choquet (Directrice de recherche à l'INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale). Certains résultats de cette étude bousculent quelques idées reçues. A lire !

[www.injep.fr/publication/docu/pdf/pratsport.pdf](http://www.injep.fr/publication/docu/pdf/pratsport.pdf)

**EXERCICE I :**

Un expérimentateur pense que l'état d'excitation est une fonction croissante de l'environnement sonore, mais qu'au-delà d'un certain seuil de bruit cette excitation se stabilise. L'expérimentateur définit une échelle continue du bruit auquel il va soumettre les sujets et mesure l'état d'excitation à l'aide d'une technique appropriée.

Les 6 niveaux de bruit, auquel il va soumettre les sujets, sont régulièrement espacés sur l'échelle et valent 1, 2, 3, 4, 5 et 6 unités. A chaque niveau sonore il affecte 10 sujets choisis au hasard et obtient les résultats résumés dans le tableau suivant :

Niveau sonore	1	2	3	4	5	6
Moyenne	10	10	11	18	20	21
Variance	18	15	16	26	20	20

- 1) Quel est le nombre total de sujets utilisés par cette expérience ?
- 2) Y a-t-il un effet global du bruit sur l'excitation ?
- 3) Tracer un diagramme donnant les moyennes d'excitation en fonction du niveau sonore. Au vu de ce graphique, que peut-on annoncer à propos de l'hypothèse du chercheur ?
- 4) Quel degré maximum de la fonction polynomiale d'interpolation peut-on prendre ? Pourquoi ?
- 5) a) Tester la présence d'une tendance linéaire dans la fonction polynomiale d'interpolation.  
b) Calculer le coefficient d'intensité  $\frac{SC_{linéaire}}{SC_{Facteur}}$ .
- 6) On veut tester la présence d'une composante quadratique.  
a) Vérifier que le contraste associé est orthogonal à celui associé à la composante linéaire.  
b) Réaliser le test et conclure.
- 7) On veut tester la présence d'une composante cubique.  
a) Vérifier que le contraste associé est orthogonal à chacun des 2 contrastes précédents.  
b) Réaliser le test et conclure.  
c) Calculer  $SC_{inter} - SC_{linéaire} - SC_{quadratique} - SC_{cubique}$ . A quoi correspond cette somme de carré restante ? Tester si la somme de carrés restante est significative ou non et conclure.

**EXERCICE II :**

Lors d'une étude américaine sur les facteurs de risque de l'alcoolisme, un échantillon de 25 villes petites et moyennes a été choisi. Les villes sont rangées en cinq classes selon la taille de leur population (exprimée en milliers d'habitants). Dans chaque ville, la moyenne des taux d'alcooliques pour 1000 habitants sur les 10 dernières années a été calculée. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

10-29	30-49	50-69	70-89	90-109
17,57	19,08	18,75	20,07	24,74
16,35	18,02	17,09	19,01	23,30
17,37	18,89	18,78	20,16	24,09
16,26	18,03	18,08	19,29	22,86
14,19	17,26	18,59	18,48	23,90

- 1) Représenter graphiquement les taux observés et les taux moyens par ville en fonction de la taille de la ville.
- 2) Étudier la forme de la liaison entre le taux d'alcooliques et la taille de la ville.



**EXERCICE III :**

Une expérience est menée sur l'effet de la longueur de l'intervalle de temps séparant signal d'avertissement et stimulus sur le temps de réaction au stimulus. Un échantillon de 60 sujets est affecté de façon aléatoire à 6 groupes de 10 sujets chacun. Chaque groupe correspond à un intervalle de temps donné.

On observe les temps de réaction suivants :

	Intervalle de temps en centièmes de seconde					
	0	10	20	30	40	50
Temps de réaction en centièmes de seconde	9	19	17	12	27	30
	21	18	8	21	18	23
	10	7	19	9	11	15
	20	14	12	23	26	25
	16	15	11	16	19	23
	15	11	15	17	16	18
	22	17	4	13	12	17
	16	16	6	15	23	28
	23	24	14	8	15	20
	10	9	7	23	20	27
Moyenne	16,2	15	11,3	15,7	18,7	22,6
Variance	24,76	22,8	22,41	26,21	26,81	22,64

- 1) Représenter graphiquement la moyenne des temps de réaction de chaque groupe en fonction de l'intervalle de temps correspondant. Que vous suggère ce graphe ?
- 2) A l'aide de contrastes appropriés, analyser la forme de la liaison entre le temps de réaction et l'intervalle de temps.

**EXERCICE IV: (Voir TD2 et TD7)**

Dans une étude du trouble de conduite à risques chez les jeunes sportifs, un chercheur a observé les comportements délictueux (vol, racket, bagarres etc.) de jeunes âgés de 14 à 25 ans selon la durée hebdomadaire de pratique sportive. Ce comportement délictueux est mesuré dans une échelle de gravité de 0 à 100. Il a obtenu les résultats récapitulés dans le tableau suivant :

	Temps de pratique sportive hebdomadaire (en heures)						
	[0 1[	[1 2[	[2 3[	[3 4[	[4 5[	[5 6[	[6 7[
Effectif $n_i$	15	15	15	15	15	15	15
Moyenne $\bar{y}_i$	75	65	30	35	65	70	80
Variance $s_i^2$	190	450	160	250	410	220	60

**Partie I :** (Voir TD2)

**Partie II :** (Voir TD7)

**Partie III :**

On représente chaque classe de durée par son centre.

- 1) Représenter graphiquement les moyennes en fonction de la durée de pratique hebdomadaire.
- 2) Quelle hypothèse de recherche vous suggère ce diagramme ?
- 3) Quelle tendance est-il plausible de tester ? Réaliser ce test.

**EXERCICE I :**

On reprend une expérience de Bransford (1972) dans laquelle on demande aux sujets d'écouter un texte exprimant 14 idées. Le but visé par Bransford est de montrer l'importance du contexte dans la compréhension d'un texte. Pour se faire, il utilise 4 groupes expérimentaux de 10 sujets.

G1 : Un groupe «sans contexte» écoute simplement le texte.

G2 : Un groupe «avec contexte pendant» regarde un dessin qui évoque nettement le texte pendant qu'il écoute ce dernier.

G3 : Un groupe «avec contexte après» écoute le texte puis regarde le même dessin que le groupe 2.

G4 : Un groupe «avec contexte partiel» regarde un dessin qui évoque vaguement le texte avant d'écouter ce dernier.

Bransford mesure la compréhension du texte par le nombre d'idées correctement rappelées et obtient les résultats suivants :

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
	3	5	2	5
	4	9	4	4
	2	8	5	3
	4	4	4	6
	3	9	1	4
	1	8	4	5
	4	5	3	6
	5	6	2	4
	1	9	4	2
	3	7	3	3
Moyenne	3	7	3,2	4,2
Variance	1,6	3,2	1,36	1,56

- 1) Décrire les différents facteurs et donner le plan de l'expérience.
- 2) Y a-t-il un effet global du contexte sur la compréhension du texte ?
- 3) Bransford a construit cette expérience pour vérifier a priori 4 hypothèses de recherche :
  - ❶ La simple présence d'un contexte a un effet.
  - ❷ Le contexte donné après a un effet par rapport à sans contexte.
  - ❸ Le contexte pendant diffère des autres conditions.
  - ❹ Le contexte partiel diffère du contexte pendant.
  - a) Traduire ces hypothèses de recherche en terme de contraste.
  - b) Dire sans calcul, pourquoi ces contrastes ne sont pas orthogonaux.
- 4) On fixe un seuil  $\alpha = 5\%$  pour l'erreur de 1<sup>ère</sup> espèce de l'ensemble et on le répartit uniformément entre les différents contrastes.
  - a) Calculer l'erreur de 1<sup>ère</sup> espèce par comparaison selon la méthode de Bonferroni et selon celle de Sidak.
  - b) Tester chacun des 4 contrastes précédents selon les méthodes de Bonferroni et de Sidak et comparer ces deux techniques.
- 5) On ne désire plus répartir le seuil  $\alpha=5\%$  uniformément entre les différents contrastes. On veut procéder par étape en ajustant l'erreur de 1<sup>ère</sup> espèce par contraste en fonction du nombre de

contrastes restant à tester (Test d'Holm). Effectuer ces tests et comparer avec la méthode de Bonferroni.

**6)** Bransford considère l'un des 4 groupes comme groupe témoin auquel il veut comparer les trois autres.

**a)** Quel est le groupe témoin ?

**b)** Réaliser les tests comparant chacun des 3 groupes au groupe témoin. On prendra un seuil  $\alpha=5\%$  pour l'erreur de 1<sup>ère</sup> espèce de l'ensemble.

**c)** Qu'obtient-on si on répond la question (b) par un test de Bonferroni ?

**EXERCICE I :** (Voit TD9)

On reprend une expérience de Bransford (1972) dans laquelle on demande aux sujets d'écouter un texte exprimant 14 idées. Le but visé par Bransford est de montrer l'importance du contexte dans la compréhension d'un texte. Pour se faire, il utilise 4 groupes expérimentaux de 10 sujets.

G1 : Un groupe «sans contexte» écoute simplement le texte.

G2 : Un groupe «avec contexte pendant» regarde un dessin qui évoque nettement le texte pendant qu'il écoute ce dernier.

G3 : Un groupe «avec contexte après» écoute le texte puis regarde le même dessin que le groupe2.

G4 : Un groupe «avec contexte partiel» regarde un dessin qui évoque vaguement le texte avant d'écouter ce dernier.

Bransford mesure la compréhension du texte par le nombre d'idées correctement rappelées et obtient les résultats suivants :

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
	3	5	2	5
	4	9	4	4
	2	8	5	3
	4	4	4	6
	3	9	1	4
	1	8	4	5
	4	5	3	6
	5	6	2	4
	1	9	4	2
	3	7	3	3
Moyenne	3	7	3,2	4,2
Variance	1,6	3,2	1,36	1,56

1) Au vu des résultats, Bransford décide de s'intéresser aux contrastes suivants (Voir TD 9)

Contraste	Groupes			
	Sans	Pendant	Après	Partiel
C <sup>1</sup>	-3	1	1	1
C <sup>2</sup>	-1	0	1	0
C <sup>3</sup>	1	-3	1	1
C <sup>4</sup>	0	-1	0	1

Tester ces différents contrastes pour une erreur d'ensemble ne dépassant pas un seuil  $\alpha=5\%$ . Est-ce que le test de Scheffé est plus conservateur que les tests de Bonferroni et de Sidak dans le cas de cet exemple ?

2) Au vu des résultats, Bransford décide de se limiter à l'ensemble des comparaisons par paires de toutes les moyennes tout en assurant une erreur d'ensemble ne dépassant pas un seuil  $\alpha=5\%$ .

a) Construire le tableau donnant toutes les comparaisons par paires.

b) Tester ces différents contrastes et présenter les modalités par sous-ensembles homogènes.

5) Grâce au test de Newman-Keuls classer les moyennes précédentes en sous-ensembles homogènes. Comparer avec le test de Tukey.

6) Qu'apporte de plus le test de Ryan par rapport à celui de Tukey et de Newman-Keuls ? Effectuer ce test et comparer.

## Table des matières

<i>Travaux Dirigés N°1</i> .....	<i>1</i>
Plans d'expériences .....	1
<i>Travaux Dirigés N°2</i> .....	<i>6</i>
Analyse du plan $S<G>$ .....	6
<i>Travaux Dirigés N°3</i> .....	<i>9</i>
Analyse du plan $S<A \times B>$ .....	9
<i>Travaux Dirigés N°4</i> .....	<i>14</i>
Analyse du plan $S \times O$ .....	14
<i>Travaux Dirigés N°5</i> .....	<i>16</i>
Analyse du plan $S \times A \times B$ .....	16
<i>Travaux Dirigés N°6</i> .....	<i>19</i>
Analyse du plan $S<A> \times B$ .....	19
<i>Travaux Dirigés N°7</i> .....	<i>21</i>
Analyse des comparaisons a priori .....	21
<i>Travaux Dirigés N°8</i> .....	<i>24</i>
Analyse des tendances .....	24
<i>Travaux Dirigés N°9</i> .....	<i>26</i>
Comparaisons non orthogonales .....	26
<i>Travaux Dirigés N°10</i> .....	<i>28</i>
Comparaisons a posteriori .....	28