

TD2 Comparaisons de variables

Exercice 1

On souhaite comparer l'efficacité du Divalproex à celle du Lithium et d'un placebo dans le traitement des psychoses maniaco-dépressives chez les patients âgés de 18 à 65 ans¹. Trois groupes de patients atteints de psychose maniaco-dépressive, ont été constitués par tirage au sort : dans le premier 67 patients ont reçu du Divalproex, dans le second 35 patients ont reçu du Lithium et dans le troisième 72 patients ont reçu un placebo.

L'intensité de la maladie a été mesurée par le score total sur l'échelle "Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia Change version" (score SADS-C) dans chaque groupe, avant le début du traitement, et après les 21 jours de traitement. Plus le score SADS est élevé, plus la maladie est grave.

Les différences des scores SADS avant traitement et après traitement ont été calculées pour tous les sujets dans le fichier maniac.sta.

On définit un second critère d'évaluation des thérapies consistant à évaluer pour chaque sujet si son score SADS a diminué d'au moins 50% après traitement par rapport à son score avant traitement, ou non.

Pour chaque question :

- définir la(les) population(s) étudiée(s), précisez la (les) variable(s) et le(s) paramètre(s) correspondant(s),
- écrire les hypothèses du test permettent de répondre à la question posée ainsi que ses conditions d'application,
- conclure au seuil $\alpha = 5\%$, en précisant le risque associé à la décision prise.

1^{ère} partie : étude de variables quantitatives

On s'intéresse aux scores SADS :

1. Peut-on conclure à une amélioration du score SADS après 21 jours de traitement quel qu'il soit (Divalproex, Lithium ou Placebo) ?
2. Peut-on conclure que le traitement par Divalproex est efficace ?
3. Peut-on conclure que le traitement par Lithium est efficace ?
4. Existe-t-il une différence d'efficacité entre les deux traitements Divalproex et Lithium ?

2^e partie : étude de variables qualitatives

On s'intéresse à la réduction du score d'au moins 50% :

1. Peut-on conclure que les traitements Divalproex, Lithium ou Placebo, ont des effets différents sur la réduction du score d'au moins 50% ?
2. Peut-on conclure que le traitement par Divalproex est efficace ?
3. Peut-on conclure que le traitement par Lithium est efficace ?
4. Existe-t-il une différence d'efficacité entre les deux traitements Divalproex et Lithium ?

¹source : Efficacy of Divalproex vs Lithium and Placebo in the Treatment of Mania, Bowden C, Brugger A, Swann A et al., *Journal of the American Medical Association*, 1994, p918-924.

Fichier de données

Le fichier de données `maniac.sta` contient pour chaque patient les observations des variables :

- `traitement` : Divalproex, Lithium ou Placebo ;
- `diff score` : différence entre le score SADS avant traitement (initial) et le score SADS après traitement ;
- `réduction` : réduction du score initial d'au moins 50% (oui, non).

Commandes *STATISTICA*

Ouvrir le fichier de données.

Les commandes des analyses statistiques sont accessibles à partir des menus

`Statistiques/ Statistiques Élémentaires`, `Statistiques/ Tests Non-Paramétriques` et `Graphiques/ Histogrammes...`

Remarques :

- Lorsque ce n'est pas précisé, *STATISTICA* calcule par défaut le niveau de signification p (p-valeur) pour un test bilatéral. Pour un test unilatéral il faut donc diviser la valeur obtenue par 2.
- Pour les procédures de tests non paramétriques basées sur les rangs *STATISTICA* attribue aux ex æquo leur rang moyen, c'est-à-dire la moyenne des rangs qu'ils auraient eu s'ils avaient eu des rangs consécutifs.

1^{ère} partie : étude de variables quantitatives

1. *Peut-on conclure à une amélioration du score SADS après 21 jours de traitement quel qu'il soit (Divalproex, Lithium ou Placebo) ?*

1.A Test paramétrique : test de comparaison d'une moyenne à une valeur théorique test T de Student

(a) *descriptif*

moyenne, variance, écart-type

Utiliser le menu

`Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Statistiques descriptives`

vu au TD1 ou

ouvrir la boîte de dialogue `Tables de Fréquences` avec le menu

`Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Tables de fréquences` ; cliquer sur OK pour afficher la boîte.

Sélectionner la variable `2-diff score` à partir du bouton `Variables` (le numéro de la variable s'affiche dans le champ `Variables` :) cliquer sur OK : le nom de la variable s'affiche dans le champ `Variables` ; puis dans l'onglet `Base` (ou dans l'onglet `Stats descriptives`) cliquer sur le bouton `Statistiques descriptives` pour afficher les moyenne, écart-type, minimum, maximum, nombre de valeurs manquantes.

Remarque :

le menu `Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Statistiques descriptives` offre plus de possibilités de calcul de résumés statistiques que le menu `Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Tables de fréquences`.

(b) *vérification des conditions d'application*

normalité de la variable `diff score` :

– histogramme

Dans l'onglet Avancé du menu Statistiques/ Statistiques Elémentaires/ Tables de fréquences dans le champ Méthode de catégorisation des tableaux & graphiques cocher l'option Intervalles "ronds"; nombre approximatif : et noter 20 comme nombre, puis cliquer sur le bouton Histogrammes pour obtenir le graphique de l'histogramme.

Remarque : pour obtenir l'histogramme pour les valeurs entières (diagramme en bâtons) on peut utiliser l'option Incrément : 1, du champ Méthode de catégorisation des tableaux & graphiques .

En revanche l'option par défaut Toutes les valeurs distinctes donne un histogramme faux.

– boîte à moustaches (médiane et quartiles)

Dans l'onglet Stats descriptives cliquer sur le bouton Boîtes à moustaches de toutes les variables puis spécifier le Type de Boîte à Moustaches en cochant l'option Médiane/ Quartiles/ Etendue pour obtenir le graphique de la boîte à moustaches et les valeurs des médiane, quartiles et maxima.

– tests d'adéquation à la loi normale (*Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk*)

Dans l'onglet Normalité cocher les options Test de Kolmogorov-Smirnov, Test de Lilliefors et Test W de Shapiro-Wilk.

Cliquer sur le bouton Tests de normalité pour afficher les résultats.

Variable	Tests de Normalité (maniac.sta)					
	N	D max	K-S p	Lillief. p	W	p
diff score: différence scores SADS initial et final	174	0,076032	p > .20	p < ,05	0,986610	0,095979

N	nombre d'observations	<i>n</i>
D max	valeur observée de la statistique de test de Kolmogorov-Smirnov	
K-S p	p-valeur associée à la statistique de Kolmogorov-Smirnov, calculée à partir de la table des valeurs critiques de Kolmogorov-Smirnov	
Lillief. p	p-valeur de Lilliefors, adaptée des valeurs critiques de Kolmogorov-Smirnov, au cas où moyenne et écart-type de la loi normale ne sont pas spécifiés	
W	valeur observée de la statistique de test de Shapiro-Wilk	
p	p-valeur associée à la statistique de Shapiro-Wilk, calculée à partir de la table des valeurs critiques de Shapiro-Wilk	

Remarque : STATISTICA ne permet pas de spécifier moyenne et écart-type pour le test de Kolmogorov-Smirnov ; seule la p-valeur de Lilliefors est interprétable ici.

(c) *test de Student*

Ouvrir la boîte de dialogue Comparaison d'une Moyenne à un Standard à partir du menu

Statistiques/ Statistiques Elémentaires/ Comparer une moyenne à un standard; cliquer sur OK pour afficher la boîte (boîte de dialogue 1).

Au bas de la boîte cocher l'option N'afficher que les variables appropriées puis sélectionner la variable 2-diff score à partir du bouton Variables (le numéro de la variable s'affiche dans le champ Variables :) cliquer sur OK, puis l'option Comparer toutes les moyennes à : 0, dans le champ Valeurs de référence soit dans l'onglet Base soit dans l'onglet Options (boîte de dialogue 2).

Dans l'onglet Options cocher l'option Calculer les limites de confiance IC 95,00% et modifier le Niveau p pour la surbrillance à ,10 .

Cliquer sur le bouton Synthèse (ou Synthèse : Tests t dans l'onglet Base ou Avancé) pour afficher les résultats.

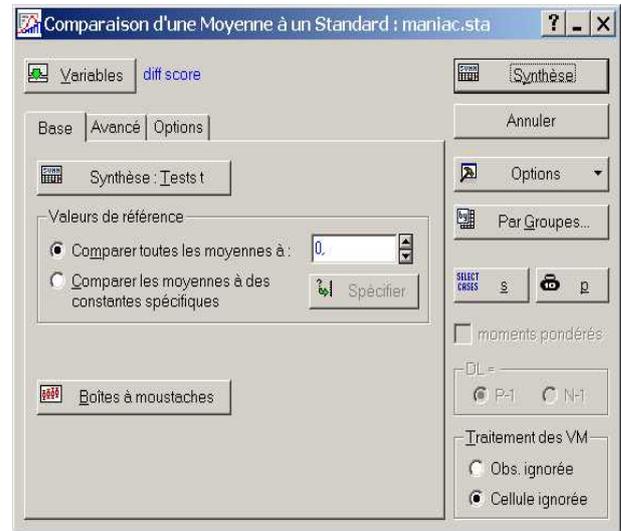
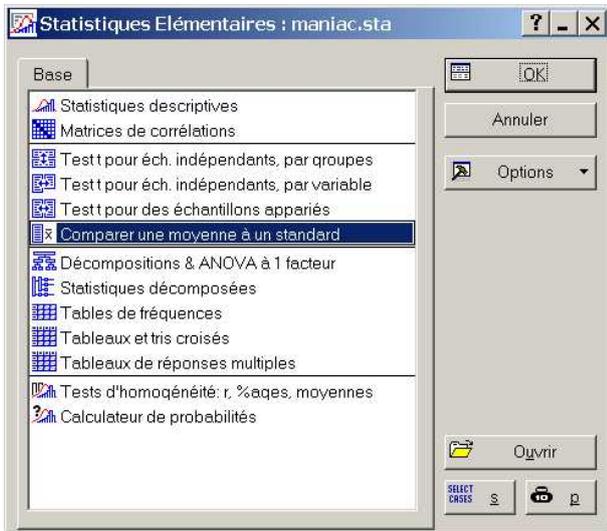


FIG. 1 – boîte de dialogue 1 (à gauche) et boîte de dialogue 2 (à droite)

Variable	Comparaison de moyennes à un standard (constante) (maniac.sta)									
	Moyenne	Ec-Type	N	Erreur-T	Confiance -95,000%	Confiance +95,000%	Valeur de Référence	Valeur t	dl	p
diff score	7,241379	12,81659	174	0,971624	5,323617	9,159142	0,00	7,452865	173	0,000000

Moyenne	moyenne observée de la variable X diff score	\bar{x}
Ec-Type	écart-type observé sans biais de la variable X	s^*
N	nombre d'observations de la variable X	n
Erreur-T	erreur-type observée (écart-type de la moyenne \bar{X}_n)	$\frac{s^*}{\sqrt{n}}$
Confiance -95.000%	borne inférieure de l'IC à 95% de la moyenne μ	(loi T_{n-1})
Confiance +95.000%	borne supérieure de l'IC à 95% de la moyenne μ	(loi T_{n-1})
Valeur de Référence	valeur de la moyenne sous l'hypothèse nulle	μ_0
Valeur t	valeur observée de la statistique de test T de Student	$t_{obs} = \frac{(\bar{x} - \mu_0)\sqrt{n}}{s^*}$
dl	degrés de liberté de la statistique de Student	$n - 1$
p	p-valeur bil. associée à la statistique de Student, calculée à partir de la loi T_{dl}	α_{obs}

Remarque : le bouton Histogramme de l'onglet Avancé ne permet pas de tester l'adéquation à la loi normale.

1.B Tests non paramétriques : Tests de comparaison d'une médiane à une valeur théorique test de Wilcoxon pour la médiane - test du signe pour la médiane

Remarque : ces tests ne sont pas proposés dans *STATISTICA*. Il serait possible de créer une variable contenant la valeur zéro pour tous les patients à laquelle comparer la variable **diff score** en utilisant les procédures de tests non paramétrique de comparaison de deux distributions sur échantillons appariés (cf Exercice 2 question 1.B).

2. Peut-on conclure que le traitement par Divalproex est efficace ?

2.A Tests paramétriques : tests de comparaison de deux moyennes sur échantillons indépendants test T de Student

Ouvrir la boîte de dialogue Test t pour Ech. Indépendants, par Groupes à partir du menu

Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Test t pour éch. indépendants, par groupes; cliquer sur OK pour afficher la boîte.

Sélectionner la variable `2-diff score` à partir du bouton `Variables` comme variable dépendante (le numéro de la variable s'affiche dans le champ `Variables dépendantes :`) et la variable `1-traitement` comme variable de classement (le numéro de la variable s'affiche dans le champ `Variable de classement :`); cliquer sur OK.

Dans le champ `Code du groupe 1` : taper `Divalproex`, et dans le champ `Code du groupe 2` : remplacer `Lithium` par `Placebo`.

(a) *descriptif*

moyenne, écart-type, boîte à moustaches pour chaque traitement (Divalproex et Placebo)

Dans l'onglet `Base` cliquer sur le bouton `Boîtes à moustaches` puis sur OK pour obtenir par défaut les boîtes à moustaches avec l'option `Moyenne/ Erreur-Type/ 1.96*Erreur-Type`.

(b) *vérification des conditions d'application*

– normalité de la variable `diff score` pour chaque traitement (Divalproex et Placebo) : histogrammes

Dans l'onglet `Avancé`, cliquer sur le bouton `Histogrammes catégorisés`.

boîtes à moustaches (médiane, quartiles)

Dans l'onglet `Avancé`, cliquer sur le bouton `Boîtes à moustaches`, sélectionner l'option `Médiane/Quartiles/Etendue` puis cliquer sur OK.

tests d'adéquation à la loi normale (*Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk*)

Le programme `Histogramme catégorisés` du menu

`Statistiques/Statistiques Élémentaires/ Test t pour éch. indépendants, par groupes` ne permet pas de tester l'adéquation à la loi normale dans chaque groupe; il faut utiliser le menu `Graphiques/ Histogrammes...` (cf 2.A(e)).

– égalité des deux variances

tests d'homogénéité des variances (*rapport des variances, Levene, Brown-Forsythe*)

Dans *STATISTICA* ces tests se font simultanément avec le test de Student de comparaison des moyennes (cf 2.A(c)).

(c) *test de Student*

Dans l'onglet `Options` cocher les options `Test de Levene` et `Test de Brown & Forsythe` dans le champ `Homogénéité des variances` puis modifier le `Niveau p` pour la `surbrillance` à ,10.

Cliquer sur le bouton `Synthèse` (ou `Synthèse : Tests t` dans l'onglet `Base` ou `Avancé`) pour afficher les résultats.

Tests t ; Classmt : traitement (maniac.sta)									
Groupe1 : Divalproex									
Groupe2 : Placebo									
Variable	Moyenne Divalproex	Moyenne Placebo	Valeur t	dl	p	N Actifs Divalproex	N Actifs Placebo	Ecart-Type Divalproex	Ecart-Type Placebo
diff score	9,373134	4,125000	2,654874	137	0,008874	67	72	12,04894	11,25747

Moyenne : moyenne observée de la variable `diff score` pour les groupes `Divalproex` et `Placebo`

Valeur t : valeur observée de la statistique de test de Student

dl : degrés de liberté de la statistique de Student

p : p-valeur bil. associée à la statistique de Student, calculée à partir de la loi T_{dl}

N Actifs : nombre d'observations de la variable `diff score` pour les groupes `Divalproex` et `Placebo`

Ecart-Type : écart-type observé sans biais de la variable `diff score` pour les groupes `Divalproex` et `Placebo`

\bar{x} et \bar{y}

$$t_{obs} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{s^* \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$n_1 + n_2 - 2$$

α_{obs}

n_1 et n_2

s_X^* et s_Y^*

e	Ratio F	p	Levene	dl	p	Brn-Fors	dl	p
	Variances	Variances	F(1,dl)	Levene	Levene	F(1,dl)	Brn-Fors	Brn-Fors
17	1,145554	0,573358	0,623299	137	0,431188	0,743685	137	0,389990

Ratio F Variances	valeur observée de la statistique de test du rapport des variances	si $s_X^{2*} \geq s_Y^{2*}$ $f_{obs} = \frac{s_X^{2*}}{s_Y^{2*}}$
p Variances	p-valeur bil. associée à la statistique du rapport des variances, calculée à partir de la loi $F_{(dl1, dl2)}$	$dl1 = n_1 - 1$ $dl2 = n_2 - 1$
Levene F(1,dl)	valeur observée de la statistique de test de Levene	$dl = n_1 + n_2 - 2$
dl Levene	degrés de liberté de la statistique de Levene	
p Levene	p-valeur associée à la statistique de Levene, calculée à partir de la loi $F_{(1,dl)}$	
Brn-Fors F(1,dl)	valeur observée de la stat. de test de Brown-Forsythe	
dl Brn-Fors	degrés de liberté de la statistique de Brown-Forsythe	$dl = n_1 + n_2 - 2$
p Brn-Fors	p-valeur associée à la statistique de Brown-Forsythe, calculée à partir de la loi $F_{(1,dl)}$	

(d) *test de Student pour variances séparées*

Dans l'onglet **Options** cocher l'option **Estimation séparée des variances** et modifier le Niveau **p** pour la surbrillance à ,10 .

Cliquer sur le bouton **Synthèse** (ou **Synthèse : Tests t** dans l'onglet **Base** ou **Avancé**) pour afficher les résultats.

Tests t ; Classmt : traitement (maniac.sta)												
Groupe1: Divalproex												
Groupe2: Placebo												
Variable	Moyenne Divalproex	Moyenne Placebo	Valeur t	dl	p	t var. est.sép.	dl	p bilatér.	N Actifs Divalproex	N Actifs Placebo	Ecart-Type Divalproex	Ecart-Type Placebo
diff score	9,373134	4,125000	2,654874	137	0,008874	2,648356	134,3609	0,009057	67	72	12,04894	11,25747

t var. est.sép. valeur observée de la statistique de test de Student pour variances séparées

$$t_{obs} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_X^{2*}}{n_1} + \frac{s_Y^{2*}}{n_2}}}$$

dl degrés de liberté de la statistique de Student pour variances séparées, fonction des variances observées (non entiers)

p bilatér. p-valeur associée à la statistique de Student pour variances séparées, calculée à partir de la loi T_{dl}

(e) *tests d'adéquation à la loi normale dans chaque groupe*

Utiliser la commande **Histogrammes en 2D** du menu **Graphiques/ Histogrammes...**

Dans l'onglet **Base** à partir du bouton **Variable** sélectionner la variable **2-diff score** (le numéro de la variable s'affiche dans le champ **Variable** :) et cliquer sur **OK**, puis vérifier les valeurs des champs suivants **Type de graphique** : **Simple**

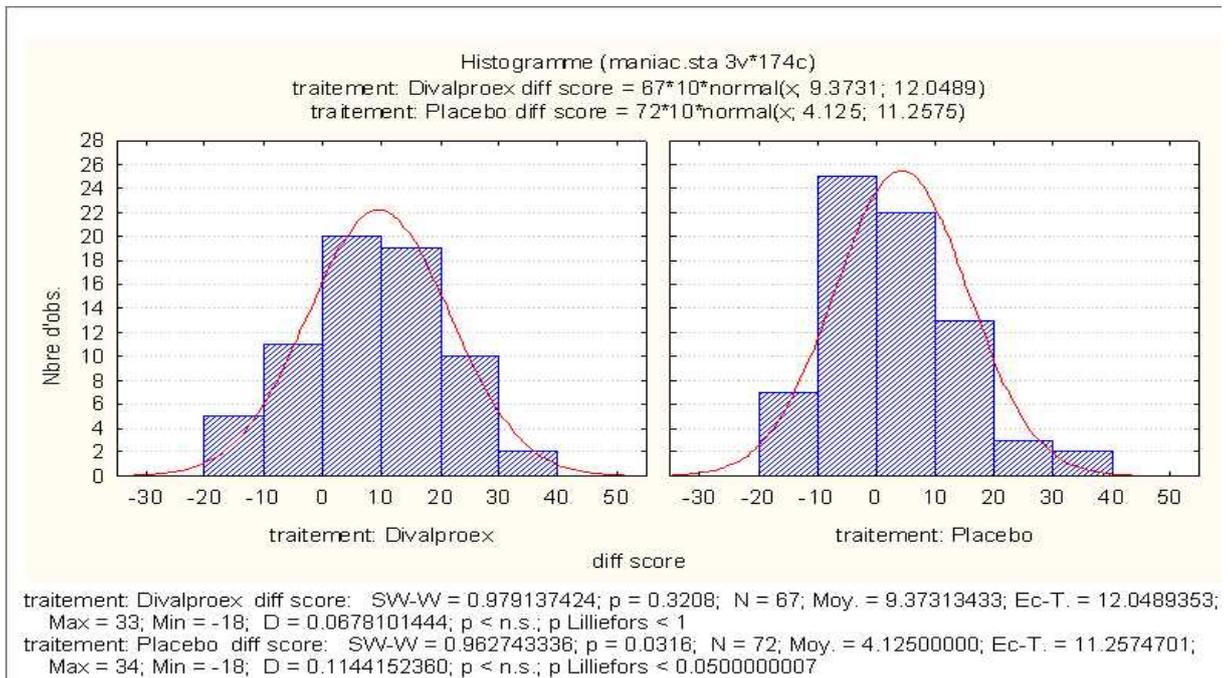
Type d'ajustement : **Normal** **Intervalles** : **Mode entier et Auto**;

dans le champ **Statistiques** de l'onglet **Avancé** cocher les options **Test de Shapiro-Wilk**, **Effectif total**, **Statistiques descriptives** et **Test de Kolmogorov-Smirnov**.

Enfin dans l'onglet **Catégorisé** cocher **Oui** dans **Catégories de X** ; cliquer sur le bouton **Changer la Variable** pour sélectionner la variable de catégorisation **1-traitement** (le numéro de la variable s'affiche dans le champ **Variable** :) puis cliquer sur **OK**; cocher l'option **Codes** : puis cliquer sur le bouton **Spécifier les Codes** :

taper **Divalproex Placebo** (caractère "blanc" entre Divalproex et Placebo) dans la boîte **Codes des Catégories** puis cliquer sur **OK**; les codes correspondants sont affichés dans l'option **Codes** : **2 0** (2 correspond à Divalproex et 0 à Placebo).

Cliquer sur **OK** pour afficher le graphique.



SW-W et p valeur observée de la statistique de Shapiro-Wilk et p-valeur associée
 D et p valeur observée de la statistique de Kolmogorov-Smirnov et p-valeur associée
 p Lilliefors p-valeur de Lilliefors

Remarque : pour obtenir un histogramme plus précis il est possible d'augmenter le nombre d'intervalles (par exemple, 15 ou 20) en utilisant l'option **Catégories** de l'onglet **Avancé**. Les résultats des tests de normalité ne dépendent pas du nombre d'intervalles (catégories) choisi pour tracer les histogrammes.

Remarque : pour faire le **test T de Student** on peut également utiliser le menu **Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Test t pour éch. indépendants, par variable** si les données ont été saisies par variables, c'est à dire une colonne (variable) pour chaque groupe. Ce mode de saisie n'est cependant pas conseillé car le test de Student est la seule analyse possible avec ce format de données.

2.B Tests non paramétriques : tests de comparaison de deux distributions sur échantillons indépendants test de Mann-Whitney

Ouvrir la boîte de dialogue Tests Non-paramétriques - Comparaison de Deux Groupes à partir du menu

Statistiques/ Tests Non-Paramétriques/ Comparaison de 2 échantillons indépendants (groupes) ; cliquer sur OK pour afficher la boîte (boîte de dialogue 3).

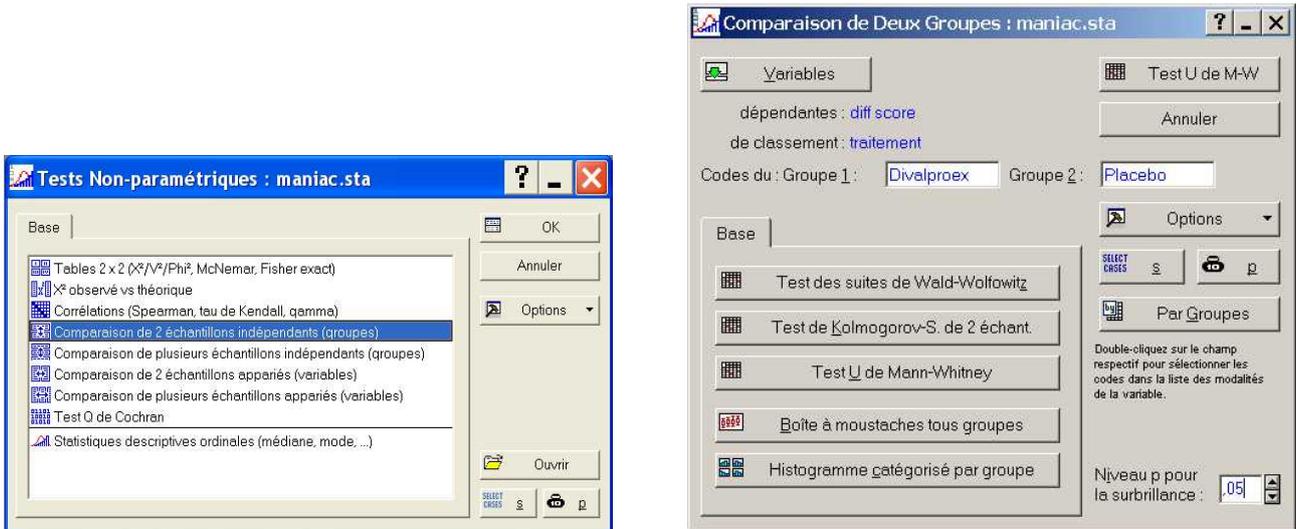


FIG. 2 – boîte de dialogue 3 et boîte de dialogue 4

Sélectionner la variable 2-diff score à partir du bouton Variables comme variable dépendante (le numéro de la variable s'affiche dans le champ Liste de variables dépendantes :) et la variable 1-traitement comme variable de classement (le numéro de la variable s'affiche dans le champ Variable indép. (de classement) :) ; cliquer sur OK.

Dans le champ Code du : Groupe 1 : taper Divalproex, et dans celui du Groupe 2 : remplacer Lithium par Placebo (boîte de dialogue 4).

(a) *descriptif*

médiane, quantiles, boîte à moustaches pour chaque traitement (Divalproex et Placebo)

Cliquer sur le bouton Boîtes à moustaches tous groupes , sélectionner la variable 2-diff score puis cliquer sur OK pour afficher le graphique.

(b) *test de Mann-Whitney*

Modifier le seuil de signification Alpha pour la surbrillance à ,10 .

Cliquer sur le bouton Test U de M-W (ou Test U de Mann-Whitney dans l'onglet Base) pour afficher les résultats.

Test U de Mann-Whitney (maniac.sta)										
Par var. traitement										
Tests significatifs marqués à p <,10000										
variable	SommeRgs Divalproex	SommeRgs Placebo	U	Z	niv. p	Z ajusté	niv. p	N Actif Divalproex	N Actif Placebo	2*(1-p) p exact
diff score	5371,000	4359,000	1731,000	2,868475	0,004125	2,869832	0,004107	67	72	0,003910

SommeRgs	somme des rangs de la variable diff score pour les groupes Divalproex et Placebo	w_X et w_Y
U	valeur observée de la stat. de test de Mann-Whitney	$u = \min(u_X, u_Y)$
Z	valeur observée de la statistique U_X centrée réduite, avec correction de continuité	$z_{obs}^C = \frac{u_X - \mu(U) \mp 0,5}{\sqrt{var(U)}}$
niv. p	p-valeur bilatérale associée à la statistique Z, calculée à partir de la loi $N(0, 1)$	
Z ajusté	valeur observée de la statistique U_X centrée réduite, avec correction de continuité et pour les ex æquo	$\tilde{z}_{obs} = \frac{u_X - \mu(U) \mp 0,5}{\sqrt{\widetilde{var}(U)}}$
niv. p	p-valeur bilatérale associée à la statistique Z ajusté	
N Actif	nombre d'observations de la variable diff score pour les groupes Divalproex et Placebo	n_1 et n_2
2*(1-p) p exact	p-valeur bilatérale exacte associée à la statistique U_X , sans correction pour les ex æquo	

Remarques :

- La correction appliquée pour tenir compte des ex æquo modifie la variance de la statistique U : $\widetilde{var}(U) = var(U) \left(1 - \frac{1}{n(n^2-1)} \sum_g t_g(t_g^2 - 1)\right)$ où $n = n_1 + n_2$ et t_g est le nombre d'observations pour la $g^{\text{ème}}$ valeur de la variable ; cette correction diminue légèrement la variance, augmente donc la valeur observée de la statistique, en valeur absolue : $|Z \text{ ajusté}| \geq |Z|$ ce qui diminue la p-valeur correspondante. Dans l'exemple $\widetilde{var}(V) = \frac{67 \times 72 \times 140}{12} \left(1 - \frac{2538}{139 \times (139^2 - 1)}\right) = 56\,280 \times 0,999054917$ d'où $\tilde{z}_{obs} = \frac{681 - 0,5}{\sqrt{56\,226,81}} = 2,869832$ et la p-valeur bilatérale $\alpha_{obs} = 0,004107$.
- Il est possible de vérifier les résultats du test de Mann-Whitney en calculant les sommes des rangs dans chaque groupe sur le fichier de données.

On peut également obtenir les résultats de deux autres tests non paramétriques de comparaison de 2 distributions : le test des suites de Wald-Wolfowitz et celui de Kolmogorov-Smirnov pour 2 échantillons.

3. *Peut-on conclure que le traitement par Lithium est efficace ?*
4. *Existe-t-il une différence d'efficacité entre les deux traitements Divalproex et Lithium ?*

Remarques méthodologiques

Plusieurs tests de comparaison ont été faits sur les mêmes observations, il s'agit donc de comparaisons multiples. Dans ce cas, le risque d'erreur de 1ère espèce **global** (probabilité de rejeter au moins une des hypothèses nulles à tort) n'est plus de 5% mais augmente avec le nombre (r) de tests réalisés (de l'ordre de $r \times 5\%$).

Pour plus de rigueur, il faudrait réaliser chaque test avec un seuil de signification inférieur à 5% (de l'ordre de $5\%/r$ procédure de Bonferroni). Ainsi, pour les questions 2, 3 et 4 chaque test devrait être réalisé au seuil $0,05/3 \approx 1,7\%$.

2^{ème} partie : étude de variables qualitatives

1. Peut-on conclure que les traitements Divalproex, Lithium ou Placebo, ont des effets différents sur la réduction du score d'au moins 50% ?

Test d'homogénéité : comparaison de plusieurs proportions sur échantillons indépendants
test du khi-deux d'homogénéité

Ouvrir la boîte de dialogue Tableaux et Tris Croisés à partir du menu

Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Tableaux et tris croisés ; cliquer sur OK pour afficher la boîte.

Dans l'onglet Tableaux croisés à partir du bouton Spécifier les tables (sélection des variables) sélectionner la variable 3-réduction (le numéro de la variable s'affiche dans le champ Liste 1 :) et la variable 1-traitement (le numéro de la variable s'affiche dans le champ Liste 2 :) comme variables de classement ; cliquer sur OK.

Vérifier que Nombre de tables est 1 ; cliquer sur OK pour afficher la boîte Résultats des Tableaux Croisés.

(a) *descriptif*

effectifs et fréquences

Dans l'onglet Base, cliquer sur le bouton Synthèse (ou Synthèse : Tableaux de synthèse) pour obtenir la distribution conjointe d'effectifs des deux variables réduction et traitement.

Dans l'onglet Options cocher l'option Pourcentages des effectifs en colonne puis cliquer sur le bouton Synthèse pour obtenir la distribution de proportions de X (en ligne) conditionnellement à Y (en colonne) c'est à dire de la variable réduction X pour chaque traitement Y .

Table de Fréquence - Synthèse (maniac.sta)					
Table :réduction(2) x traitement(3)					
	réduction	traitement Placebo	traitement Lithium	traitement Divalproex	Totaux Ligne
Effectif	non	54	18	35	107
%age Colonne		75,00%	51,43%	52,24%	
Effectif	oui	18	17	32	67
%age Colonne		25,00%	48,57%	47,76%	
Effectif	Ts Grpes	72	35	67	174

Effectif	effectif observé case (i, j)	n_{ij}
%age Colonne	fréquence observée case (i, j)	$f_{ij} = \frac{n_{ij}}{\text{total Colonne } j}$
Totaux Ligne	total effectifs observés Ligne i	$\text{total Ligne } i$
Effectif Ts Grpes	total effectifs observés Colonne j	$\text{total Colonne } j$

(b) *vérification des conditions d'application*

effectifs théoriques supérieurs à 5

Dans l'onglet Options modifier Effectifs en surbrillance > à partir de 5 et cocher l'option Effectifs théoriques dans le champ Calcul des tables puis cliquer sur le bouton Synthèse pour afficher le tableau des effectifs théoriques.

Tableau de Synthèse :Effectifs Théoriques (maniac.sta)				
Effectifs en surbrillance > 5				
réduction	traitement Placebo	traitement Lithium	traitement Divalproex	Totaux Ligne
non	44,27586	21,52299	41,20115	107,0000
oui	27,72414	13,47701	25,79885	67,0000
Tot. Colonnes	72,00000	35,00000	67,00000	174,0000

Effectifs Théoriques	effectif théorique case (i, j)	$e_{ij} = \frac{\text{total Ligne } i \times \text{total Colonne } j}{n}$
Totaux Ligne	total effectifs observés Ligne i	$\text{total Ligne } i$
Tot.Colonnes	total effectifs observés Colonne j	$\text{total Colonne } j$

(c) *tests du khi-deux*

Dans l'onglet Options cocher l'option Chi² max de vraisemblance & Pearson dans le champ Statistiques des tableaux à double entrée.

Dans l'onglet Avancé cliquer sur le bouton Tableaux détaillés à double entrée.

STATISTICA fournit trois tableaux : le tableau des effectifs observés, celui des effectifs théoriques et celui des résultats des tests.

Statistique	Stats : réduction(2) x traitement(3) (maniac.sta)		
	Chi ²	dl	p
Chi ² de Pearson	9,467846	dl=2	p=,00879
Chi ² Max-Vr.	9,721725	dl=2	p=,00775

Chi² de Pearson valeur observée de la statistique de test Q^2 du Chi² de Pearson

$$Q_{obs}^2 = \sum_{i,j} \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

Chi² Max-Vr. valeur observée de la statistique de test MV du Chi² du maximum de vraisemblance

$$MV_{obs} = 2 \sum_{i,j} n_{ij} \ln\left(\frac{n_{ij}}{e_{ij}}\right)$$

dl degrés de liberté de la statistique, pour un tableau à l lignes et c colonnes

$$(l - 1)(c - 1)$$

p p-valeur associée à la statistique, calculée à partir de la loi χ_{dl}^2

2. *Peut-on conclure que le traitement par Divalproex est efficace ?*

Test de comparaison de deux proportions sur échantillons indépendants
test du khi-deux d'homogénéité

Ouvrir la boîte de dialogue Tableaux et Tris Croisés à partir du menu

Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Tableaux et tris croisés ; cliquer sur OK pour afficher la boîte.

Dans l'onglet Tableaux croisés à partir du bouton Spécifier les tables (sélection des variables) sélectionner la variable 3-réduction comme 1^{ère} variable de classement (le numéro de la variable s'affiche dans le champ Liste1 :) et la variable 1-traitement comme 2^d variable de classement (le numéro de la variable s'affiche dans le champ Liste 2 :) ; cliquer sur OK.

Cocher l'option N'utiliser que les codes de classement sélectionnés dans le champ Identification des niveaux des facteurs de la table puis cliquer sur le bouton Codes : pour spécifier les codes des facteurs de classement : cliquer sur Tous dans le champ réduction et taper Divalproex Placebo (caractère "blanc" entre Divalproex et Placebo) dans le champ traitement, puis OK.

Cliquer sur OK pour afficher la boîte Résultats des Tableaux Croisés.

(a) *descriptif*

effectifs et fréquences

Dans l'onglet Base cliquer sur le bouton Synthèse (ou Synthèse : Etude des tableaux de synthèse pour obtenir la distribution conjointe d'effectifs.

Dans l'onglet Options cocher l'option Pourcentages des effectifs en colonne et cliquer sur le bouton Synthèse pour obtenir la distribution de proportions de X (en ligne) conditionnellement à Y (en colonne) c'est à dire de la variable réduction X pour chaque traitement Divalproex ou Placebo.

(b) *vérification des conditions d'application*

effectifs théoriques supérieurs à 5

Dans l'onglet Options modifier Effectifs en surbrillance > à partir de 5 et cocher l'option Effectifs théoriques dans le champ Calcul des tables puis cliquer sur le bouton Synthèse pour afficher le tableau des effectifs théoriques.

Tableau de Synthèse :Effectifs Théoriques (maniac.sta)			
Effectifs en surbrillance > 5			
réduction	traitement Divalproex	traitement Placebo	Totaux Ligne
non	42,89928	46,10072	89,0000
oui	24,10072	25,89928	50,0000
Tot. Colonnes	67,00000	72,00000	139,0000

(c) *tests du khi-deux*

Dans l'onglet Options cocher l'option Chi² max de vraisemblance & Pearson dans le champ Statistiques des tableaux à double entrée.

Dans l'onglet Avancé cliquer sur le bouton Tableaux détaillés à double entrée.

STATISTICA fournit trois tableaux : le tableau des effectifs observés, celui des effectifs théoriques et celui des résultats des tests.

Remarques :

- Pour un test du khi-deux unilatéral, il faut vérifier que les fréquences observées sont compatibles avec l'hypothèse alternative et calculer le niveau de signification unilatéral en divisant par 2 la p-valeur bilatérale donnée par le logiciel.
- L'option Exact de Fisher, Yates, McNemar (2 × 2) de l'onglet Options permet de calculer les résultats du test exact de Fisher à appliquer lorsque les effectifs théoriques sont très faibles (inférieurs à 5) et ceux du test du khi-deux avec correction de continuité de Yates, à utiliser lorsque les effectifs théoriques sont faibles (compris entre 5 et 10) uniquement pour des couples de variables dichotomiques (tables 2 × 2).
- Le Chi² de Mac-Nemar (A/D) et (B/C) ne s'interprète pas ici. Il s'utilise pour des échantillons appariés (cf Exercice 2, variables qualitatives question 1).

3. *Peut-on conclure que le traitement par Lithium est efficace ?*

4. *Existe-t-il une différence d'efficacité entre les deux traitements Divalproex et Lithium ?*

Remarques méthodologiques

- Le test de comparaison globale significatif (question 1) autorise les comparaisons deux à deux (questions 2, 3 et 4).

Alternativement on aurait pu considérer a priori que seules les comparaisons deux à deux étaient intéressantes dans cette étude, ce qu'ont fait les auteurs.

- Pour plus de rigueur, afin de prendre en compte les comparaisons multiples, il faudrait réaliser chaque test avec un seuil de signification inférieur à 5% (de l'ordre de $\frac{5\%}{r}$ où r est le nombre de comparaisons). Ainsi, pour les questions 2, 3 et 4 chaque test devrait être réalisé au seuil $0,05/3 \approx 1,7\%$.

Exercice 2

Un enseignant se demande si le moment de la journée, début de matinée (8h30), fin de matinée (11h), début d'après midi (14h30) ou fin d'après-midi (16h) modifie les performances des élèves pour la réalisation de tâches cognitives.

Il constitue quatre listes de 25 mots appropriés à l'âge et au niveau scolaire des élèves, par tirage au sort dans une liste de 100 mots étudiés quinze jours avant les tests. Chaque test consiste à orthographier correctement les mots d'une des quatre listes. Pour chaque élève l'ordre des quatre listes a été tiré au sort.

Dix-neuf élèves ont passé les tests sur quatre jours consécutifs, un à chaque moment de la journée. Le nombre de mots correctement orthographiés par chaque élève pour chaque test figure dans le tableau suivant (début matinée : DM, fin matinée : FM, début après-midi : DA, fin après-midi : FA) :

élève	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
DM	17	16	16	13	19	18	16	12	16	17	16	9	18	17	20	15	18	12	17
FM	23	17	17	15	18	15	17	15	16	18	17	14	20	21	20	15	17	17	20
DA	24	24	21	19	22	18	20	15	22	18	24	17	25	24	25	19	20	17	21
FA	21	19	13	18	24	24	13	14	16	17	19	15	22	20	24	13	20	15	21

Pour chaque question :

- définir la(les) population(s) étudiée(s), précisez la (les) variable(s) et le(s) paramètre(s) correspondant(s),
- écrire les hypothèses du test permettent de répondre à la question posée ainsi que ses conditions d'application.
- conclure au seuil $\alpha = 5\%$, en précisant le risque associé à la décision prise.

1^{ère} partie : étude de variables quantitatives

On s'intéresse au nombre de mots correctement orthographiés :

1. L'enseignant se demande s'il existe une différence de performances entre le début et la fin de la matinée.
2. L'enseignant se demande si les performances diminuent entre le début et la fin de l'après-midi.

2^{ème} partie : étude de variables qualitatives

On s'intéresse au fait d'avoir correctement orthographié plus de 16 mots :

1. L'enseignant se demande s'il existe une différence de performances entre le début et la fin de la matinée.
2. L'enseignant se demande si les performances diminuent entre le début et la fin de l'après-midi.
3. Existe-t-il une différence globale entre les quatre moments ?

Les questions de la seconde partie ne seront pas traitées ici : elles font intervenir les tests de comparaison de proportions sur échantillons appariés, le **test du khi-deux de Mac-Nemar** pour deux proportions et le **test Q de Cochran** pour plus de deux proportions.

Fichier de données

Le fichier de données `ortho.sta` contient pour chaque élève le nombre de mots correctement orthographiés (score) à chaque moment de la journée :

- `score DM` : en Début de Matinée;
- `score FM` : en Fin de Matinée;
- `score DA` : en Début d'Après-midi;
- `score FA` : en Fin d'Après-midi.

Commandes STATISTICA

Ouvrir le fichier de données.

1^{ère} partie : étude de variables quantitatives

1. *L'enseignant se demande s'il existe une différence de performances entre le début et la fin de la matinée.*

1.A Test paramétrique : test de comparaison de deux moyennes sur échantillons appariés test T de Student apparié

préambule : création de la variable différence entre les scores DM et FM notée `diff DM-FM`

Ouvrir la boîte de dialogue `Ajouter des variables` à partir du menu

`Insertion/ Ajouter des Variables...` :

`Vars à ajouter` : 1

`Insérer après la variable` : 2 (ou `score FM`) `Nom` : `diff DM-FM`

et `Description détaillée` : `=v1-v2` (ou `'score DM'-'score FM'`)

puis cliquer sur `OK` pour créer la variable.

Vérifier que la 3^{ème} colonne du fichier contient 19 valeurs (de -6 pour le 1^{er} élève à -3 pour le dernier); il est également possible de vérifier par exemple que la somme des valeurs est égale à -30 : sélectionner la colonne 3 et calculer sa somme à partir du menu `Statistiques/ Statistiques de blocs/ Colonnes du bloc` et sélectionner `Sommes` .

Enregistrer le fichier dans un autre fichier : `ortho1.sta`

à partir du menu `Fichier/ Enregistrer sous...` `Nom du fichier` : `ortho1.sta`.

Ouvrir la boîte de dialogue `Test t pour des Echantillons Appariés` à partir du menu `Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Test t pour des échantillons appariés` ; cliquer sur `OK` pour afficher la boîte.

A partir du bouton `Variabes` sélectionner la variable 1-`score DM` (le numéro de la variable s'affiche dans le champ `1ère liste de variables` :) et la variable 2-`score FM` (le numéro de la variable s'affiche dans le champ `2nde liste de variables (facultative)` :) puis cliquer sur `OK`.

(a) *descriptif*

moyenne, écart-type, boîte à moustaches pour chaque moment (DM et FM)

Dans l'onglet `Base`, cliquer sur le bouton `Boîtes à moustaches` puis cliquer sur `OK` pour obtenir la boîte à moustache de chaque variable (`Moyenne/ Moyenne ± Erreur-Type/ Moyenne ± 1,96*Erreur-Type`).

Remarque : dans l'onglet `Avancé` d'autres choix de types de boîtes à moustaches sont disponibles.

(b) *vérification des conditions d'application*

normalité de la variable différence des scores DM et FM :

- histogramme
- tests d'adéquation à la loi normale (*Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk*)

La commande `Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Test t pour échantillons appariés, par groupes` ne permet ni de tracer l'histogramme, ni de tester l'adéquation à la loi normale de la variable différence des scores `diff DM-FM` : pour celà il faut utiliser le menu `Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Tables de Fréquences` (cf 1.A(d)).

(c) *test de Student apparié*

Cliquer sur le bouton `Synthèse` (ou `Synthèse : Tests t` dans l'onglet `Base` ou `Avancé`) pour afficher le résultat.

Test t pour des Echantillons Appariés (ortho1.sta)								
Différences significatives marquées à p < ,05000								
Variable	Moyenne	Ec-Type	N	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p
score DM	15,89474	2,705852						
score FM	17,47368	2,389059	19	-1,57895	2,316985	-2,97044	18	0,008195

Moyenne	moyenne observée des variables X score DM et Y score FM	\bar{x} et \bar{y}
Ec-Type	écart-type observé sans biais des variables X et Y	s_X^* et s_Y^*
N	nombre d'observations des variables X et Y	n
Différ.	moyenne observée de la différence des variables $D = X - Y$	$\bar{d} = \bar{x} - \bar{y}$
Ec-Type Différ.	écart-type observé sans biais de la différence D	s_D^*
t	valeur observée de la statistique de test de Student	$t_{obs} = \frac{(\bar{x}-\bar{y})\sqrt{n}}{s_D^*}$
dl	degrés de liberté de la statistique de Student	$n - 1$
p	p-valeur bil. associée à la statistique de Student, calculée à partir de la loi T_{dl}	α_{obs}

Remarques :

- L'onglet `Avancé` permet de modifier le seuil de signification `Niveau p` pour la surbrillance, et l'option `Matrice de test t` donne dans trois tableaux différents le niveau de signification `p`, la différence des moyennes et la valeur observée de la statistique de test.
- On peut aussi comparer la moyenne de la variable `diff DM-FM` à 0 en utilisant la commande `Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Comparer une moyenne à un standard` .

(d) *tests d'adéquation à la loi normale de la différence*

Utiliser le menu `Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Tables de fréquences`; cliquer sur `OK` pour afficher la boîte.

Sélectionner la variable `3-diff DM-FM` à partir du bouton `Variables` (le numéro de la variable s'affiche dans le champ `Variables :`); cliquer sur `OK`.

Dans l'onglet `Avancé` cocher l'option `Nombre exact d'intervalles : 10` puis cliquer sur le bouton `Histogrammes` pour obtenir l'histogramme.

Dans l'onglet `Stats descriptives` cliquer sur le bouton `Boîtes à moustaches de toutes les variables` pour obtenir la boîte à moustaches (médiane et quartiles).

Dans l'onglet `Normalité` cocher les options `T est de Kolmogorov-Smirnov`, `Test de Lilliefors` et `Test W de Shapiro-Wilk` .

Cliquer sur le bouton `Tests de normalité` pour afficher les résultats.

Tests de Normalité (ortho1.sta)						
Variable	N	D max	K-S p	Lillief. p	W	p
diff DM-FM: ='score DM'-'score FM'	19	0,177604	p > .20	p < ,15	0,964291	0,659244

Remarque : lorsque le nombre d'observations n est faible ($n < 30$) ces tests sont peu puissants pour détecter un écart à la normalité.

1.B Tests non paramétriques : tests de comparaison de deux distributions sur échantillons appariés
test du signe - test de Wilcoxon apparié

Ouvrir la boîte de dialogue **Tests Non-paramétriques - Comparaison de 2 variables** à partir du menu

Statistiques/ Tests Non-Paramétriques/ Comparaison de 2 échantillons appariés (variables) ; cliquer sur OK pour afficher la boîte.

À partir du bouton **Variables** sélectionner la variable **1-score DM** (le numéro de la variable s'affiche dans le champ **1ère liste de variables** :) et la variable **2-score FM** (le numéro de la variable s'affiche dans le champ **2ème liste de variables** :) ; cliquer sur OK.

(a) *descriptif*

médiane, quantiles, boîte à moustaches pour chaque moment (DM et FM)

Cliquer sur le bouton **Boîtes à moustaches de toutes variables**, sélectionner les variables **1-score DM** et **2-score FM** (le numéro des variables 1-2 s'affiche dans le champ **Sélectionnez les variables** :) puis cliquer sur OK.

Spécifier le **Type de Boîte à Moustaches** en cochant l'option **Médiane/Quartiles/Étendue** et cliquer sur OK pour afficher le graphique.

(b) *test du signe*

Vérifier que le **Alpha pour la surbrillance** : est égal à ,05 .

Cliquer sur le bouton **Test des signes** (ou **Test des signes** dans l'onglet **Base**) pour afficher le résultat.

Couples de variables	Test des Signes (ortho1.sta) Tests significatifs marqués à p <,05000			
	Nb. Non ex-aequo	%age v < V	Z	niv. p
score DM & score FM	16	81,25000	2,250000	0,024449

Nbe Non ex-aequo nombre de valeurs $X \neq Y$

%age $v < V$ fréquence observée de valeurs $X < Y$

Z valeur observée de la statistique de test du signe S_n
centrée réduite, avec correction de continuité

niv. p p-valeur bilatérale associée à la statistique Z,
calculée à partir de la loi $N(0, 1)$

n

$1 - f_{obs}$ où $f_{obs} = \frac{s_{obs}}{n}$

$$|z_{obs}^c| = \frac{|s_{obs} - \mu(S_n)| - 0,5}{\sqrt{var(S_n)}}$$

Remarque : *STATISTICA* ne propose pas le test binomial (exact) plus adapté dans le cas de petits échantillons ($n \leq 30$).

Dans l'exemple pour $n = 16$ et $s_{obs} = 3$ la p-valeur peut-être obtenue à partir de la loi binomiale de paramètres n et $\frac{1}{2}$: $P_{H_0}(S_n \leq 3) = 0,010635$ d'où la p-valeur bilatérale $\alpha_{obs} = 0,021271$.

(c) *vérification des conditions d'application*

symétrie de la variable différence des scores DM et FM :

– histogramme (cf (1.A(d))

– coefficient d'asymétrie

La commande **Statistiques/ Tests Non-Paramétriques/ Comparaison de 2 échantillons appariés (variables)** ne permet pas de tester la symétrie de la variable différence des scores.

On peut calculer séparément le coefficient d'asymétrie de la variable diff DM-FM soit avec le menu **Statistiques/ Tests Non-Paramétriques/ Statistiques descriptives ordinales** (médiane, mode, ...) (cf (1.B(e)) soit avec le menu **Statistiques/ Statistiques Élémentaires/ Statistiques descriptives** qui permet également de calculer l'erreur-type de ce coefficient : cocher les options **Asymétrie** et **Erreur-type, Asymétrie** dans l'onglet **Avancé**.

(d) *test de Wilcoxon apparié*

Vérifier que le **Alpha** pour la surbrillance : est égal à ,05 .

Cliquer sur le bouton **Test de Wilcoxon, échantillons appariés** dans l'onglet **Base** pour afficher le résultat.

		Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (ortho1.sta) Tests significatifs marqués à p <,05000			
		N	T	Z	niv. p
Couples de variables	Actifs				
score DM & score FM		19	19,00000	2,533730	0,011286

N Actifs	nombre d'observations des variables X score DM et Y score FM	n'
T	valeur observée de statistique de test V de Wilcoxon	$v = \min(v^+, v^-)$
Z	valeur observée de la statistique V centrée réduite, sans correction pour les ex æquo	$ z_{obs} = \frac{ v - \mu(V) }{\sqrt{\text{var}(V)}}$
niv. p	p-valeur bilatérale associée à la statistique Z , calculée à partir de la loi $N(0, 1)$	α_{obs}

Remarques :

– **ATTENTION** : ici n' désigne la taille des échantillons d'origine et n le nombre d'observations effectives à partir duquel sont calculées moyenne $\mu(V)$ et variance $\text{var}(V)$ de la statistique de Wilcoxon :

$$n = \text{nombre de valeurs où } "X \neq Y" = \text{nombre de valeurs de non nulles de } D$$

$$= n' - \text{nombre de valeurs où } "X = Y" = n' - \text{nombre de valeurs où } "D = 0"$$

– **STATISTICA** ne précise pas le nombre n d'observations effectives.

– Il est possible d'obtenir la p-valeur exacte, plus adaptée dans le cas de petits échantillons ($n \leq 20$), à partir des tables de Wilcoxon pour échantillons appariés ; dans l'exemple pour $n = 16$ et $v = 19$ la p-valeur unilatérale donnée par la table est $P_{H_0}(V \leq 19) = 0,0046$ d'où la p-valeur bilatérale $\alpha_{obs} = 0,0092$.

– Une correction est applicable pour tenir compte des ex æquo : elle modifie la variance de la statistique V : $\widetilde{\text{var}}(V) = \text{var}(V) - \frac{1}{48} \left(\sum_g t_g(t_g^2 - 1) \right)$ où t_g est le nombre d'observations pour la $g^{\text{ème}}$ valeur de la valeur absolue de la variable différence ; cette correction diminue légèrement la variance donc augmente la valeur observée de la statistique Z en valeur absolue, et diminue la p-valeur correspondante.

Dans l'exemple $\widetilde{\text{var}}(V) = 374 - \frac{372}{48} = 366,25$ d'où $\widetilde{z}_{obs} = \frac{49}{\sqrt{366,25}} = 2,560397$ et la p-valeur bilatérale $\alpha_{obs} = 0,010455$.

calcul de la p-valeur bilatérale

Ouvrir la boîte de dialogue **Calculateur de Probabilités de Distributions** à partir du menu **Statistiques/ Calculateur de Probabilités/ Distributions...** .

Dans le champ **Distribution** choisir **Z(Normal)** cocher les options **Bilatéral** et **(1-p cumulé)** puis dans le champ **X** : taper la valeur observée de Z : **2,560397** et vérifier que les champs **moyenne** : et **écart-type** : ont pour valeur respective 0 et 1. Cliquer sur le bouton **Calculer** pour obtenir la p-valeur dans le champ **p** : .

Cliquer sur le bouton **Quitter** pour fermer la boîte.

– Il est possible de vérifier les résultats du test de Wilcoxon en calculant les sommes des rangs pour les différences positives et négatives sur le fichier de données.

(e) *symétrie de la différence*

Ouvrir la boîte de dialogue **Statistiques descriptives** à partir du menu **Statistiques/ Tests Non-Paramétriques/ Statistiques descriptives ordinales (médiane, mode, ...)** ; cliquer sur OK pour afficher la boîte.

A partir du bouton **Variables** sélectionner la variable **3-diff DM-FM** (le numéro de la variable s'affiche dans le champ **Sélectionnez les variables** :) ; cliquer sur OK.

Dans le champ **Calculer les bornes des centiles** spécifier

Premier centile : 25, et **Second centile** : 75, puis cliquer sur le bouton **Synthèse : statistiques descriptives ordinales** pour afficher les résultats ; en autres statistiques descriptives on obtient les médiane, 1^{er} quartile (25,000^o Centile) et 3^{ème} quartile (75,000^o Centile) et le coefficient d'asymétrie.

2. *L'enseignant se demande si les performances diminuent entre le début et la fin de l'après-midi.*