

PLUSIEURS GROUPES DÉCRITS PAR UNE VARIABLE QUANTITATIVE

COMPARAISON GLOBALE ET COMPARAISONS PLANIFIÉES

Mots clés : Comparaison de moyennes ; Groupes indépendants; ANOVA; Test F ; Décomposition d'un effet global ; Comparaisons planifiées ; Comparaisons spécifiques ; Contraste ; Rapport de corrélation (Eta^2) ; Pourcentage de variance (PV);

Ce document a été établi en indiquant comment obtenir les différents résultats avec le logiciel SES-Pegase (version 7). Cependant, il peut être utilisé comme guide méthodologique et d'interprétation, quel que soit le logiciel utilisé.

LE DOSSIER MEMOIRE¹

Il s'agit d'une expérience destinée à tester l'efficacité de 2 méthodes supposées faciliter la mémorisation.

Un échantillon de 21 étudiants a été constitué. Ils ont été répartis au hasard dans 3 groupes et entraînés pendant plusieurs jours :

- un groupe (m0 = Placebo) où les exercices n'ont aucun effet sur les performances de mémoire,
- un groupe (m1 = Méthode 1) où ils étaient entraînés à la première méthode.
- un groupe (m2 = Méthode 2) où ils étaient entraînés à la deuxième méthode.

On a recueilli ensuite leurs scores dans une épreuve de mémoire.

Tableau 1 : Données MEMOIRE

SUJET	GROUPE	SCORE
s01	m0	13
s02	m0	11
s03	m0	15
s04	m0	13
s05	m0	12
s06	m0	14
s07	m0	15
s08	m1	16
s09	m1	14
s10	m1	15
s11	m1	14
s12	m1	12
s13	m1	13
s14	m1	15
s15	m2	14
s16	m2	17
s17	m2	18
s18	m2	15
s19	m2	16
s20	m2	17
s21	m2	16

Questions

1. On se demande si, globalement, il existe des différences entre les scores moyens des trois groupes.
2. On fait l'hypothèse que les deux méthodes sont efficaces (conduisent toutes deux à de meilleures performances qu'en l'absence d'entraînement).
3. On fait également l'hypothèse que la méthode 2 est plus efficace que la méthode 1.

On conviendra qu'un écart inférieur à 1 point sur le score de mémoire (entre les moyennes de deux groupes par exemple) correspond à un écart faible et qu'un écart d'au moins 2 points correspond à un écart fort.

¹ Il s'agit de données fictives

Type et statut des variables

La variable SCORE est une variable quantitative. Elle a le statut de variable dépendante (VD).

La variable GROUPE, qui définit les conditions expérimentales, est une variable qualitative. Elle a le statut de variable indépendante (VI) ou Facteur. De plus, les sujets ayant été affectés aléatoirement aux différents groupes/conditions, on parle de variable ou facteur provoqué. Cette particularité autorisera à parler d'un **effet** de cette VI sur la VD.

Formellement on peut noter « SUJET₇<GROUPE₃> → SCORE » cette structure de données.

OUVERTURE DU FICHIER ET SÉLECTION DES VARIABLES

Ouverture du fichier

```
SES-Pégase
Lancer SESAnalyse
Menu Fichier
- Ouvrir un dossier SES (*.SES)
Sélectionner le dossier MEMOIRE.SES 
```

L'analyse se déroulera en 3 temps :

1. Comparaison globale des 3 groupes
2. Comparaison entre, d'une part les deux groupes suivant un entraînement à la mémorisation, d'autre part le groupe placebo.
3. Comparaison des deux méthodes entre elles.

Mais, avant cela, nous commencerons, comme toujours, par analyser chacune des deux variables, la VD et la VI, indépendamment de l'autre.

ANALYSER LA VD

S'agissant d'une variable quantitative, on analysera successivement:

- la forme de la distribution,
- la tendance centrale,
- la dispersion des valeurs.

Forme de la distribution ?

```
Menu Nouvelle analyse
- sélectionner la variable SCORE en tant que "Variable(s) à analyser" 
Menu Statistiques
- Distribution
- Histogramme
```

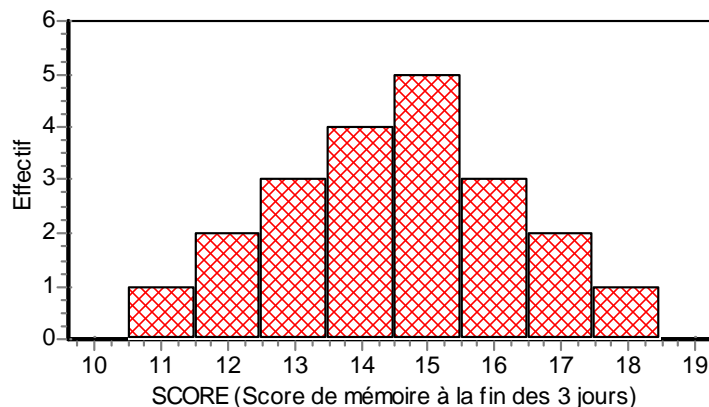


Figure 1 : Distribution des scores (Histogramme)

On se demandera si distribution des valeurs :

- est unimodale ou multimodale,
- est symétrique ou non,
- peut être ajustée ou non par une distribution connue (distribution normale, distribution uniforme...),
- comporte des sous-groupes ou est homogène,
- comporte une ou plusieurs valeurs atypiques.

On constate que la distribution :

- est symétrique,
- est unimodale,
- peut être ajustée par une distribution normale,
- ne comporte pas de valeur(s) atypique(s).

Tendance centrale ?

La moyenne est l'indice de tendance centrale le plus utilisé. Il existe également la médiane et le mode. Il est conseillé de comparer les valeurs de ces trois indices. Elles sont confondues, en particulier mais pas uniquement, lorsque la distribution est symétrique et unimodale (cf. l'exemple de la distribution normale).

Si ces indices divergent beaucoup, la moyenne ne peut pas suffire à résumer la tendance centrale de la distribution.

Référence : Eisenhauer (2002)

- Menu Statistiques
 - Tendance centrale
 - Tous indices de tendance centrale

Tableau 2 : Indices de tendance centrale pour la variable SCORE

Variables	SCORE
Moy	14.5
Med	15.0
Mod	15.0

Le score moyen, le score médian et le mode se situent autour de 15. Cette proximité des trois indices reflète la symétrie des distributions.

Dispersion ?

- Menu Statistiques
 - Dispersion
 - Boîte à moustaches horiz. (médiane et quartiles)

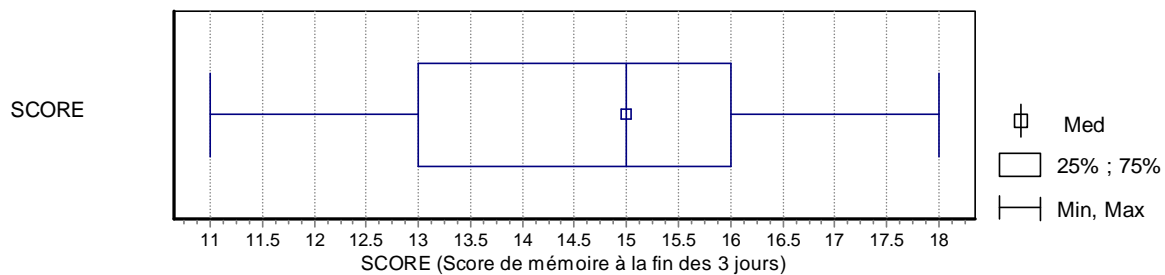


Figure 2 : Distribution des scores par quartiles (Boîte à moustaches)

Pour voir les valeurs des quartiles :

- Menu Statistiques
- Dispersion
- Quartiles

Tableau 3 : Répartition des scores selon les quartiles

Variables	SCORE
Min	11.0
Q1	13.0
Med	15.0
Q3	16.0
Max	18.0

Les scores varient entre 11 (min) et 18 (max). Environ 50% des scores sont inférieurs à 15 (med) et 50% sont supérieurs à 15. Environ 50% des scores sont compris entre 13 (Q1, premier quartile) et 16 (Q3, troisième quartile).

ANALYSER LA VI

- Menu Nouvelle analyse
- Sélectionner la variable GROUPE en tant que "Variable(s) à analyser"

Cette variable est une variable qualitative. On compare les effectifs des 3 groupes et leur répartition en pourcentages.

- Menu Statistiques
- Distribution
- Diagramme à secteurs (camembert)

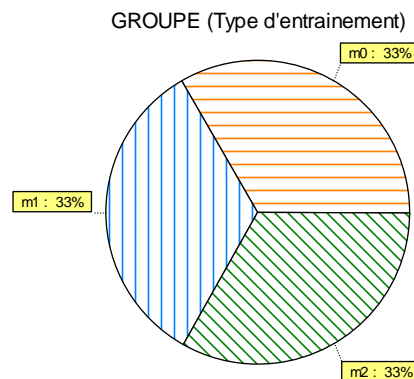


Figure 3 : Répartition (en effectifs et %) des sujets dans les trois groupes

Pour voir le tableau des effectifs et les pourcentages correspondant à ce graphique :

- Menu Statistiques
- Distribution
- Distribution des valeurs (effectifs et %)

Tableau 4 : Distribution (en effectifs et %) des 3 groupes

GROUPE	n	%
m0	7	33%
m1	7	33%
m2	7	33%
Total	21	100%

Les trois groupes sont équilibrés (sept sujets par groupe).

EXISTENCE D'UN EFFET GLOBAL ?

Sélection des variables à analyser

Menu Nouvelle analyse
Sélectionner la variable SCORE en tant que "Variable(s) à analyser",
Cliquer sur **Indiquer des variables prédictrices (VI) ?**
Sélectionner la variable GROUPE en tant que "Prédictrice(s) - VI",
OK.

Dans l'échantillon?

Menu Statistiques
- Tendances centrales par groupe
- Graphique (ligne) des moyennes

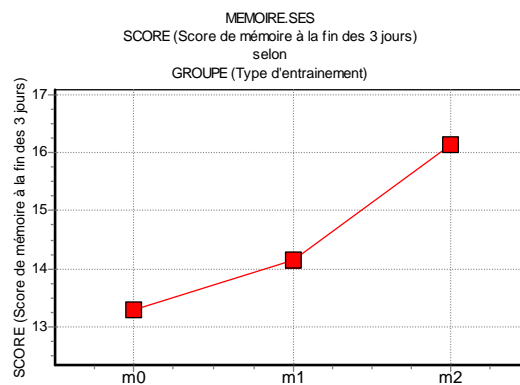


Figure 4 : Graphique des moyennes sur les trois groupes

On constate que les moyennes des scores diffèrent selon le groupe.

Les moyennes des scores des trois groupes s'ordonnent de la manière suivante : $m0$ (Placebo) < $m1$ (Méthode 1) < $m2$ (Méthode 2).

Dans la population ?

L'étape inférentielle s'appuie en particulier sur les tests F de Fisher-Snédecor et t de Student. Pour que ces tests soient valides, un certain nombre de conditions doivent être remplies. Ils supposent en effet que :

1. L'échantillon ait été tiré au hasard parmi la population.
2. Les distributions des scores dans la population parente sont "normales". Cette condition est impossible à vérifier. Toutefois : a/ on peut s'appuyer sur l'observation de l'histogramme de la distribution des valeurs observées (cf. Figure 1) pour décider si cette hypothèse de normalité paraît raisonnable et b/ on sait que ces tests sont "robustes" vis-à-vis de cette condition.
3. Les variances des distributions des scores dans la population parente sont "homogènes" (c.-à-d. proches sinon égales). Cette condition est, là aussi, impossible à vérifier. On s'appuiera sur la comparaison des variances observées dans les groupes. De manière générale, on admet que la condition d'*homogénéité des variances* est remplie si la plus forte variance observée n'est pas quatre fois plus grande que la plus petite (cf. Howell, 1998, p.361-365).

Validité des tests ?

Nuages pondérés intra-groupes

- Menu Statistiques
- Dispersion par groupe
- Nuages pondérés par groupe

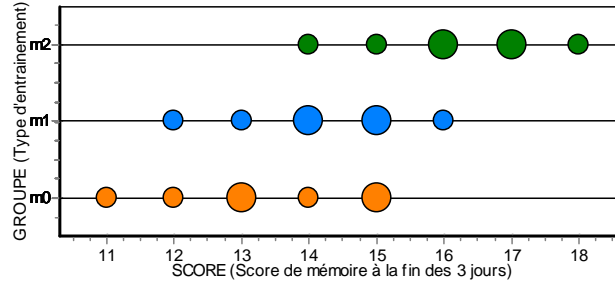


Figure 5 : Distribution des valeurs dans les trois groupes (Diagramme pondéré)

Variances et écarts-type par groupe

- Menu Statistiques
- Dispersion par groupes
- Variances et écarts-type par groupe

Tableau 5 : Variances et écarts-type par groupe

GROUPE	n	Var	VarC	Ety	EtyC
m0	7	1.92	2.24	1.39	1.50
m1	7	1.55	1.81	1.25	1.35
m2	7	1.55	1.81	1.25	1.35

En résumé, les conditions de validité des tests semblent remplies :

- on suppose que l'échantillon a effectivement été tiré au hasard,
- l'examen de la Figure 5 ne semble pas mettre en doute l'hypothèse de normalité des distributions parentes,
- les variances des trois groupes sont très proches (respectivement 1.92, 1.55 et 1.55 dans les groupes m0, m1 et m2) et permettent de supposer que les variances parentes sont homogènes.

On peut donc calculer une ANOVA (test F).

ANOVA - Test F

- Menu Statistiques
- Tests statistiques
- Tableau d'ANOVA (test F)

Tableau : Tableau d'ANOVA

	SC	Ddl	CM	F	p
Inter	30.1	2	15.00	7.71	.0038
Intra	35.1	18	1.95		
Totale	65.2	20	3.26		

On a ici $p < .05$ ($p = .0038$). Cela permet d'en conclure qu'il existe, dans la population, des différences de moyennes de SCORE selon les modalités de la variable GROUPE ($F[2;18] = 7.71$, $p = .0038 < .05$).

Si on avait eu $p > .05$, cela aurait conduit à dire que "On ne peut pas conclure sur l'existence de différences, dans la population, entre les moyennes de SCORE selon le GROUPE".

ATTENTION :

1. Le fait que le test soit significatif ($p < .05$) :

- ne dit rien sur l'ampleur des différences entre ces moyennes parentes (significatif ne veut pas dire important).
- ne dit rien sur l'ordre de ces moyennes.

2. Si le test avait été non significatif ($p > .05$) cela n'aurait pas permis de conclure à l'égalité des moyennes dans la population.²

² Il est tentant de conclure, en cas de test non significatif, à l'absence de différences, puisqu'un test significatif conduit à conclure à l'existence de différences !

TAILLE DE L'EFFET GLOBAL ?

Plusieurs indices peuvent permettre d'évaluer l'ampleur de l'écart global entre les groupes. Le plus utilisé est l' Eta^2 . Cet indice :
- indique la part de variance de la VD dont rend compte la VI,
- permet de conclure sur l'importance (faible/modéré/important) de l'effet de la VI.

Dans l'échantillon ?

L'analyse va s'appuyer sur des représentations graphiques des données. Puis on calculera deux types d'indices de taille d'effet : a/ des indices qui s'appuient uniquement sur la comparaison des moyennes, b/ des indices qui prennent en compte également les dispersions des valeurs autour des moyennes.

Représentations graphiques

Boîtes à moustaches

- Menu Statistiques
- Dispersions par groupe
- Boîtes à moustaches horiz.(quartiles)

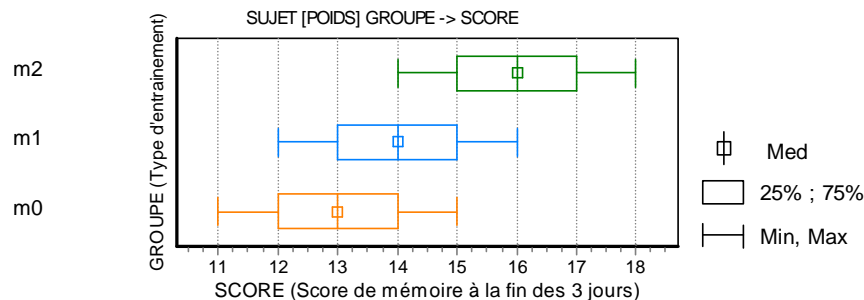


Figure 6 : Boîtes à moustaches par groupe (min, max et quartiles)

Les scores apparaissent, globalement, plus élevés avec la méthode 2 (m2), puis avec la méthode 1 (m1), puis avec le placebo (m0). Toutefois, ces graphiques montrent qu'il existe un recouvrement des distributions : ainsi on trouve dans le groupe Placebo (m0) plusieurs sujets dont le score (15) est supérieur à certains sujets du groupe m2.

Indice brut

- Menu Statistiques
- Tendances centrales par groupe
- Moyennes par groupe

Tableau 6 - Moyennes par groupe

GROUPE	SCORE	POIDS
m0	13.29	7
m1	14.14	7
m2	16.14	7

Comment résumer par un indice l'écart entre les moyennes ? Lorsque l'on compare deux groupes, il existe un indice simple : la différence des moyennes. Lorsque l'on compare plus de deux groupes il faut calculer un indice plus complexe : l'écart-type inter-groupes.³

- Menu Statistiques
- Taille de l'effet
- Écart-type inter-groupes

³ Du point de vue du calcul l'écart-type inter est l'écart-type des moyennes.

Tableau 7 - Écart-type inter-groupes

GROUPE	SCORE
Ety_inter	1.2
EtyC_inte	1.47

L'écart-type inter-groupes (ou l'écart-type inter-groupes corrigé) indique dans quelle mesure les moyennes diffèrent entre elles. Ces indices seraient égaux à 0 si les moyennes étaient égales et sont d'autant plus grands que les moyennes diffèrent.

Plus précisément, l'écart-type inter-groupes indique que, en moyenne, les groupes s'écartent de 1.2 point de la moyenne globale (14.5).

Indice calibré

Pour évaluer la taille de l'effet, une autre catégorie d'indices vise à prendre en compte, non seulement l'écart entre les moyennes, mais aussi la dispersion des valeurs individuelles autour de ces moyennes. On commence donc par analyser ces *dispersions intra-groupes*. Puis on s'intéressera à l'un des indices calibrés, le plus fréquemment utilisé : le *rapport de corrélation* (Eta^2 ou PV pour Pourcentage de Variance).

Écarts intra-groupes

- Menu Statistiques
- Dispersions par groupe
- Écarts intra-groupes individuels

Tableau 8 : Écarts intra-groupes individuels (résultats partiels)

SUJET	SCORE-G	POIDS
s01	-0.29	1
s02	-2.29	1
s03	1.71	1
s04	-0.29	1
s05	-1.29	1
s06	0.71	1
s07	1.71	1
s08	1.86	1
s09	-0.14	1
(...)	(...)	(...)

On a, pour chaque unité (individu...), l'écart à la moyenne de son groupe. Ainsi :

- le sujet s01 a un score de 13 alors que la moyenne de son groupe (m_0) est 13.29. Ce sujet se trouve donc à 0.29 point au dessous de la moyenne de son groupe.
- le sujet s13 a également un score de 13 mais la moyenne de son groupe (m_1) est plus élevée (14.14). Il se trouve donc à 1.14 point au dessous de la moyenne de son groupe.

Variance et écart-type intra-groupe

- Menu Statistiques
- Dispersions par groupes
- Indices de dispersion intra-groupes

Tableau 9 : Variances et écarts-type intra-groupes

GROUPE	V_intra	Ety_intra	VarC_intra	EtyC_intra
SCORE	1.67	1.29	1.95	1.4

On peut retenir parmi ces indices :

- la variance intra-groupe ($V_{intra} = 1.67$). Elle serait égale à 0 si, à l'intérieur de chaque groupe, tous les sujets avaient le même score. Elle est d'autant plus grande que les scores individuels sont dispersés autour de la moyenne. (cf. Tableau 5).
- l'écart-type intra ($Ety_{intra} = 1.29$). Il indique que, en moyenne, les scores individuels s'éloignent de 1.29 de la moyenne de leur groupe.

Rapport de corrélation Eta^2 (PV)

- Menu Statistiques
- Taille de l'effet
- Eta^2 (Pourcentage de variance - PV)

Tableau 10 : Eta^2 (pourcentage de variance)

GROUPE	V_inter	V_intra	V_total	Eta^2
SCORE	1.43	1.67	3.11	46%

Le rapport de corrélation Eta^2 indique dans quelle mesure la VI rend compte de la dispersion des valeurs individuelles. Plus précisément, il indique le pourcentage de variance de la VD dont rend compte la VI.

On constate ici que la variance totale des scores est de 3.11 (V_{totale}). Le facteur GROUPE rend compte de 46% ($1.43 / 3.11$) de cette variance ($Eta^2 = 46%$). Ce pourcentage est important ($> 16%$).

Dans la population ?

Après avoir évalué la taille de l'effet dans l'échantillon, on cherche à évaluer la taille de l'effet dans la population. Pour cela on peut calculer l'intervalle de confiance sur les valeurs possible d' Eta^2 dans la population.

- Menu Statistiques
- Taille de l'effet
- IC sur Eta^2 (Pourcentage de variance - PV)

Tableau 11 : Intervalle de confiance (95%) sur Eta^2

Eta^2	46%
p	.05
Confiance	95%
IC_inf	7%
IC_sup	64%

On note $IC\ 95\% = [7\% ; 64\%]$ l'intervalle de confiance obtenu.

Il semble que, dans la population, le pourcentage de variance des scores dont rend compte la méthode enseignée est compris entre 7% et 64%.

Peut-on en conclure que l'effet est faible/modéré/important ? Pour répondre à cette question, on situe les limites de cet intervalle de confiance par rapport aux valeurs repères (4% et 16%). On constate ici que la limite inférieure de l'intervalle (7%) est inférieure à la limite d'un effet important. On ne peut donc pas conclure que l'effet de la méthode est important. Toutefois on peut conclure qu'il n'est pas faible ($< 4%$) et donc au moins modéré ($> 4%$).

Rédiger le compte-rendu de l'analyse

On cherche à tester l'efficacité de deux méthodes supposées faciliter la mémorisation.

Pour cela on recueille les scores à une épreuve de mémoire chez des étudiants

répartis au hasard dans 3 groupes,

un groupe placebo (m_0), un groupe entraîné à la méthode 1 (m_1) et un groupe entraîné à la méthode 2 (m_2).

On constate, sur un échantillon de 21 étudiants,

l'ordre suivant entre les moyennes par groupe : Placebo ($m_0 = 13.3$) < Méthode 1 ($m_1 = 14.1$) < Méthode 2 ($m_2 = 16.1$).

L'effet du groupe auquel ont été affectés les sujets permet de prédire 46% de la variance des scores ($Eta^2 = 46%$).

Cet effet peut être jugé important

($Eta^2 > 16%$)

Il semble que,

au niveau de l'ensemble des étudiants d'où provient cet échantillon,

il existe également des différences de moyennes selon le groupe

($F_{[2;18]} = 7.71, p = .0038 < .05$).

Toutefois on ne peut pas conclure à un effet important du facteur Groupe

($IC\ 95\%$ sur $Eta^2 = [7\% ; 64\%]$

ne comprend pas que des valeurs supérieures à 16%).

COMPARAISON PLANIFIÉE N°1 (SUR 3 GROUPES)

On s'intéresse ici à la comparaison entre :

- d'une part le groupe Placebo (m0),
- d'autre part les deux autres groupes (m1 et m2) ayant suivi un entraînement à la mémorisation.

Définir un contraste

Définir un contraste, c'est indiquer quels sont les deux ensembles de groupes à comparer. Ici on oppose le groupe Placebo (m0) aux deux groupes avec entraînement (m1 et m2) réunis. D'où les coefficients de contraste suivants :

Tableau 12 : Comparaison n°1 - Coefficients du contraste

GROUPE	Coeff.
m0	-1
m1	+0.5
m2	+0.5

Définir un tel contraste permet de comparer la moyenne de m0 d'une part, à la moyenne des deux groupes m1 et m2 réunis d'autre part.

Remarquons que l'on aurait pu inverser les signes des coefficients. On a choisi (facultatif) d'attribuer un coefficient négatif au coefficient du groupe m0 et un coefficient positif aux deux autres groupes (m1 et m2) car, selon l'hypothèse, on s'attend à ce que les moyennes des groupes m1 et m2 réunis soit supérieure à celle du groupe m0. Si l'hypothèse est vérifiée, l'effet associé au contraste sera positif. Sinon, il sera négatif.

```
Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- Définir le contraste
- Saisir les coefficients ci-dessus.
```

Sens de l'effet associé au contraste?

Dans l'échantillon ?

```
Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- Effet brut (d) du contraste
```

Tableau 13 : Comparaison n°1 - Comparaison des moyennes

GROUPE	SCORE
d_contraste	1.86

L'effet (d_contraste) est positif (+1.86). Compte tenu des signes des coefficients du contraste saisi, cela signifie que, conformément à l'hypothèse, la moyenne des deux groupes m1 et m2 réunis, est supérieure à la moyenne du groupe m0 (placebo).

Dans la population ?

La procédure inférentielle classique est la mise en œuvre d'un test. Il existe trois procédures possibles : *t* de Student, *F* de Fisher et ANOVA. On constate ci-dessous que ces trois procédures conduisent à des résultats strictement équivalents du point de vue de la valeur-*p* obtenue ($p = .0102$). Or c'est sur la base de cette valeur-*p* que nous allons conclure.

Test *t* de Student

```
Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- t de Student sur contraste
```

Tableau 14 : Comparaison n°1 - Test t de Student

d_contrast	1.86
t_contrast	2.87
ddl	18
p	.0102

Test F de Fisher-Snédecor

- Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- F de Fisher sur contraste

Tableau 15 : Comparaison n°1 - Test F de Fisher

d_contrast	1.86
F_contrast	8.24
DdlInter	1
DdlIntra	18
p	.0102

Analyse de la variance (ANOVA)

- Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- ANOVA sur contraste

Tableau 16 : Comparaison n°1 - ANOVA

	SC	ddl	CM	F	p
Inter	16.1	1	16.10	8.24	.0102
Intra	35.1	18	1.95		
Totale	65.2	20	3.26		

- Si $p < .05$ cela permet de conclure qu'il semble exister, dans la population, une différence de performance selon le contraste défini sur les groupes.

- Si $p > .05$ on ne peut pas conclure à l'existence de différences de performance selon le contraste défini sur les groupes.

Ici $p = .0102 (< .05)$ on conclut qu'il semble exister, dans la population, une différence de performance selon le contraste défini sur les groupes. Cela signifie que, en moyenne, les deux méthodes m1 et m2 réunis conduisent à de meilleurs scores que la méthode Placebo (m0).

ATTENTION : cf. encadré précédent à propos de l'interprétation du résultat d'un test.

Taille de l'effet associé au contraste ?

Pour évaluer la taille de l'effet on peut utiliser deux types d'indices :
- des indices bruts (par exemple une différence de moyennes)
- des indices calibrés (par exemple le rapport de corrélation Eta^2).

Dans l'échantillon ?

Effet brut (différence des moyennes)

Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- Effet brut (d) du contraste

Tableau 17 : Comparaison n°1 - Effet brut (d)

GROUPE	SCORE
d_contras	1.86

L'écart entre les deux moyennes, celle de m0 d'une part et celle de m1 et m2 réunis d'autre part, est 1.86. Compte tenu des valeurs repères indiquées, on conclura à un écart modéré ($1 < d < 2$).

Effet calibré (Eta^2)

Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- Eta^2 du contraste

Tableau 18 : Comparaison n°1 - Effet calibré (Eta^2)

GROUPE	SCORE
SC_contra	16.1
SC_intra	35.1
SC_totale	51.2
Eta^2	31%

La différence des scores entre m0 d'une part et m1 et m2 réunis d'autre part, rend compte de 31 % de la variance des scores.

Dans la population ?

Effet brut (différence des moyennes)

Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- IC sur effet brut (d) du contraste

Tableau 19 : Comparaison n°1 - IC sur l'effet brut (d)

d_contrast	1.86
IC_Inf.	0.50
IC_Sup.	3.22

L'intervalle de confiance (IC 95% = [0.50 ; 3.22]) nous indique que dans la population, la différence de performance (SCORE) selon le contraste défini sur les groupes (c'est-à-dire entre m0 d'une part et m1 et m2 réunis d'autre part) serait (au seuil .05, soit au niveau de confiance 95%) comprise entre 0.50 et 3.22.

1. Cet intervalle exclut un effet nul (au seuil .05). Ceci est cohérent (nécessairement) avec le fait que les tests (t , F et ANOVA) sont significatifs (cf. ci-dessus). Il permet de conclure (nécessairement) comme avec les tests, à l'existence d'un effet associé au contraste.

2. Concernant la taille de l'effet, cet intervalle (IC 95% = [0.50 ; 3.22]) est très large et englobe à la fois des valeurs faibles (< 1) et des valeurs fortes (> 2). Il n'est donc pas possible de conclure sur l'importance de l'effet (faible, modéré ou fort).

Effet calibré (Eta^2)

- Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- IC sur Eta^2 du contraste

Tableau 20 : Comparaison n°1 - IC sur l'effet calibré (Eta^2)

Eta ²	31%
p	.05
Confiance	95%
IC_inf	2%
IC_sup	56%

L'intervalle de confiance (IC 95% = [2% ; 56%]) nous indique que, dans la population, le pourcentage de variance dont rend compte le contraste, serait compris entre 2% et 56% (au seuil .05, soit au niveau de confiance 95%).

1. Cet intervalle (IC 95% = [2% ; 56%]) exclut la valeur 0% comme valeur possible d' Eta^2 dans la population. Ce résultat est cohérent avec le résultat des tests (t , F et ANOVA) qui concluaient à l'existence d'un effet associé au contraste défini.

2. Concernant la taille de l'effet, cet intervalle est très large et englobe à la fois des valeurs faibles (< 4%) et des valeurs fortes (> 16%). Il n'est donc pas possible de conclure sur l'importance de l'effet (faible, modéré ou fort ?) dans la population.

Rédiger le compte-rendu de l'analyse

On cherche à tester l'efficacité de deux méthodes supposées faciliter la mémorisation.

Pour cela on recueille les scores à une épreuve de mémoire chez des étudiants répartis au hasard dans 3 groupes, un groupe placebo (m_0), un groupe entraîné à la méthode 1 (m_1) et un groupe entraîné à la méthode 2 (m_2).

On constate,

sur un échantillon de 21 étudiants, des différences de performances selon les groupes:

que la performance moyenne des deux groupes entraînés à la mémorisation (m_1 et m_2) est supérieure à celle du groupe Placebo (m_0)

La différence des moyennes (d) est de 1.86 point. Le pourcentage de variance expliquée (Eta^2) est de 31%.

L'écart entre m_0 d'une part, m_1 et m_2 d'autre part sera jugé

- modéré si l'on considère l'écart entre les moyennes ($1 < d = 1.86 < 2$)

- important si l'on considère le pourcentage de variance expliquée ($Eta^2 = 31% > 16%$).

Il semble que,

au niveau de l'ensemble des étudiants d'où provient cet échantillon,

il existe également une différence entre m_0 d'une part et m_1 et m_2 réunis d'autre part

($F[1;18] = 8.24, p = .0102 < .05$).

Toutefois on ne peut pas conclure à un effet important que l'on considère l'écart entre les moyennes

(IC 95% sur $d = [0.50 ; 3.22]$

ou le pourcentage de variance expliquée

IC 95% sur $Eta^2 = [7% ; 64%]$).

COMPARAISON PLANIFIÉE N°2 (SUR 2 GROUPES - OPTION SPÉCIFIQUE)

On s'intéresse maintenant à la comparaison entre les deux méthodes d'entraînement à la mémorisation. Il existe deux options pour cette analyse :

- une option "spécifique" qui consiste à sélectionner le sous-ensemble des données ne comprenant que ces deux groupes. On se ramène alors au cas élémentaire de la comparaison de deux groupes indépendants, cas examiné par ailleurs (cf. le dossier RAPPEL par exemple),
 - une option "non spécifique" qui consiste à comparer ces deux groupes, mais tout en prenant en compte les données fournies par le troisième groupe (par exemple du point de vue des dispersions intra-groupes).
- Nous examinons ici l'option spécifique.

Sélectionner le sous-ensemble des données

- Menu Nouvel analyse
- Sélectionner la variable SCORE en tant que "Variable(s) à analyser",
- Cliquer sur
- Sélectionner la variable GROUPE en tant que "Prédictrice(s) (VI)",
- Bouton
- Cliquer sur GROUPE
- Décocher m0
- .

Sens de l'effet ?

Dans l'échantillon ?

- Menu Statistiques
- Tendances centrales par groupe
- Graphique (ligne) des moyennes par groupe

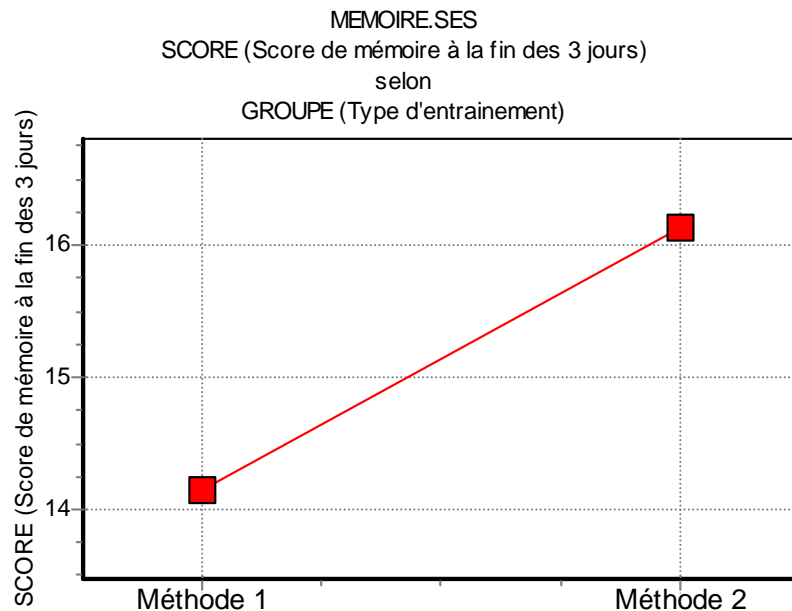


Figure 7 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Graphique des moyennes par groupe

La méthode 2 apparaît plus efficace que la méthode 1.

Dans la population ?

La procédure inférentielle classique est la mise en œuvre d'un test. Il existe deux procédures possibles : *t* de Student, et ANOVA. On constate ci-dessous que ces deux procédures conduisent à des résultats strictement équivalents du point de vue de la valeur-*p* obtenue ($p = .0166$). Or c'est sur la base de cette valeur-*p* que nous allons conclure.

Test *t* de Student (avec égalité des variances)

```
Menu Statistiques
- Tests statistiques
- t de Student (avec égalité des variances)
MESSAGE d'erreur !!! Fonctionne si on ferme et ré-ouvre le fichier
```

Tableau 21 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Test *t* de Student

	SCORE
d	-2.00
d_par	0.00
ddl	12
t	2.78
p	.0166

Analyse de la variance (ANOVA)

```
Menu Statistiques
- Tests statistiques
- Tableau ANOVA - Test F
```

Tableau 22 : Comparaison n°2 (option spécifique) - ANOVA

	SC	ddl	CM	F	p
Inter	14.0	1	14.0	7.74	0.0166
Intra	21.7	12	1.81		
Totale	35.7	13	2.75		

Il semble qu'il existe, dans la population, une différence de performance (SCORE) entre les deux méthodes m1 et m2 ($F[1;12] = 7.74, p = .0167 < .05$).⁴

ATTENTION : Cela ne dit RIEN sur l'ampleur de la différence de performance entre ces deux méthodes

⁴ On aurait pu reporter le résultat du test *t* de Student.

Taille de l'effet ?

Que peut-on dire de la taille/ampleur/force de l'écart entre les deux groupes ? On peut utiliser deux types d'indices :
- des indices bruts (par exemple la différence des moyennes)
- des indices calibrés (par exemple le rapport de corrélation Eta^2).

Dans l'échantillon ?

Effet brut (différence des moyennes)

Menu Statistiques
- Taille de l'effet
- Différence des 2 moyennes

Tableau 23 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Moyenne et différence des moyennes

GROUPE	
m1	14.1
m2	16.1
(m1-m2)	-2.0

L'écart entre les deux moyennes ($m1 = 14.1$ et $m2 = 16.1$) est de 2 points. Cet écart est important compte tenu des valeurs repères indiquées ($d \geq 2$).

Effet calibré (Eta^2)

Menu Statistiques
- Taille de l'effet
- Eta^2 (Pourcentage de variance - PV)

Tableau 24 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Effet calibré (Eta^2)

GROUPE	SCORE
V_inter	1.00
V_intra	1.55
V_total	2.55
Eta^2	39%

La variance des scores dans ces deux groupes est de 2.55 (V_{total}). La méthode enseignée ($m1$ ou $m2$) rend compte de 39% ($1.00 / 2.55$) de cette variance ($Eta^2 = 39\%$).

Dans la population ?

Effet brut (différence des moyennes)

Menu Statistiques
- Taille de l'effet
- IC sur la différence des moyennes (si égalité des variances)

Tableau 25 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Intervalle de confiance sur l'effet brut (d)

d	-2.00
p	.05
Confiance	95%
IC_inf	-3.57
IC_sup	-0.43

Remarquons tout d'abord que le logiciel a calculé les écarts, arbitrairement, dans le sens $m1 - m2$, d'où une valeur d et des limites de l'intervalle de confiance négatives. Pour les commentaires, on supposera que les calculs ont été faits dans le sens $m2 - m1$ et on inversera donc les signes (et donc les deux limites de l'intervalle).

L'intervalle de confiance ($IC\ 95\% = [+0.43 ; +3.57]$) nous indique que dans la population, la différence de SCORE selon le contraste défini sur GROUPE, serait (au seuil .05) comprise entre 0.43 et 3.57.

1. Cet intervalle exclut un effet nul (au seuil .05). Ceci est cohérent (nécessairement) avec le fait que les tests (t , F et ANOVA) sont significatifs (cf. ci-dessus). Il permet de conclure, comme avec les tests, à l'existence d'un écart entre les deux groupes.

2. Concernant la taille de l'effet, cet intervalle ($IC\ 95\% = [0.50 ; 3.22]$) est très large et englobe à la fois des valeurs faibles (< 1) et des valeurs fortes (> 2). Il n'est donc pas possible de conclure sur l'importance de l'écart entre les deux groupes (faible, modéré ou fort ?) dans la population.

Effet calibré (Eta^2)

```
Menu Statistiques
- Taille de l'effet
- IC sur  $Eta^2$  (Pourcentage de variance - PV)
```

Tableau 26 : Comparaison n°2 (option spécifique) - IC sur Eta^2

Eta^2	39%
p	.05
Confiance	95%
IC_inf	1%
IC_sup	64%

L'intervalle de confiance ($IC\ 95\% = [1\% ; 64\%]$) nous indique que, dans la population, la méthode enseignée rend compte d'une part de la variance des scores comprise (au seuil .05) entre 1% et 64%.

1. Cet intervalle ($IC\ 95\% = [1\% ; 64\%]$) exclut la valeur 0% comme valeur possible d' Eta^2 dans la population. Ce résultat est cohérent avec le résultat des tests (t , F et ANOVA) qui concluaient à l'existence d'une différence entre les deux méthodes : la méthode rend compte d'une part (non nulle) de la variance des scores.

2. Concernant la taille de l'effet, cet intervalle est très large et englobe à la fois des valeurs faibles ($< 4\%$) et des valeurs fortes ($> 16\%$). Il n'est donc pas possible de conclure sur l'importance de l'effet (faible, modéré ou fort ?).

Rédiger le compte-rendu de l'analyse

On cherche à tester l'efficacité de 2 méthodes supposées faciliter la mémorisation.

Pour cela on recueille les scores à une épreuve de mémoire chez des étudiants répartis au hasard dans 2 groupes, un groupe entraîné à la méthode 1 (m1) et un groupe entraîné à la méthode 2 (m2).

On constate que,

sur un échantillon de 14 étudiants,

la performance moyenne des étudiants du groupe ayant suivi la méthode 2 est plus élevée ($m_2 = 16.1$) que celle des étudiants ayant suivi la méthode 1 ($m_1 = 14.1$),

la différence des moyennes (d) est de 2 points. La méthode rend compte de 39% de la variance des scores ($Eta^2 = 39\%$).

L'écart entre les deux méthodes peut être considéré comme important, que l'on considère l'écart entre les moyennes ($d \geq 2$) ou le pourcentage de variance expliquée ($Eta^2 > 16\%$).

Il semble que,

au niveau de l'ensemble des étudiants d'où provient cet échantillon,

il existe une différence entre les deux méthodes m1 et m2

($t[12] = 2.78, p = .0166 < .05$).

Toutefois on ne peut pas conclure à un effet important,

que l'on considère l'écart entre les moyennes

($IC\ 95\%$ sur $d = [0.43 ; 3.57]$ qui contient des valeurs inférieures à 2)

ou le pourcentage de variance expliquée

($IC\ 95\%$ sur $Eta^2 = [1\% ; 64\%]$ qui contient des valeurs inférieures à 16%).

COMPARAISON PLANIFIÉE N°2 (SUR 2 GROUPES - OPTION NON SPÉCIFIQUE)

On s'intéresse ici à la comparaison entre les deux groupes avec entraînement à la mémorisation (m1 et m2).

Rappelons qu'il existe deux options pour cette analyse :

- une option "spécifique" qui consiste à tout d'abord sélectionner le sous-ensemble des données ne comprenant que ces deux groupes. On se ramène alors au cas élémentaire de la comparaison de deux groupes indépendants, cas examiné par ailleurs (cf. le dossier RAPPEL par exemple),
- une option "non spécifique" qui consiste à comparer ces deux groupes mais tout en prenant en compte les données fournies par le troisième groupe (en particulier pour la prise en compte des dispersions intra-groupes).

Nous examinons ici l'option "non spécifique". On doit alors utiliser la méthode des contrastes.

```
Menu Nouvelle analyse
Sélectionner la variable SCORE en tant que "Variable(s) à analyser",
Cliquer sur Indiquer des variables prédictrices (VI) ?
Sélectionner la variable GROUPE en tant que "Prédictrice(s) - VI -",
OK.
```

Définir le contraste

On écarte le groupe Placebo (m0) non concerné par la comparaison, en lui affectant un coefficient égal à 0.

Tableau 27 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Coefficients du contraste

GROUPE	Coeff.
m0	0
m1	-1
m2	+1

```
Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- Définir le contraste
Saisir les coefficients ci-dessus.
```

Sens de l'effet associé au contraste ?

Dans l'échantillon ?

```
Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- Effet brut (d) du contraste
```

Tableau 28 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Effet brut

GROUPE	SCORE
d_contras	2.00

L'effet est positif ($d = +2.00$). Compte tenu des signes des coefficients affectés aux deux groupes, cela signifie que, dans l'échantillon observé, la méthode 2 conduit à de meilleures performances que la méthode 1.

Dans la population ?

On présente ici trois méthodes strictement équivalentes (conduisent à la même valeur- p et donc à la même conclusion :

- un test t de Student
- un test F de Fisher
- une analyse de la variance (ANOVA).

Test t de Student

- Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- t de Student sur contraste

Tableau 29 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - t de Student

d_contras	2.00
t_contras	2.68
ddl	18
p	.0154

Test F de Fisher-Snédecor

- Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- F de Fisher sur contraste

Tableau 30 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - F de Fisher

d_contras	2
F_contras	7.17
Ddl_inter	1
Ddl_intra	18
p	.0154

ANOVA (test F)

- Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- ANOVA sur contraste

Tableau 31 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - ANOVA

	SC	Ddl	CM	F	p
Inter	14.0	1	14.0	7.17	.0154
Intra	35.1	18	1.95		
Totale	65.2	20	3.26		

Si $p < .05$ (c'est le cas ici où $p = .0154$) cela permet de conclure qu'il existe, dans la population, une différence de performance (SCORE) entre les deux méthodes m_1 et m_2 , dans le même sens que dans l'échantillon, c'est-à-dire en faveur de la méthode 2 ($F_{[1,18]} = 7,17, p = .0154 < .05$).

Si on avait obtenu $p > .05$ on n'aurait pas pu conclure à l'existence de différence de performance entre les deux méthodes.

Taille de l'effet associé au contraste ?

Dans l'échantillon ?

Effet brut

```
Menu Statistiques  
- Comparaison planifiée  
- Effet brut (d) du contraste.
```

Tableau 32 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Effet brut

GROUPE	SCORE
d_contras	2.00

On retrouve, bien entendu, l'effet observé avec l'option spécifique, la différence des moyennes ($m_2 - m_1$) est égale à +2.00.

Effet calibré

On calcule un Eta^2 . Dans le cas de la comparaison de deux groupes ou de l'effet d'un contraste, on peut également utiliser l'indice d de Cohen

```
Menu Statistiques  
- Comparaison planifiée  
-  $Eta^2$  du contraste
```

Tableau 33 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Effet calibré (Eta^2)

GROUPE	SCORE
SC_contra	14.0
SC_intra	35.1
SC_totale	49.1
Eta^2	28%

Ce tableau nous indique que la méthode enseignée rend compte de 28% de la variance des performances ($Eta^2 = 8\%$).

Dans la population ?

Effet brut

```
Menu Statistiques  
- Comparaison planifiée  
- IC sur l'effet brut (d) du contraste
```

Tableau 34 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - IC sur l'effet brut

d_contrast	2.00
p	.05
Confiance	95%
IC_inf	0.43
IC_sup	3.57

Il semble que, dans la population, la différence de performance (SCORE) selon la méthode enseignée, est comprise entre 0.43 et 3.57 (au seuil $p = .05$). Cet intervalle comprend des valeurs faibles (< 1) et des valeurs fortes (> 2). On ne peut donc pas se prononcer sur l'importance de l'écart entre les deux méthodes dans la population.

Effet calibré

- Menu Statistiques
- Comparaison planifiée
- IC sur η^2 du contraste

Tableau 35 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - IC sur l'effet calibré (η^2)

η^2	28%
p	.05
Confiance	95%
IC_inf	1%
IC_sup	53%

L'intervalle de confiance (IC 95% = [1% ; 53%]) sur η^2 nous indique que, dans la population, l'écart entre les deux méthodes m1 et m2 rend compte de 1% à 53% de la variance des performances.⁵ Cet intervalle comprend à la fois des valeurs faibles ($\eta^2 < 4\%$) et des valeurs fortes ($\eta^2 > 16\%$). Il n'est donc pas possible de juger de l'importance de la différence entre les deux méthodes dans la population.

Rédiger le compte-rendu de l'analyse

On cherche à tester l'efficacité de 2 méthodes supposées faciliter la mémorisation.

Pour cela on recueille les scores à une épreuve de mémoire chez des étudiants répartis au hasard dans 2 groupes, un groupe entraîné à la méthode 1 (m1) et un groupe entraîné à la méthode 2 (m2).

On constate,

sur un échantillon de 14 étudiants, des différences de performances selon les groupes:

La performance moyenne des étudiants du groupe ayant suivi la méthode 2 est plus élevée ($m_2 = 16.1$) que celle des étudiants ayant suivi la méthode 1 ($m_1 = 14.1$)

La différence des moyennes (d) est de 2 points. L'écart entre les moyennes rend compte de 28% de la variance des performances ($\eta^2 = 28\%$).

L'écart entre les deux méthodes, dans cet échantillon, peut être considéré comme important, que l'on considère l'écart entre les moyennes ($d >= 2$) ou le pourcentage de variance expliquée ($\eta^2 > 16\%$).

Il semble que,

au niveau de l'ensemble des étudiants d'où provient cet échantillon, il existe également une différence entre les deux méthodes m1 et m2 ($t[12] = 2.68, p = .0154 < .05$).

Toutefois on ne peut pas conclure à un effet important,

que l'on considère l'écart entre les moyennes

(IC 95% sur $d = [0.43 ; 3.57]$ qui contient des valeurs inférieures à 2)

ou le pourcentage de variance expliquée

(IC 95% sur $\eta^2 = [1\% ; 53\%]$ qui contient des valeurs inférieures à 16%).

⁵ La largeur de l'intervalle de confiance est due en particulier au faible effectif de l'échantillon.

RÉFÉRENCES

Richard, J.-F. (1995). *L'analyse des comparaisons : l'analyse de variance classique*, in Ghiglione, & Richard, J.-F. (Eds.). (1995). Cours de Psychologie, Tome 6. Paris: Dunod.

Howell, D. C. (1998). *Méthodes statistiques en Sciences Humaines*. Paris: De Boeck.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données MEMOIRE	1
Tableau 2 : Indices de tendance centrale pour la variable SCORE	3
Tableau 3 : Répartition des scores selon les quartiles	4
Tableau 4 : Distribution (en effectifs et %) des 3 groupes	4
Tableau 5 : Variances et écarts-type par groupe	6
Tableau 6 - Moyennes par groupe	7
Tableau 7 - Écart-type inter-groupes	8
Tableau 8 : Écarts intra-groupes individuels (résultats partiels).....	8
Tableau 9 : Variances et écarts-type intra-groupes	8
Tableau 10 : Eta ² (pourcentage de variance)	9
Tableau 11 : Intervalle de confiance (95%) sur Eta ²	9
Tableau 12 : Comparaison n°1 - Coefficients du contraste	10
Tableau 13 : Comparaison n°1 - Comparaison des moyennes	10
Tableau 14 : Comparaison n°1 - Test t de Student.....	11
Tableau 15 : Comparaison n°1 - Test F de Fisher	11
Tableau 16 : Comparaison n°1 - ANOVA	11
Tableau 17 : Comparaison n°1 - Effet brut (d)	12
Tableau 18 : Comparaison n°1 - Effet calibré (Eta ²)	12
Tableau 19 : Comparaison n°1 - IC sur l'effet brut (d).....	12
Tableau 20 : Comparaison n°1 - IC sur l'effet calibré (Eta ²)	13
Tableau 21 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Test t de Student	15
Tableau 22 : Comparaison n°2 (option spécifique) - ANOVA	15
Tableau 23 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Moyenne et différence des moyennes.....	16
Tableau 24 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Effet calibré (Eta ²).....	16
Tableau 25 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Intervalle de confiance sur l'effet brut (d).....	16
Tableau 26 : Comparaison n°2 (option spécifique) - IC sur Eta ²	17
Tableau 27 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Coefficients du contraste	18
Tableau 28 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Effet brut	18
Tableau 29 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - t de Student	19
Tableau 30 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - F de Fisher	19
Tableau 31 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - ANOVA.....	19
Tableau 32 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Effet brut	20
Tableau 33 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - Effet calibré (Eta ²).....	20
Tableau 34 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - IC sur l'effet brut.....	20
Tableau 35 : Comparaison n°2 (option non spécifique) - IC sur l'effet calibré (Eta ²).....	21

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Distribution des scores (Histogramme).....	2
Figure 2 : Distribution des scores par quartiles (Boite à moustaches).....	3
Figure 3 : Répartition (en effectifs et %) des sujets dans les trois groupes	4
Figure 4 : Graphique des moyennes sur les trois groupes	5
Figure 5 : Distribution des valeurs dans les trois groupes (Diagramme pondéré).....	6
Figure 6 : Boîtes à moustaches par groupe (min, max et quartiles)	7
Figure 7 : Comparaison n°2 (option spécifique) - Graphique des moyennes par groupe	14

SOMMAIRE

Le dossier MEMOIRE	1
<i>Questions</i>	<i>1</i>
<i>Type et statut des variables</i>	<i>2</i>
Ouverture du fichier et sélection des variables	2
<i>Ouverture du fichier</i>	<i>2</i>
Analyser la VD	2
<i>Forme de la distribution ?</i>	<i>2</i>
<i>Tendance centrale ?</i>	<i>3</i>
<i>Dispersion ?</i>	<i>3</i>
Analyser la VI	4
Existence d'un effet global ?	5
<i>Dans l'échantillon?</i>	<i>5</i>
<i>Dans la population ?</i>	<i>5</i>
Taille de l'effet global ?	7
<i>Dans l'échantillon ?</i>	<i>7</i>
<i>Dans la population ?</i>	<i>9</i>
<i>Rédiger le compte-rendu de l'analyse</i>	<i>9</i>
Comparaison planifiée n°1 (sur 3 groupes)	10
<i>Définir un contraste</i>	<i>10</i>
<i>Sens de l'effet associé au contraste?</i>	<i>10</i>
<i>Taille de l'effet associé au contraste ?</i>	<i>12</i>
<i>Rédiger le compte-rendu de l'analyse</i>	<i>13</i>
Comparaison planifiée n°2 (sur 2 groupes - option spécifique)	14
<i>Sélectionner le sous-ensemble des données</i>	<i>14</i>
<i>Sens de l'effet ?</i>	<i>14</i>
<i>Taille de l'effet ?</i>	<i>16</i>
<i>Rédiger le compte-rendu de l'analyse</i>	<i>17</i>
Comparaison planifiée n°2 (sur 2 groupes - option non spécifique)	18
<i>Définir le contraste</i>	<i>18</i>
<i>Sens de l'effet associé au contraste ?</i>	<i>18</i>
<i>Taille de l'effet associé au contraste ?</i>	<i>20</i>
<i>Rédiger le compte-rendu de l'analyse</i>	<i>21</i>
Références	22
Liste des tableaux	22
Liste des figures	22