Université Mohamed Khider de Biskra	**Faculté des Sciences Exactes et de la Vie**
Département : Biologie	**Module: Biostatistique**
Année Univ: 2023-2024 **Prof Chala Adel**	**Master 1 LMD Science Biologique (Tous les spécialités)**

Protocole de TP 02 :

Exécution du test Analyse de la variance

I) (Execution test of Analysis of Variance with one way)

Pour validé le test de comparaison entre deux échantillons indépendants (test de Student), ou bien test d'ANOVA (plus que trois échantillons indépendants), il faut que les conditions suivantes soient valides :

a) Une seule variable quantitative mesurée X, et une seule variable qualitative A avec deux modalités (pour test de Student), ou bien une variable qualitative avec plus que trois modalités (pour test d'ANOVA).
b) La distribution soit gaussienne (suit la loi Normale).
c) L'échantillon est homogène pour la variance pour la variable quantitative, on ne peut pas trouver des valeurs plus loin que la moyenne, (Il n y a pas des valeurs extrêmes dans la série statistique).
d) Tous les observations sont prisent au hasard.

On utilise ce type du test lorsqu'on veut faire une comparaison entre plus que trois échantillons.

Pour cela, on peut poser les questions suivantes :

Existe-il une influence du variable qualitative A « nominale ou bien ordinale » (qui s'appelle le Facteur A, avec k modalités) sur la variable quantitative mesuré X ?

D'autre manière, est ce que les k échantillons sont homogènes ou bien non (par rapport à la variable mesurable) ?.

I-1) Structure du tableau des données

	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	…	Modalité k
	X_{11}	X_{12}	X_{13}		X_{1k}
	X_{21}	X_{22}	X_{23}		X_{2k}
	..	…	…		…
Moyen marginal	$\overline{x_1}$	$\overline{x_2}$	$\overline{x_3}$		$\overline{x_k}$

Pour cela on doit ordonner les réponses par les étapes suivantes

Etape 1 : Proposition d'hypothèses

Hypothèse nulle H_0: (Il y a un homogénéité pour les k échantillons)=(tous les moyennes sont significativement égales)= (Pas une influence du facteur A sur la variable X)

=$(\overline{x_1} = \overline{x_2} = \overline{x_3} =, \dots = \overline{x_k})$

Hypothèse alternative H_1: (Il n'y a pas homogénéité sur les k échantillons)=(tous les moyennes sont significativement différentes)=(Il y a une influence du facteur A sur la variable mesuré X).

Etape 2 : Les calculs (tableau d'ANOVA)

Source des variations	Somme des carrés	Ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Intergroupes	SCE (Inter)	k-1	CM(Inter)=$\frac{SCE(Intr)}{k-1}$	F=$\frac{CM(Intr)}{CM(Intra)}$	Sig
Intra-groupes	SCE (Intra)	N-k	$CM(Intra) = \frac{SCE(Intra)}{N-k}$		
Total	SCE (Total)	N-1			

Etape 3 : Conclusion (la décision)

Pour la décision, on utilise souvent la règle suivante

Si Signification inférieure à $\alpha\%$.Alors on rejette H0.

Si Signification supérieure à $\alpha\%$.Alors on accepte H0.

I-2) Exemple:

Pour mettre en évidence l'effet éventuel de l'absorption d'un médicament sur le rythme cardiaque, on forme trois groupes, par tirage au sort parmi les malades traités par ce médicament:
Au premier groupe, on n'administre pas le médicament, mais reste un placebo. Au deuxième et troisième groupe on administre le médicament avec différentes dosage.

Les données relatives pour cette expérience sont

rythme cardiaque du groupe témoin	170	175	187	180	190	165	175	174	173	181		
rythme cardiaque du groupe 2 traité	155	160	164	150	160	159	154	156	160	167	153	158
rythme cardiaque du groupe 3 traité	140	155	153	167	162	144	148	141	160			

1) Déterminer l'objectif pour cette expérience.
2) Déterminer la variable qualitative qui exprime les échantillons (Facteur A), et la variable quantitative a mesuré X.
3) Déterminer l'hypothèse nulle et alternative pour le test d'ANOVA à un facteur.
4) Avec un risque de signification de 4%, que peut-on dire sur l'effet du facteur A sur la variable X?

I-3) Reponse

1) Notre objectif est de savoir l'existence d'effet éventuel de l'absorption d'un médicament (type de traitement) sur le rythme cardiaque (la variable X), et de plus pour déterminer les groupes qui sont homogènes, ainsi que d'établir qu'elle est la meilleur traitement parmi ses trois types.

2) Facteur A « variable qualitative » : Méthode de traitement, dont ses modalités sont groupe témoin, méthode 2 de traitement, méthode 3 de traitement.

La variable quantitative mesuré X c'est Rythme cardiaque.

3) Hypothèse nulle H_0: (Il y a homogénéité sur les 3 méthodes de traitement), (tous les moyennes sont significativement égaux), (Il n'a pas une influence du facteur « méthodes de traitement » sur la variable « rythme cardiaque »), ($\overline{x_1} = \overline{x_2} = \overline{x_3}$).

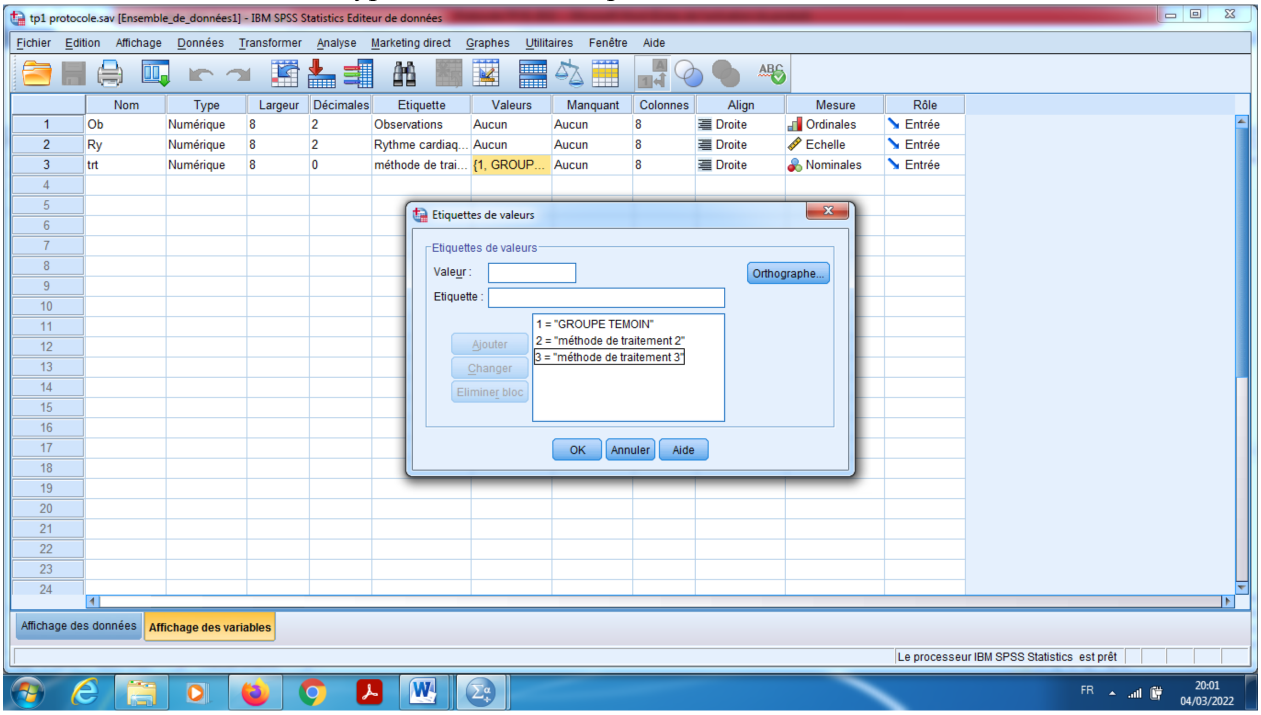
Hypothèse alternative H_1: (Il n'y a pas homogénéité sur les 3 méthodes de traitement), (tous les moyennes sont significativement différentes), (Il n une influence du facteur « méthode de traitement » sur la variable « rythme cardiaque »).

Pour vérifier les propositions d'hypothèses, tout d'abord il faut saisir ces données dans SPSS.

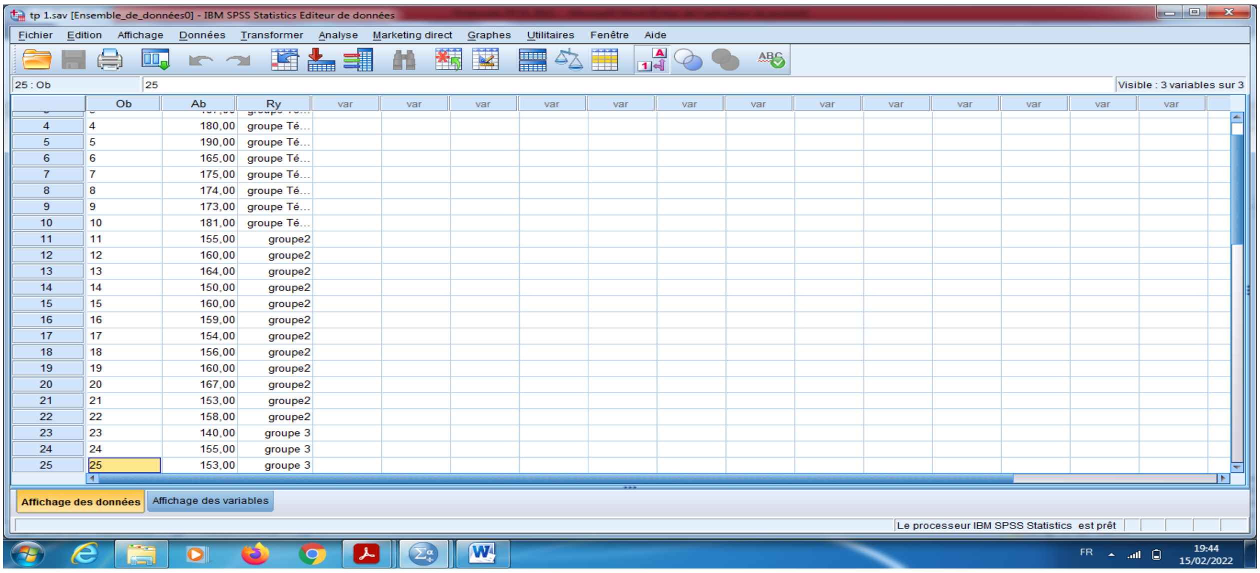
Nous suivons les étapes suivantes :

<u>I-3-1</u>) <u>Saisie des données</u>

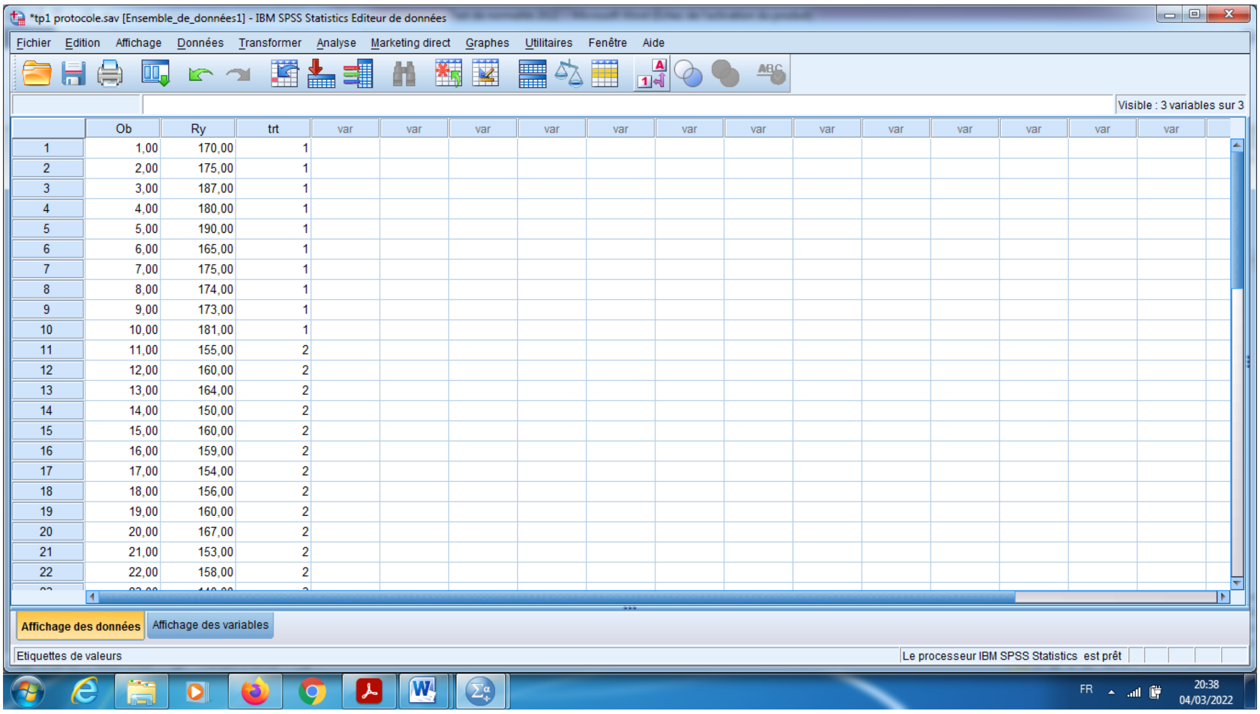
a) Il faut définir dans la barre en bas « Affichage des variables » : les variables (qualitative et quantitative) suivantes : observations, Rythme cardiaque, et les Types de traitement (Groupes pour k=3).
b) Il faut faire attention sur le 'Type' de la variable qualitative.



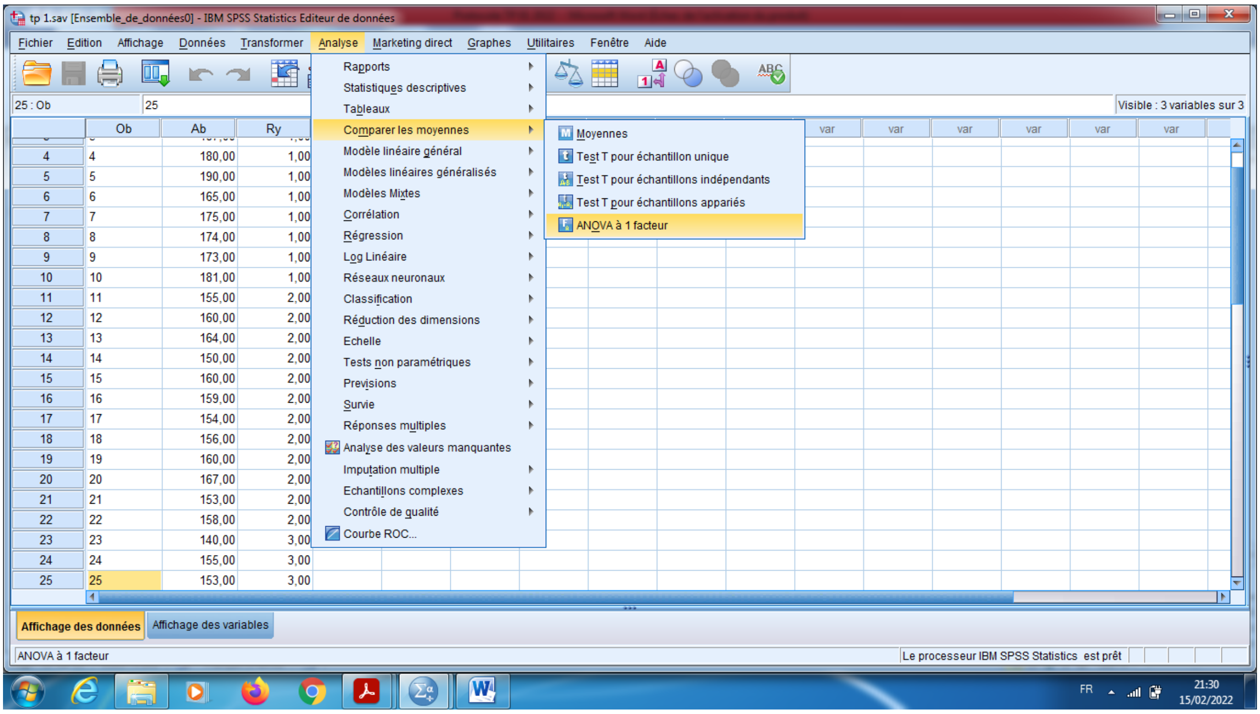
c) On choisit les modalités pour la variable qualitative qui représente les échantillons (type de traitement) dans « valeurs », on peut prendre comme un exemple (la valeur 1 pour groupe témoin, et la valeur 2 pour la méthode de traitement 2, et 3 pour la méthode de traitement 3.
d) On introduit les données dans la barre « Affichage des données ».



e) En cliquant sur le bouton « Etiquettes des valeurs » pour visualiser le codage des échantillons.

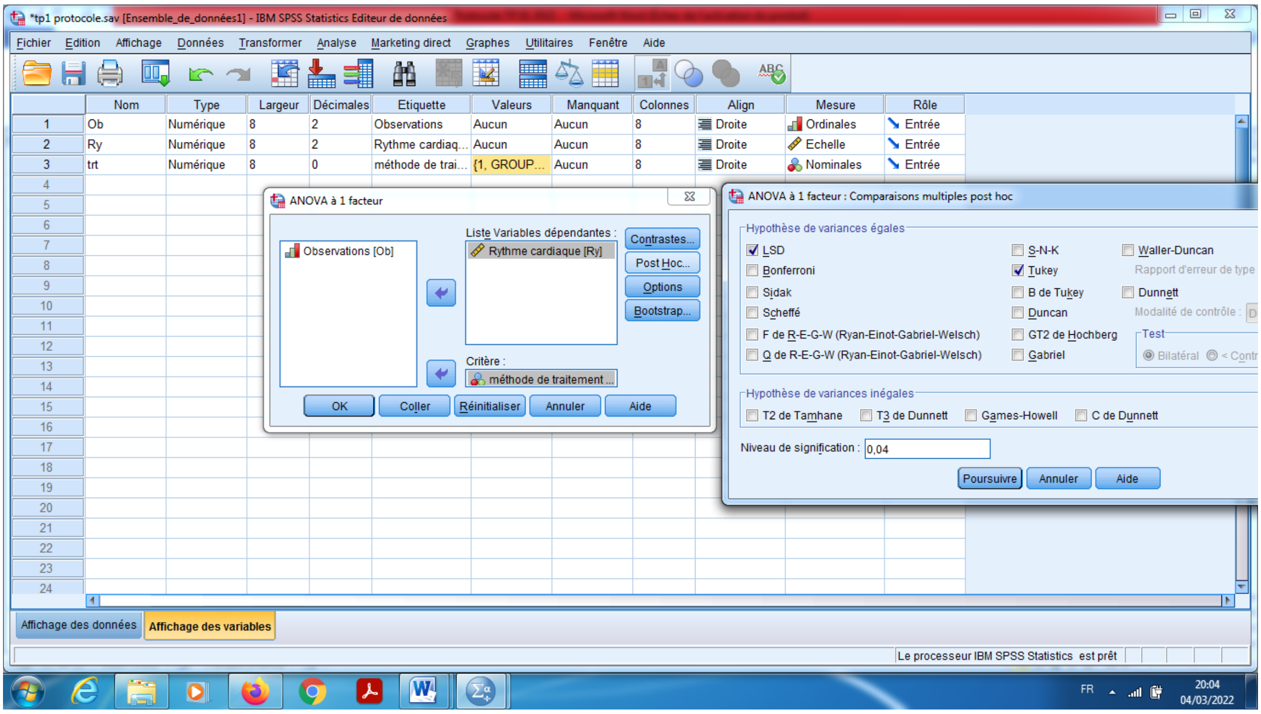


f) Allez chez Analyse, puis comparer les moyennes, puis ANOVA à 1 facteur.

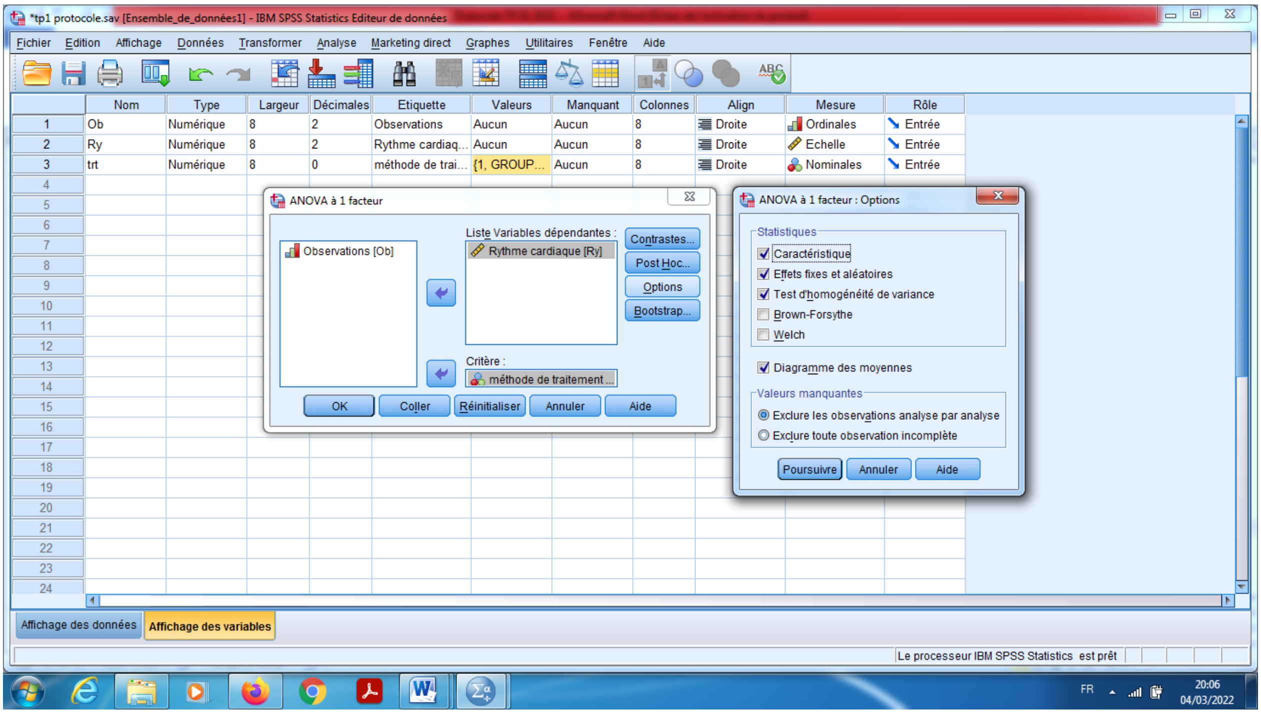


g) On pose la variable X dans le choix « liste des variables dépendantes », et dans le « critères » on pose la variable qui indique le facteur A.

h) Dans (Post Hoc), on choisit pour hypothèse de variance égales (LSD et Tukey), aussi on prend pour le niveau de signification 4%.



i) Dans le choix « option », on coche sur le caractères, test d’homogéniét de variance, et Diagramme des moyennes (qui nous permet d’établir la meilleur traitement parmi les trois essais).



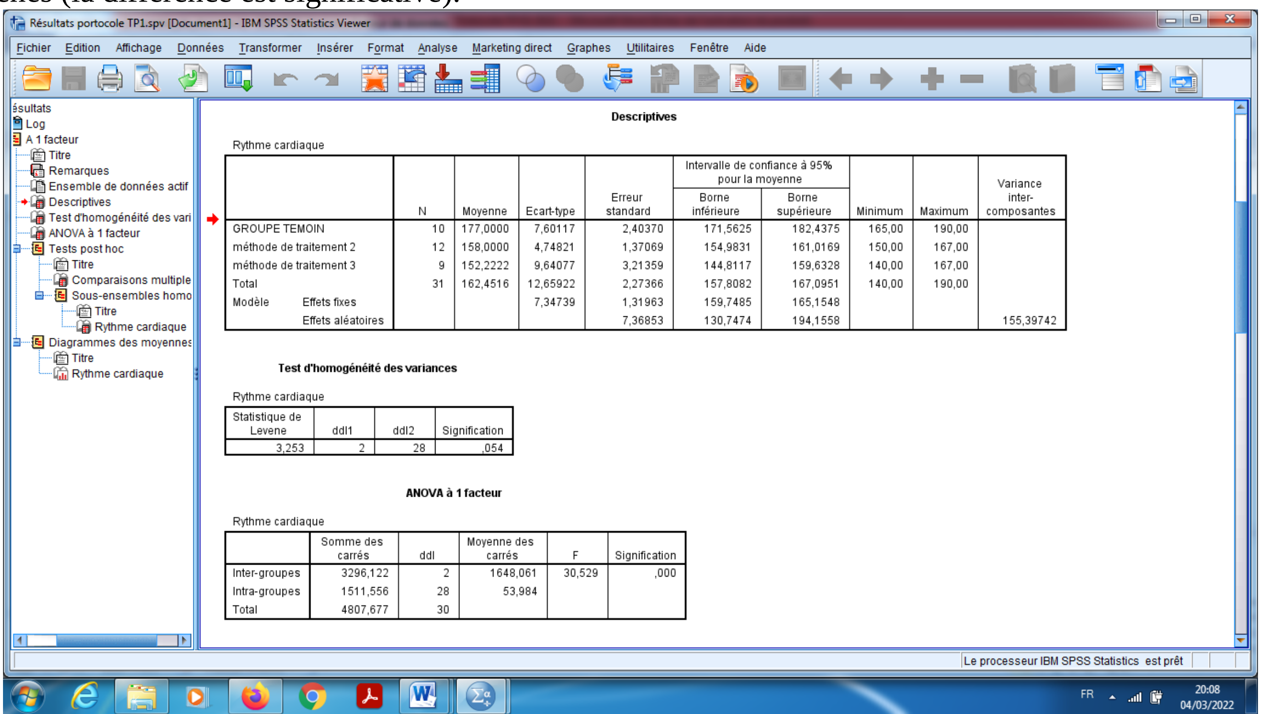
En fin OK.

I-3-2) Interprétation des résultats

On remarque bien ici que ($\overline{x_1} = 177$), ($\overline{x_2} = 185$) et ($\overline{x_3} = 152{,}222$). Alors les trois moyennes sont différentes, mais le problème qui se pose c'est que : cette différent est-elle significative ou bien non (sous H_0)?

Pour test d'homogénéite de la variance, c'est le test de Levene, on remarque que Sig=0,054>0,04 alors on accepte l'hypothèse de l'homogénéite de la variance.

Tableau d'ANOVA qui nous permet d'établir s'il existe un effet du facteur A sur la variable X, ou bien non. On remarque pour cela que (Sig=0,000<0,04), alors on rejette H_0, et on accepte de H_1, c'est-à-dire il y a influence du facteur type de traitement sur la variable rythme cardiaque, alors les trois méthodes ne sont pas homogènes (la différence est significative).



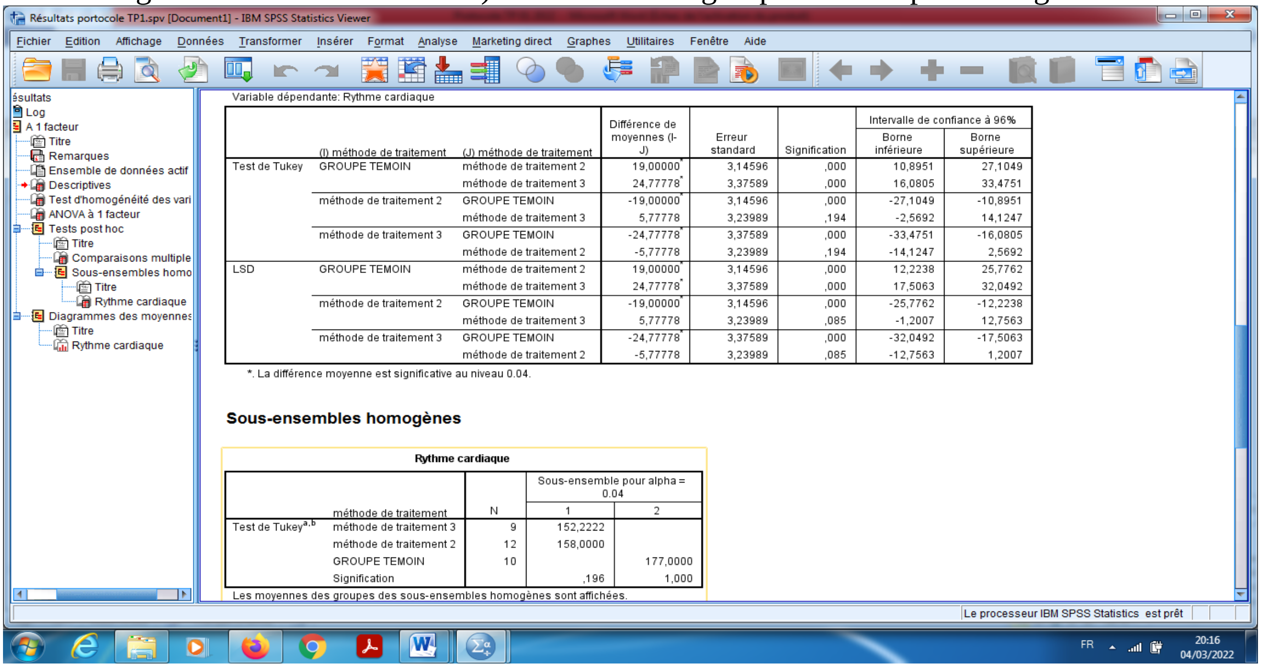
Alors on cherche les groupes qui sont homogènes deux à deux, on effectuer le test de LSD ou bien test de Tukey.

On remarque que les groupes 3 et 2 sont homogènes.

En effet : On compare entre (groupe 2 et groupe 3), on remarque que Sig=0,194>0,04. Alors on accepte l'hypothèse H0 : (méthode 2 et Méthode 3 sont homogène).

De même pour la comparaison entre groupe 3 et groupe 2.

Par contre si on compare entre groupe 1 et 2, on trouve que Sig=0,00<0,04. On accepte H1 : (méthode 1 et Méthode 2 sont significativement différentes). Alors les deux groupes ne sont pas homogènes.



Variable dépendante: Rythme cardiaque

	(I) méthode de traitement	(J) méthode de traitement	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 96% Borne inférieure	Borne supérieure
Test de Tukey	GROUPE TEMOIN	méthode de traitement 2	19,00000*	3,14596	,000	10,8951	27,1049
		méthode de traitement 3	24,77778*	3,37589	,000	16,0805	33,4751
	méthode de traitement 2	GROUPE TEMOIN	-19,00000*	3,14596	,000	-27,1049	-10,8951
		méthode de traitement 3	5,77778	3,23989	,194	-2,5692	14,1247
	méthode de traitement 3	GROUPE TEMOIN	-24,77778*	3,37589	,000	-33,4751	-16,0805
		méthode de traitement 2	-5,77778	3,23989	,194	-14,1247	2,5692
LSD	GROUPE TEMOIN	méthode de traitement 2	19,00000*	3,14596	,000	12,2238	25,7762
		méthode de traitement 3	24,77778*	3,37589	,000	17,5063	32,0492
	méthode de traitement 2	GROUPE TEMOIN	-19,00000*	3,14596	,000	-25,7762	-12,2238
		méthode de traitement 3	5,77778	3,23989	,085	-1,2007	12,7563
	méthode de traitement 3	GROUPE TEMOIN	-24,77778*	3,37589	,000	-32,0492	-17,5063
		méthode de traitement 2	-5,77778	3,23989	,085	-12,7563	1,2007

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.04.

Sous-ensembles homogènes

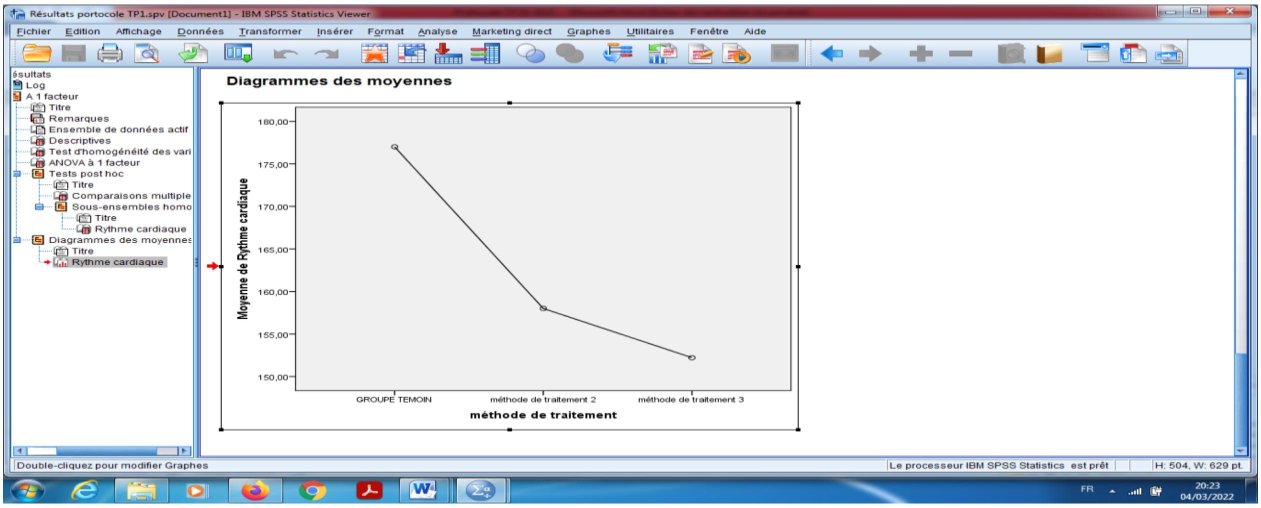
Rythme cardiaque

	méthode de traitement	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.04 — 1	2
Test de Tukey[a,b]	méthode de traitement 3	9	152,2222	
	méthode de traitement 2	12	158,0000	
	GROUPE TEMOIN	10		177,0000
	Signification		,196	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

Finalement pour établir qu'elle est la meilleur méthode :

En utilisant la table « sous ensembles homogènes » : c'est le groupe témoin, et puis le groupe 2 et puis groupe 3. Alors le groupe témoin est plus efficace par rapport à taux d'absorption, et le plus faible par rapport au taux d'absorption c'est le groupe 3.



II) Exécution du test ANOVA à deux facteurs

(Execution test of <u>An</u>alysis of <u>Va</u>riance with two ways)

Pour validé le test d'ANOVA à deux facteurs, il faut que les conditions suivantes soient valides :

A) Une seule variable quantitative mesurée X, et deux variables qualitatives : A avec k modalités et B avec l modalités.
B) La distribution soit gaussienne (suit la loi Normale).
C) L'échantillon est homogène pour la variance pour la variable quantitative, on ne peut pas trouver des valeurs plus loin que la moyenne, (Il n y a pas des valeurs extrêmes dans la série statistique).

<u>Point de vue</u>

Il faut comprendre que la **<u>réponse</u>** d'une question posée s'appelle une variable.

Les réponses qui terminent par une unité des mesures, est appelle une variable quantitative mesurable.

Les réponses qui terminent par des lettres (codes), est appelle une variable qualitative.

Dans ANOVA à deux facteurs, on a deux variables qualitatives, et une seule variable quantitative.

On peut poser les questions suivantes :

Existe-il une influence de deux variables qualitatives « nominale ou bien ordinale » (qui s'appelle aussi le Facteur A et B, avec nombre k et l des modalités respectivement) sur la variable quantitative mesuré X ?

D'autre manière : est ce que les k échantillons sont homogènes ou bien non (par rapport la variable mesurable).

Est-ce que les l échantillons sont homogènes ou bien non (par rapport la variable mesurable).

<u>II-1)</u> <u>Tableau des données.</u>

Voici la table des données, avec les moyennes marginales pour les lignes et pour les colonnes, ainsi que la moyenne totale.

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">Facteur A</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Modalité 1</td><td>Modalité 2</td><td>Modalité 3</td><td>…</td><td>Modalité k</td><td>Moyennes marginales</td></tr>
<tr><td rowspan="12">Facteur B</td><td rowspan="4">Modalité 1</td><td>X_{11}</td><td>X_{12}</td><td>X_{13}</td><td></td><td>X_{1k}</td><td></td></tr>
<tr><td>X_{21}</td><td>X_{22}</td><td>X_{23}</td><td></td><td>X_{2k}</td><td></td></tr>
<tr><td>..</td><td>…</td><td>…</td><td></td><td>…</td><td></td></tr>
<tr><td>$\overline{x_{11}}$ Moyenne cellulaires</td><td>$\overline{x_{12}}$</td><td>$\overline{x_{13}}$</td><td></td><td>$\overline{x_{1k}}$</td><td>$\overline{y_1}$ la moyenne des moyennes pour la modalité 1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Modalité 2</td><td>X_{11}</td><td>X_{12}</td><td>X_{13}</td><td></td><td>X_{1k}</td><td></td></tr>
<tr><td>X_{21}</td><td>X_{22}</td><td>X_{23}</td><td></td><td>X_{2k}</td><td></td></tr>
<tr><td>..</td><td>…</td><td>…</td><td></td><td>…</td><td></td></tr>
<tr><td>$\overline{x_{21}}$ Moyenne cellulaires</td><td>$\overline{x_{22}}$</td><td>$\overline{x_{23}}$</td><td></td><td>$\overline{x_{2k}}$</td><td>$\overline{y_2}$ la moyenne des moyennes pour la modalité 2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Modalité l</td><td>X_{11}</td><td>X_{12}</td><td>X_{13}</td><td></td><td>X_{1k}</td><td></td></tr>
<tr><td>X_{21}</td><td>X_{22}</td><td>X_{23}</td><td></td><td>X_{2k}</td><td></td></tr>
<tr><td>..</td><td>…</td><td>…</td><td></td><td>…</td><td></td></tr>
<tr><td>$\overline{x_{l1}}$ Moyenne cellulaires</td><td>$\overline{x_{l2}}$</td><td>$\overline{x_{l3}}$</td><td></td><td>$\overline{x_{lk}}$</td><td>$\overline{y_l}$ la moyenne des moyennes pour la modalité l</td></tr>
<tr><td colspan="2">Moyennes marginales</td><td>$\overline{x_1}$ la moyenne des moyennes pour la modalité 1</td><td>$\overline{x_2}$ la moyenne des moyennes pour la modalité 2</td><td>$\overline{x_3}$ la moyenne des moyennes pour la modalité 3</td><td><u>…..</u></td><td>$\overline{x_k}$ la moyenne des moyennes pour la modalité k</td><td>$\overline{X_T}$ la moyenne totale pour les moyennes marginales</td></tr>
</table>

Pour cela on doit ordonner les réponses par les étapes suivantes

<u>Etape 1 : Proposition d’hypothèses</u>

Pour le facteur A Les colonnes :

Hypothèse nulle H_0: (Il existe homogénéité sur les k échantillons)=(tous les moyennes marginales sont significativement égales), (Il n’a pas une influence du facteur A sur la variable X).

$(\overline{x_1} = \overline{x_2} = \overline{x_3} =, \ldots \overline{x_k})$

Hypothèse alternative H_1: (Il n’y a pas homogénéité sur les k échantillons)=(tous les moyennes sont significativement différentes)=(Il y a une influence du facteur A sur la variable mesuré X).

Pour le facteur B Les lignes :

Hypothèse nulle H_0: (Il existe homogénéité sur les l échantillons)=(tous les moyennes marginales sont significativement égales), (Il n'a pas une influence du facteur B sur la variable X).

$(\overline{y_1} = \overline{y_2} = \overline{y_3} =, \dots \overline{y_l})$

Hypothèse alternative H_1: (Il n'y a pas homogénéité sur les k échantillons)=(tous les moyennes sont significativement différentes)=(Il y a une influence du facteur B sur la variable mesuré X).

Pour le facteur d'interaction entre A et B :

Hypothèse nulle H_0: (Il n'existe pas effet d'interaction entre A et B)= (la différence entre les moyennes cellulaires n'est pas significative)

Hypothèse alternative H_1: (Il existe effet d'interaction entre A et B)= (la différence entre les moyennes cellulaires est significative)

Etape 2 : Les calculs (tableau d'ANOVA)

Source des variations	Somme des carrés d'Ecarts	DDL	Carrés des Moyenne	F	Signification
Facteur A	SCE_A	k-1	$\text{CMA} = \frac{\text{SCEA}}{k-1}$	$F_A = \frac{CMA}{CMR}$	Sig_A
Facteur B	SCE_B.	l-1	$\text{CMB} = \frac{\text{SCEB}}{l-1}$	$F_B = \frac{CMB}{CMR}$	Sig_B
Facteur d'interaction A sur B	SCE_{AB}	(k-1)(l-1)	$\text{CMAB} = \frac{\text{SCEAB}}{(k-1)(l-1)}$	$F_{AB} = \frac{CMAB}{CMR}$	Sig_{AB}
Résiduelle	SCE_R	kl(n-1)	$\text{CMR} = \frac{\text{SCER}}{kl(n-1)}$		
Total	////	N=nkl			

Etape 3 : Conclusion (la décision)

Pour la décision, on utilise souvent la règle suivante :

Si Signification inférieure à α%. Alors on rejette H0.

Si Signification supérieure à α%. Alors on accepte H0.

Exemple:

Dans le cadre d'une expérience sur la durée de vie des bactéries, le but est de déterminer la durée de vie en fonction du type solution Hydro-Alcoolique. Comme on sait que les bactéries ont une durée de vie qui dépend de la température d'utilisation et aussi avec le type de solution Hydro-Alcoolique qu'il été creusé sur la surface, un plan à deux facteurs (type de solution et température d'utilisation) a été fait. Les résultats dans le tableau suivant

	15^0C				25^0C				35^0C			
Type I	130	155	74	180	128	119	153	75	25	70	45	58
Type II	138	110	168	160	136	122	106	115	96	104	82	60

Type III	150	188	159	126	174	120	150	139	111	132	148	58

1) Déterminer l'objectif pour cette expérience.
2) Déterminer la variable qualitative qui exprime les échantillons (Facteur A et B), et la variable quantitative a mesuré X.
3) Déterminer l'hypothèse nulle et alternative pour le test d'ANOVA à deux facteurs.
4) Avec un risque de signification de 5%, que peut-on dire sur l'influence du facteur A et B sur la variable X?

Il est nécéssaire de réécrire le tableau des données sous la forme suivante, pour simplifier la saisie des données sous SPSS.

Température	Type de solution	Durée de Vie
15C	Type I	130.00
15C	type III	150.00
15C	type II	138.00
15C	Type I	155.00
15C	type III	188.00
15C	type II	110.00
15C	Type I	74.00
15C	type III	159.00
15C	type II	168.00
15C	Type I	180.00

Reponse

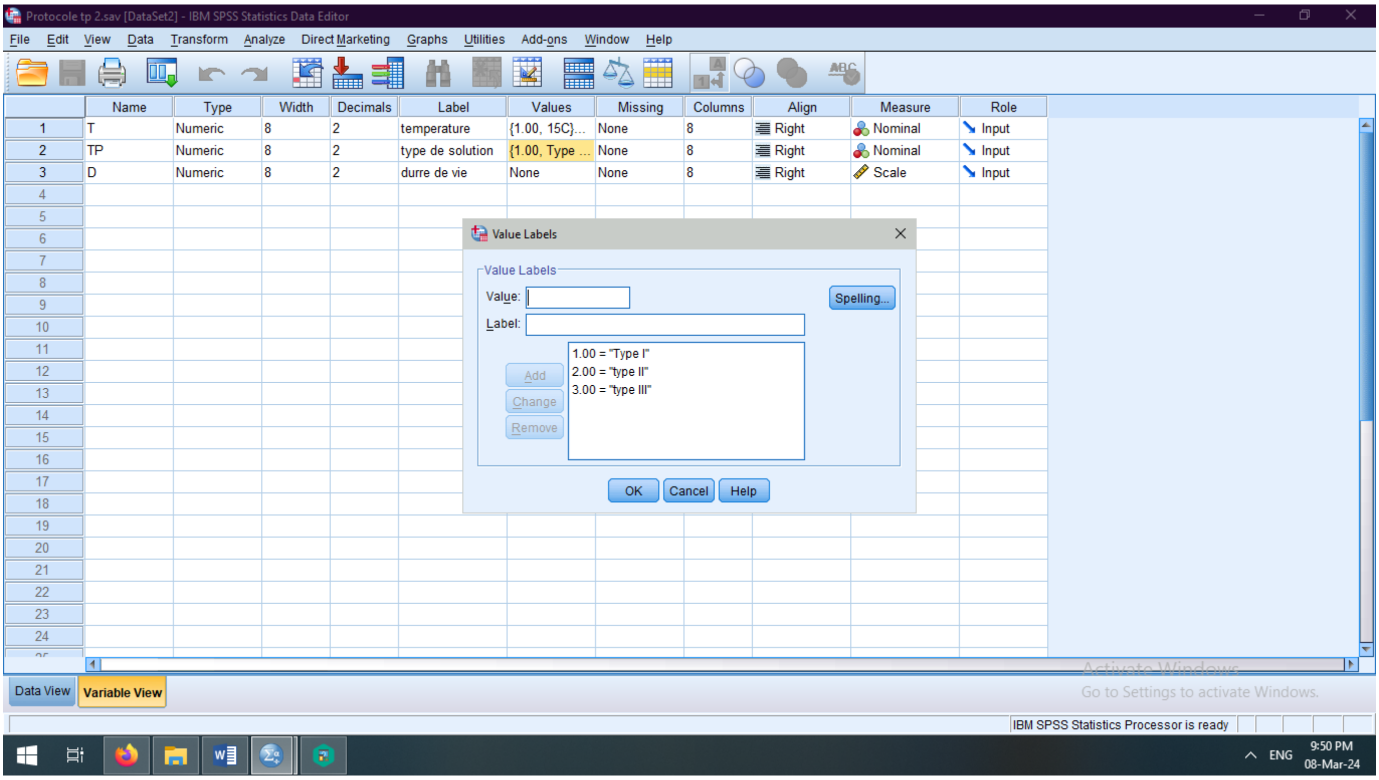
1) Notre objectif est de savoir l'existence d'effet éventuel de la température sur la durée de vie des bactéries (la variable X), et de plus de savoir l'existence d'effet éventuel de type de solution sur la durée de vie des bactéries (la variable X), et d'établir l'effet d'interaction des deux facteurs sur les données mesurables, et de plus pour déterminer les groupes qui sont homogènes, ainsi que d'établir qu'elle est la meilleur modalité pour chaque facteur.

2) Facteur A « variable qualitative » : Température, dont les modalités sont groupés (15°C, 25°C, et 35°C), et Facteur B « variable qualitative » : Type de solution, dont les modalités sont groupés (Type I, Type II, et Type III). La variable quantitative mesurée X c'est la durée de vie.

Pour vérifier les propositions d'hypothèses (voir la partie du cours), tout d'abord il faut saisir ces données dans SPSS.

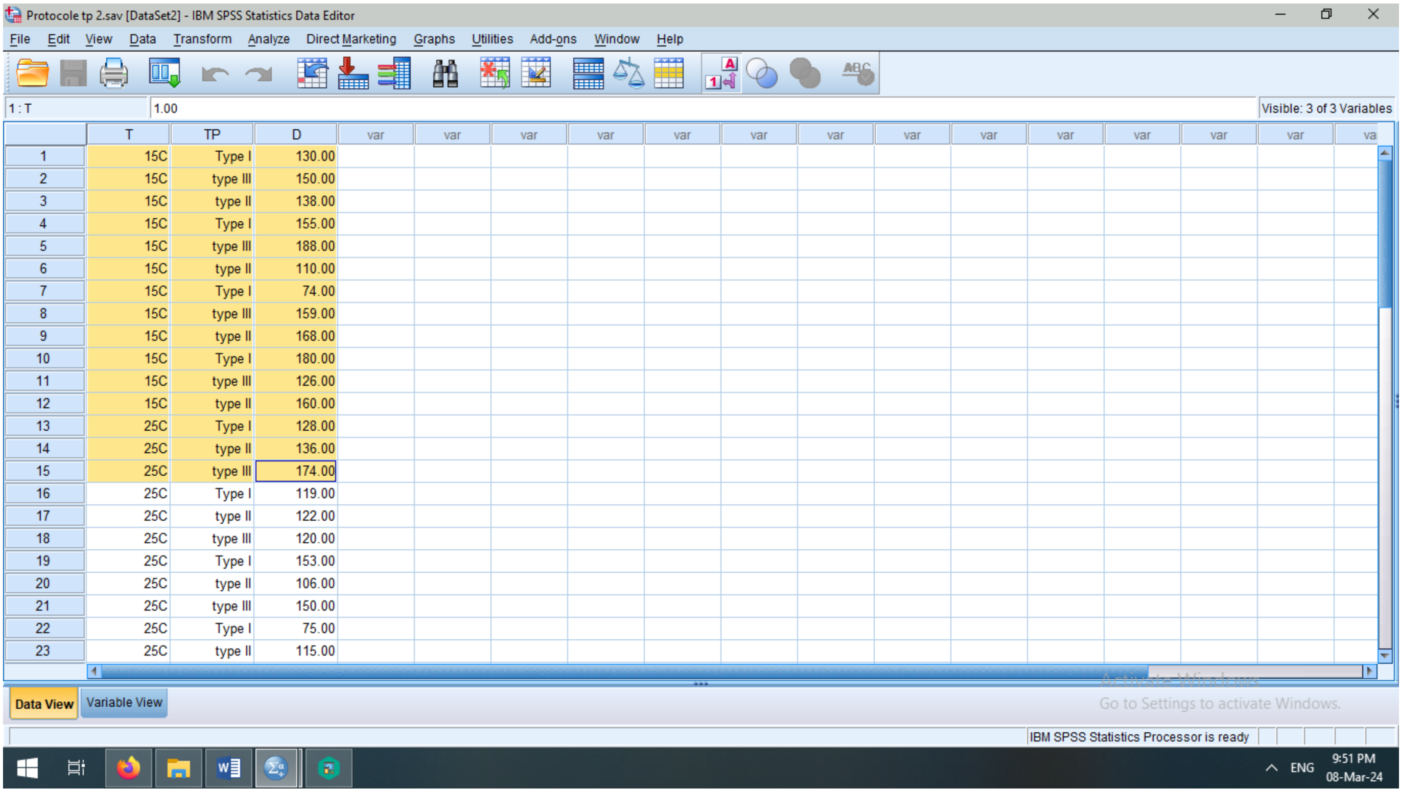
II-2) Saisit des données :

a) Il faut définir dans la barre en bas « Affichage des variables » : les variables (qualitative et deux quantitative) suivantes : Température, Type de solution et la durée de vie.

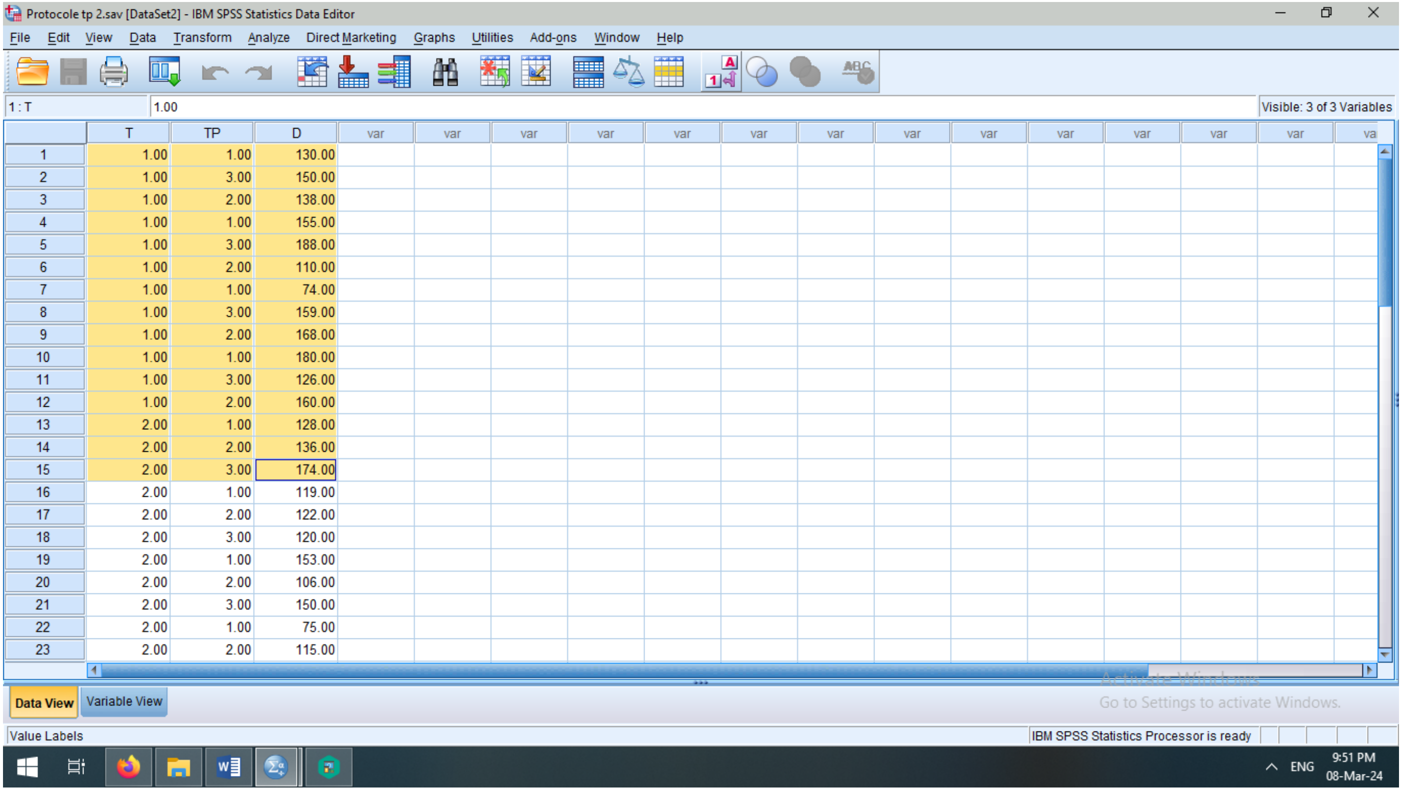


b) On choisit les modalités pour la variable qualitative qui représente les échantillons de la variable (température) dans « valeurs », on peut prendre comme un exemple (la valeur 1 pour 15°C, et la valeur 2 pour 25°C, et 3 pour 35°C, aussi avec une manière analogue pour la variable type de solution.

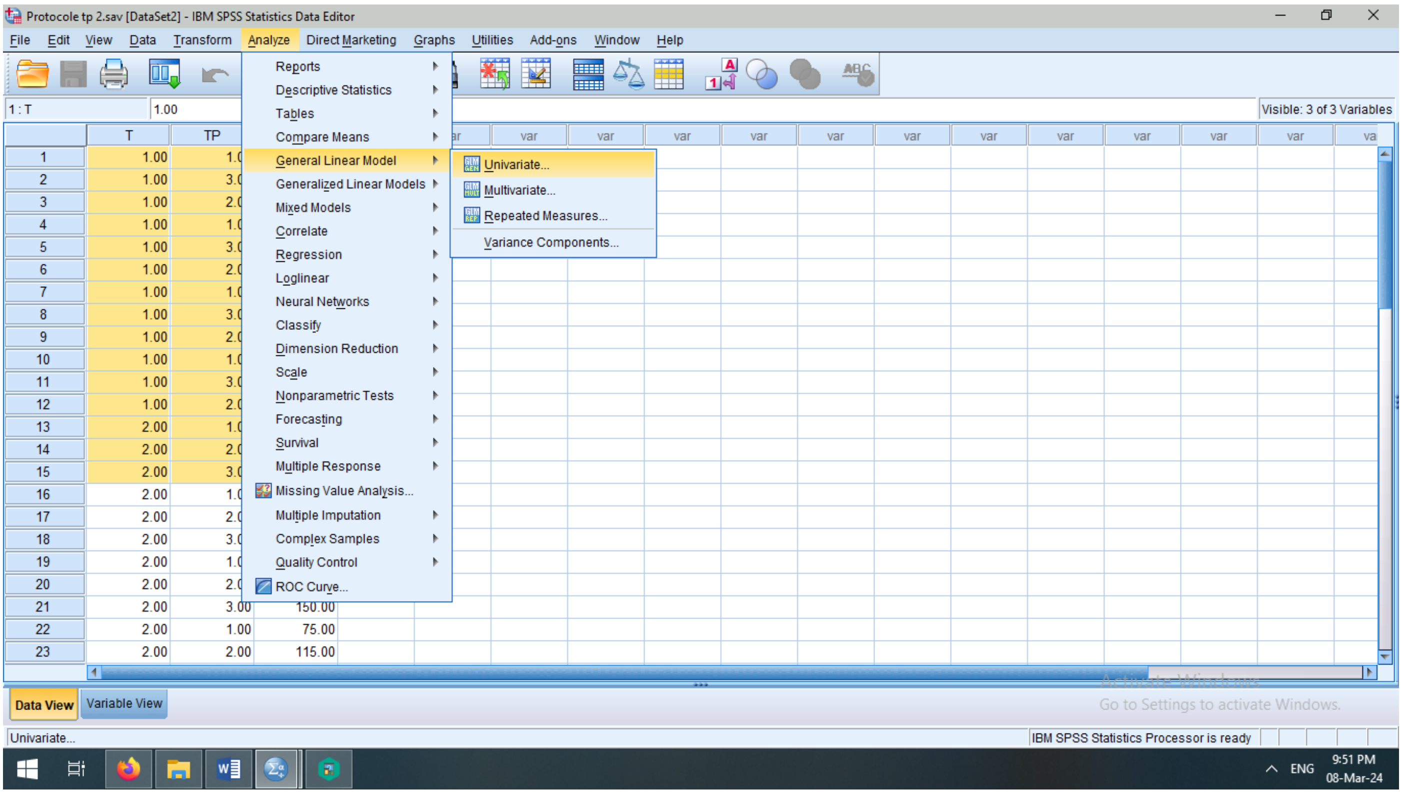
c) On introduit les données dans la barre « Affichage des données ».



d) En cliquant sur le bouton « Etiquettes des valeurs » pour visualiser le codage des échantillons.

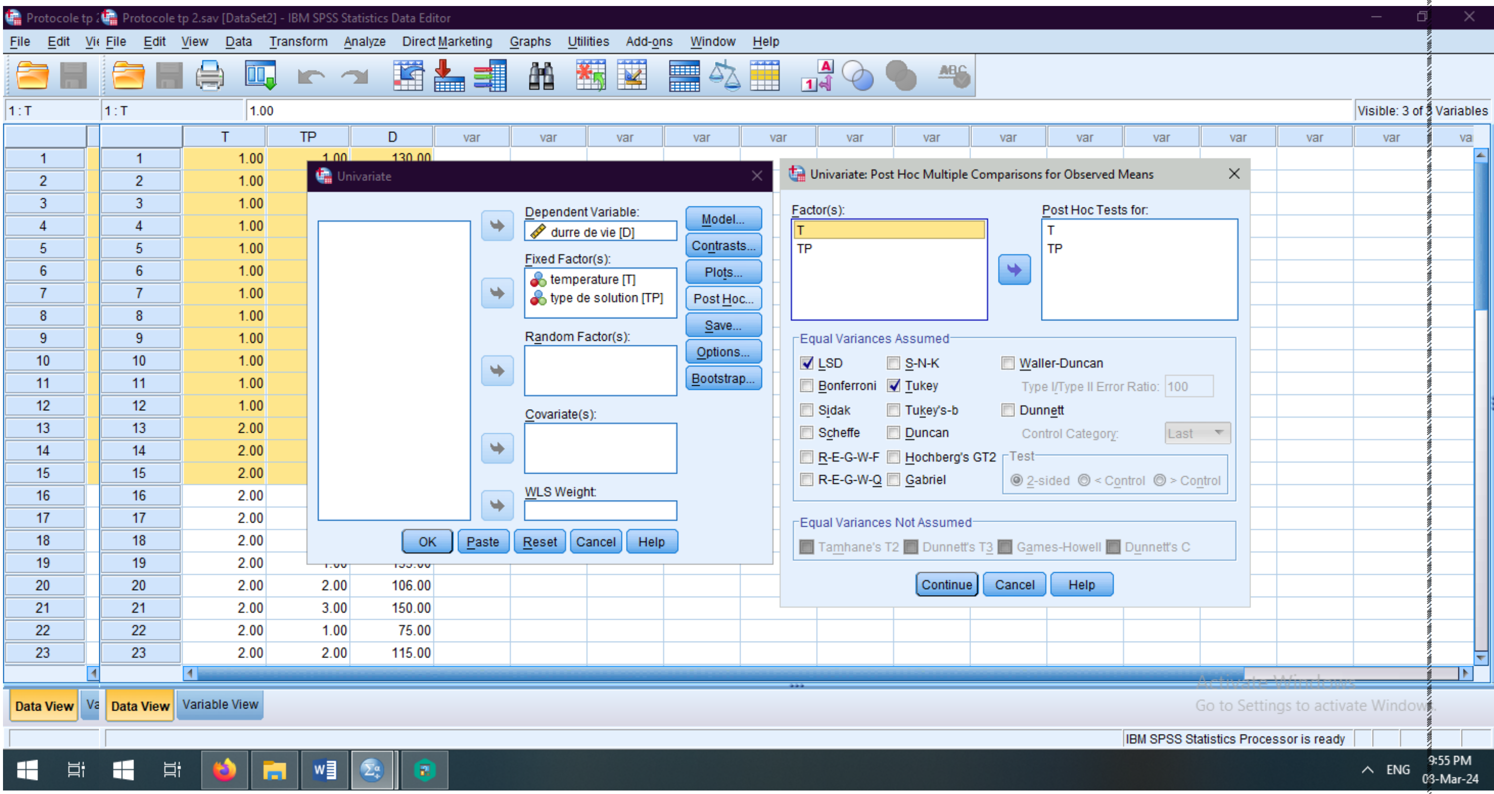


e) <u>Pour obtenir le test d'analyse de la variance à deux facteurs, on suivre les étapes : Analyse, puis Modèle linéaire général, puis Uni varié (une seule variable dépendante).</u>

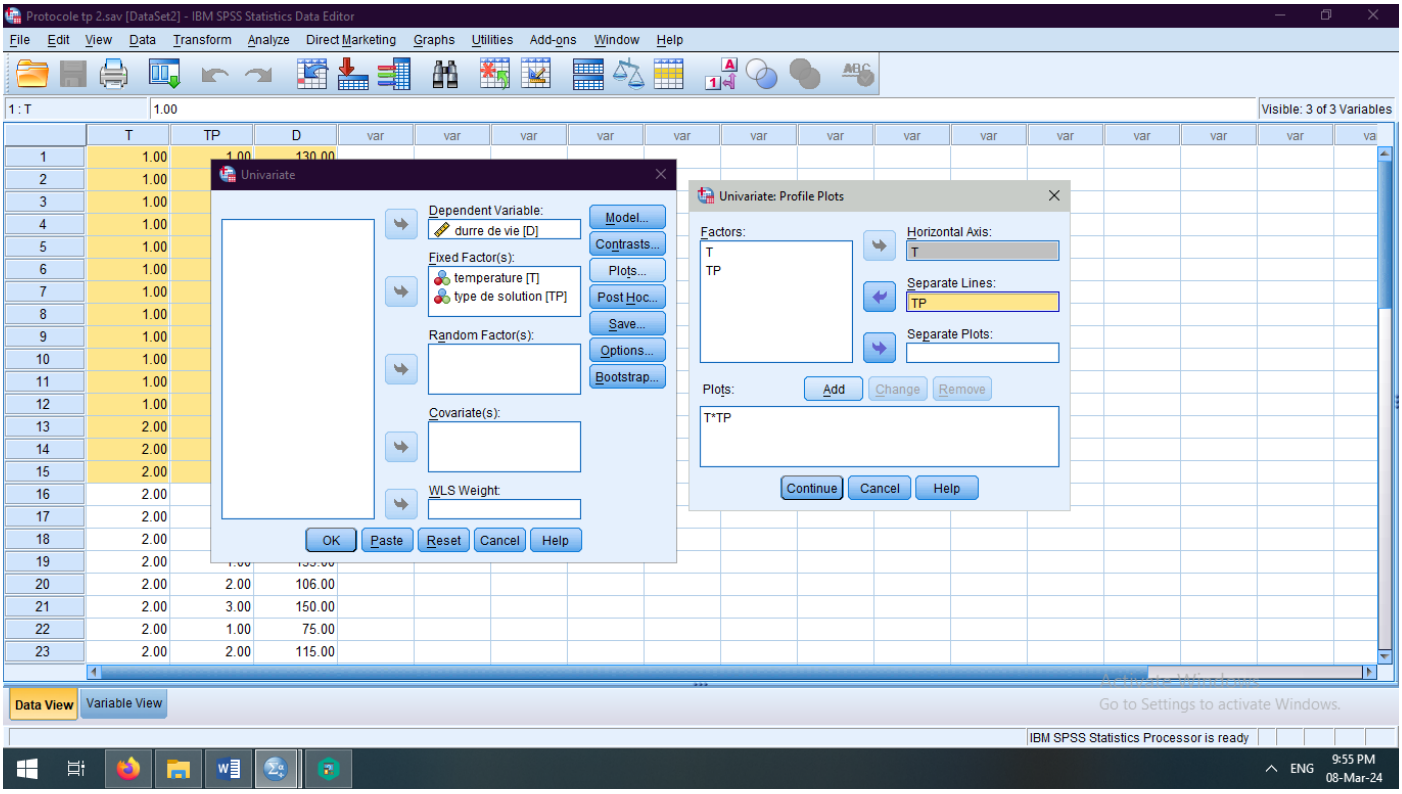


f) On pose la variable durée de vie X dans le choix « variables dépendantes », et dans le « facteurs fixes » on pose les variable qui indiquent deux facteurs A et B.

g) Pour « Modèle » faire glisser les facteurs dans le modèle d'intéraction.

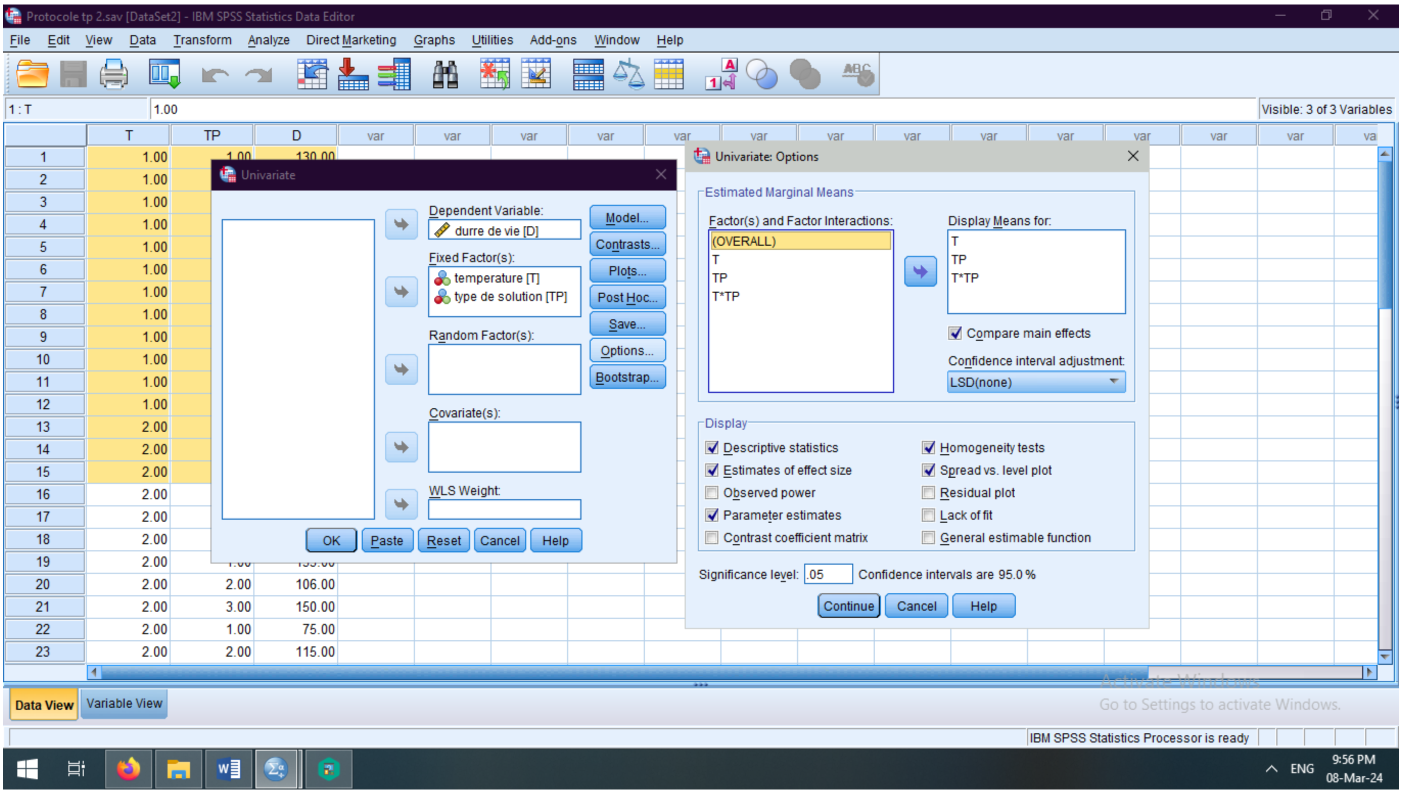


h) Dans le choix « Diagrammes », on pose le caractères (T) sur l'axe horizontal, et caractère (Tp) sur les courbes distinctés, et puis on clique sur « Ajouter ». (Cette option elle nous permet de vérifier l'effet d'intéraction graphiquement).



i) Dans le choix « Post-Hoc », on pose les facteurs sur (test post-hoc pour), et on choisit le test (LSD et Tukey).

j) Dans le choix « Options », on pose les facteurs T et Tp et intéraction dans la boite (Affiché les moyennes pour), et puis on coche sur les choix statistique déscriptive, estimation d'effet de taille, et test d'homogénéite, et on garde le taux de risque 5%.



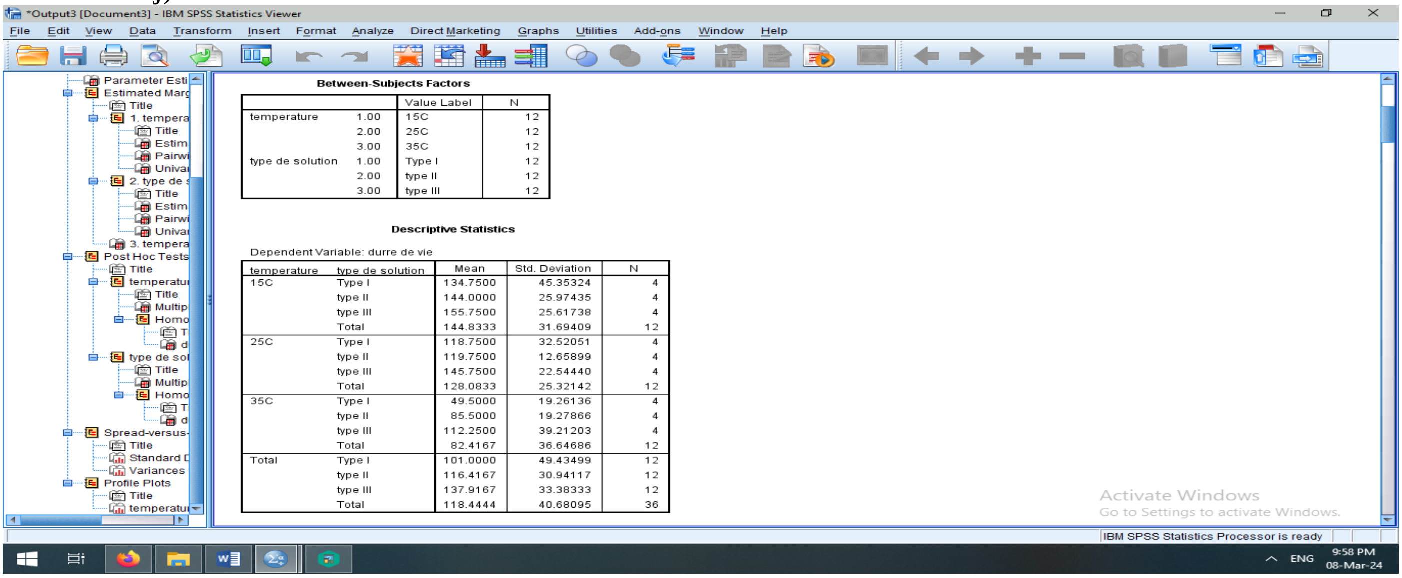
En fin OK.

II-3) Interprétation des résultats

Pour test d'homogénéite de la variance, c'est le test de Levene, on remarque que Sig=0,599>0,05 alors on accepte l'hypothèse de l'homogénéite de la variance (c'est-à-dire que la distribution est homogène de la variance entre les échantillons) **(Voir TP1)**

Deux premiers tableaux nous donnent une vision générale sur la statistique discriptive pour la variable dépendante ainsi que pour les variable qualitatives : (N=12= 3modalités×4répétitions).

Pour le deuxième tableau est réprésente les moyennes pour chaque cellule (intersection entre la modalité i et la modelité j).



Between-Subjects Factors

		Value Label	N
temperature	1.00	15C	12
	2.00	25C	12
	3.00	35C	12
type de solution	1.00	Type I	12
	2.00	type II	12
	3.00	type III	12

Descriptive Statistics

Dependent Variable: durre de vie

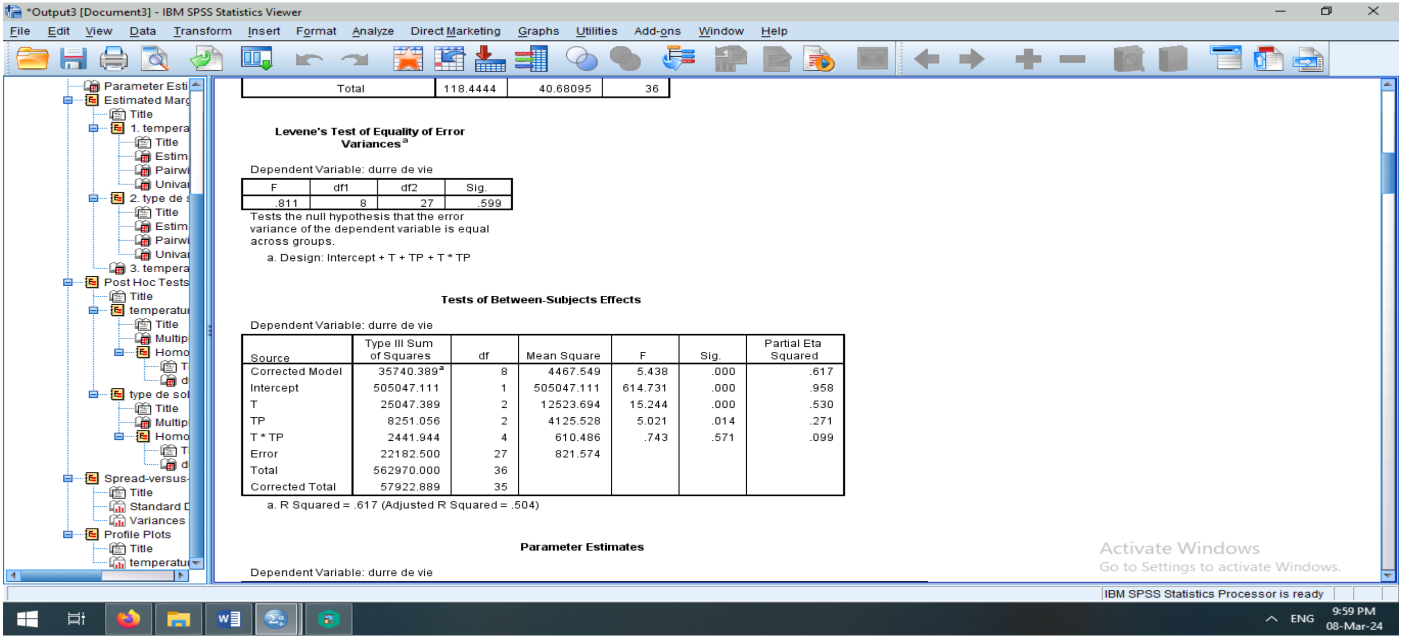
temperature	type de solution	Mean	Std. Deviation	N
15C	Type I	134.7500	45.35324	4
	type II	144.0000	25.97435	4
	type III	155.7500	25.61738	4
	Total	144.8333	31.69409	12
25C	Type I	118.7500	32.52051	4
	type II	119.7500	12.65899	4
	type III	145.7500	22.54440	4
	Total	128.0833	25.32142	12
35C	Type I	49.5000	19.26136	4
	type II	85.5000	19.27866	4
	type III	112.2500	39.21203	4
	Total	82.4167	36.64686	12
Total	Type I	101.0000	49.43499	12
	type II	116.4167	30.94117	12
	type III	137.9167	33.38333	12
	Total	118.4444	40.68095	36

Tableau d'ANOVA à deux facteurs (test d'effets inter-sujets), qui nous permet d'établir s'il existe un effet du facteur A sur la variable dépendante X, et aussi s'il existe un effet du facteur B sur la variable dépendante X, et s'il existe un effet d'interaction entre deux facteurs A et B sur la variable dépendante X.

Tout d'abord il est nécéssaire de vérifier **l'effet d'intéraction entre les deux facteurs**, alors (sig=0,571>0,05), ce qui nous donne l'acceptation d'hypothèse nulle pour l'intéraction, alors il n y 'a un effet d'intéraction.

Pour le facteur A « température » : On remarque que sig=0,000<0,05. Alors on accepte l'hypothèse alternative, donc il y a un effet du température sur la variable durée de vie, et on peut dire aussi que le taux d'influence c'est 100% (1-0,000=1).

Pour le facteur B « Type de solution alcoolique » : On remarque que sig=0,014<0,05. Alors on accepte l'hypothèse alternative, donc il y a un effet de type de solution sur la variable durée de vie, c'est-à-dire la différence entre les moyennes est significative pour le facteur type de solution, et on peut dire aussi que le taux d'influence c'est 98,6% (1-0,014=0,986).



Total	118.4444	40.68095	36

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable: durre de vie

F	df1	df2	Sig.
.811	8	27	.599

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + T + TP + T * TP

Tests of Between-Subjects Effects

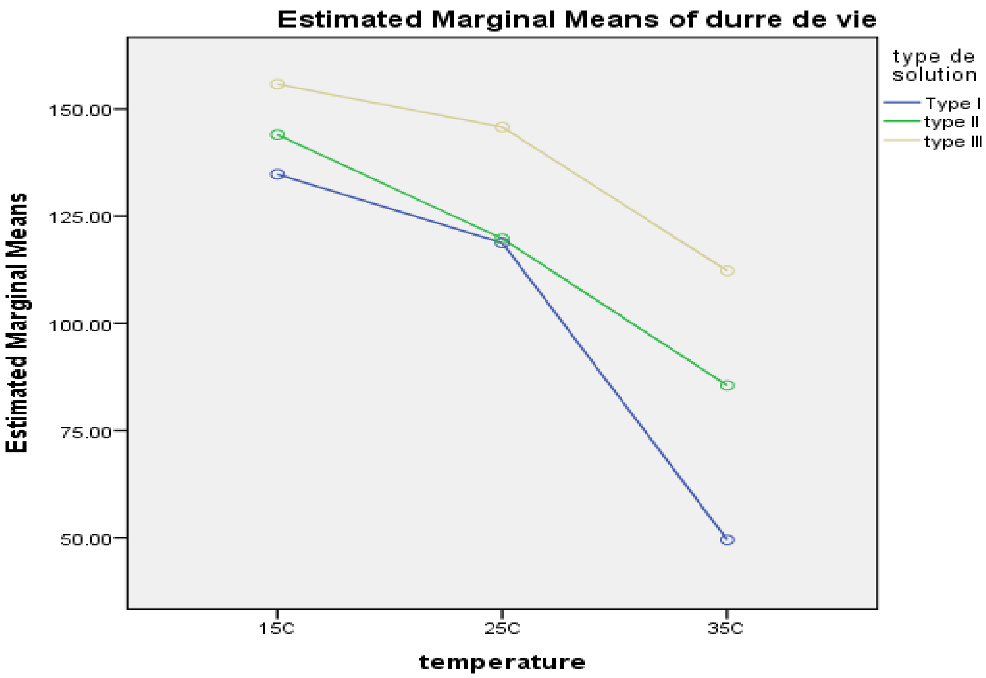
Dependent Variable: durre de vie

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	35740.389[a]	8	4467.549	5.438	.000	.617
Intercept	505047.111	1	505047.111	614.731	.000	.958
T	25047.389	2	12523.694	15.244	.000	.530
TP	8251.056	2	4125.528	5.021	.014	.271
T * TP	2441.944	4	610.486	.743	.571	.099
Error	22182.500	27	821.574			
Total	562970.000	36				
Corrected Total	57922.889	35				

a. R Squared = .617 (Adjusted R Squared = .504)

Parameter Estimates

Dependent Variable: durre de vie



Cette graphique nous dire qu'il n y a pas intéraction entre les deux facteurs, il suffit de voir s'il y a pas dintersection entre les segments.

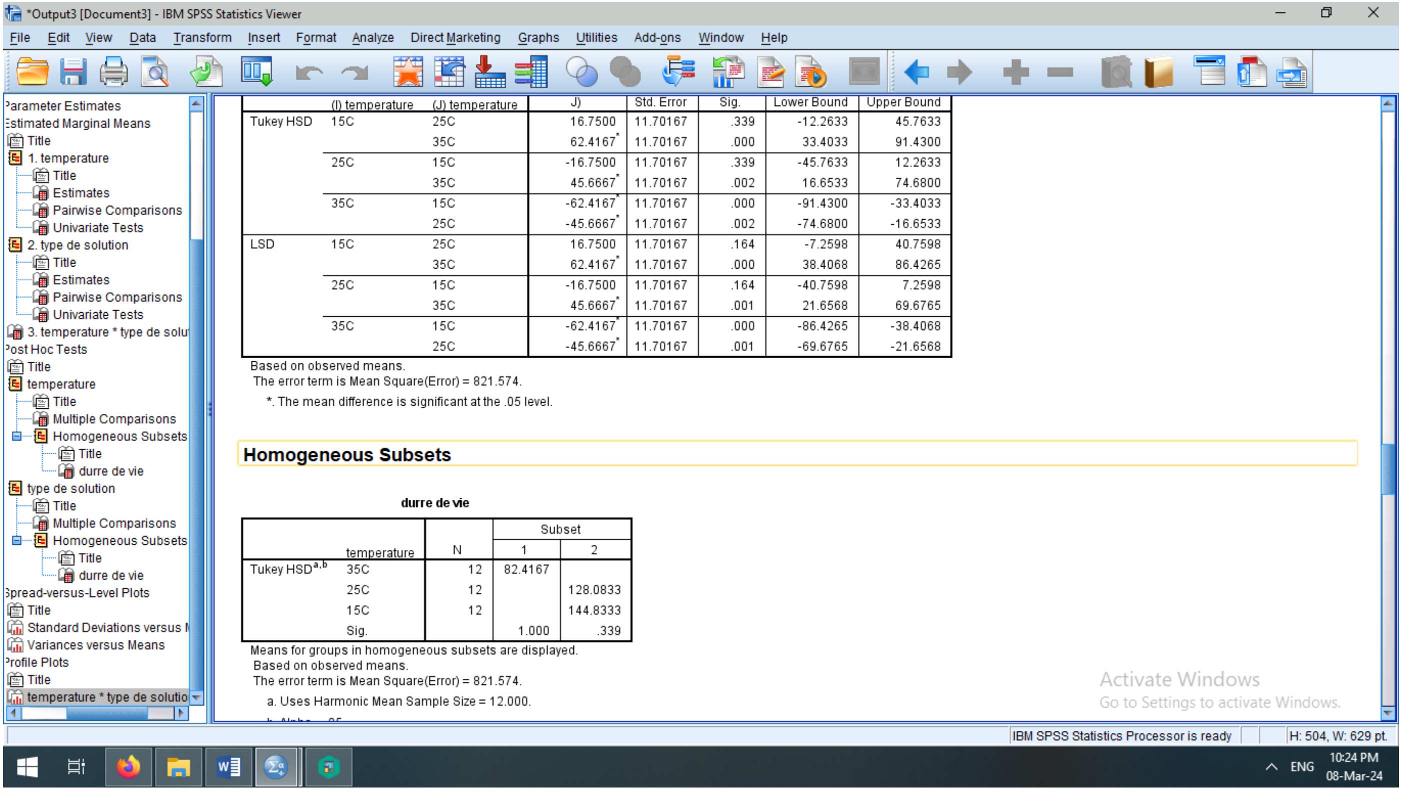
<u>Remarque importante:</u>

S'il y a un effet d'interaction (acceptation l'hypothèse H_1), dans ce cas on ne peut rien dire.

D'autre part, s'il n'y a pas un effet d'interaction entre les deux facteurs (acceptation d'hypothèse H_0), seulement dans ce cas, il est nécessaire d'étudier les effets principaux A et B.

II-4) Etude supplémentaire : Retourne aux cas d'ANOVA a un facteur :

On cherche les groupes d'homogénéités deux à deux par rapport au facteur température, on effectuer pour cette raison le test de LSD ou bien test de Tukey.



	(I) temperature	(J) temperature	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	15C	25C	16.7500	11.70167	.339	-12.2633	45.7633
		35C	62.4167*	11.70167	.000	33.4033	91.4300
	25C	15C	-16.7500	11.70167	.339	-45.7633	12.2633
		35C	45.6667*	11.70167	.002	16.6533	74.6800
	35C	15C	-62.4167*	11.70167	.000	-91.4300	-33.4033
		25C	-45.6667*	11.70167	.002	-74.6800	-16.6533
LSD	15C	25C	16.7500	11.70167	.164	-7.2598	40.7598
		35C	62.4167*	11.70167	.000	38.4068	86.4265
	25C	15C	-16.7500	11.70167	.164	-40.7598	7.2598
		35C	45.6667*	11.70167	.001	21.6568	69.6765
	35C	15C	-62.4167*	11.70167	.000	-86.4265	-38.4068
		25C	-45.6667*	11.70167	.001	-69.6765	-21.6568

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 821.574.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

durre de vie

	temperature	N	Subset 1	Subset 2
Tukey HSD[a,b]	35C	12	82.4167	
	25C	12		128.0833
	15C	12		144.8333
	Sig.		1.000	.339

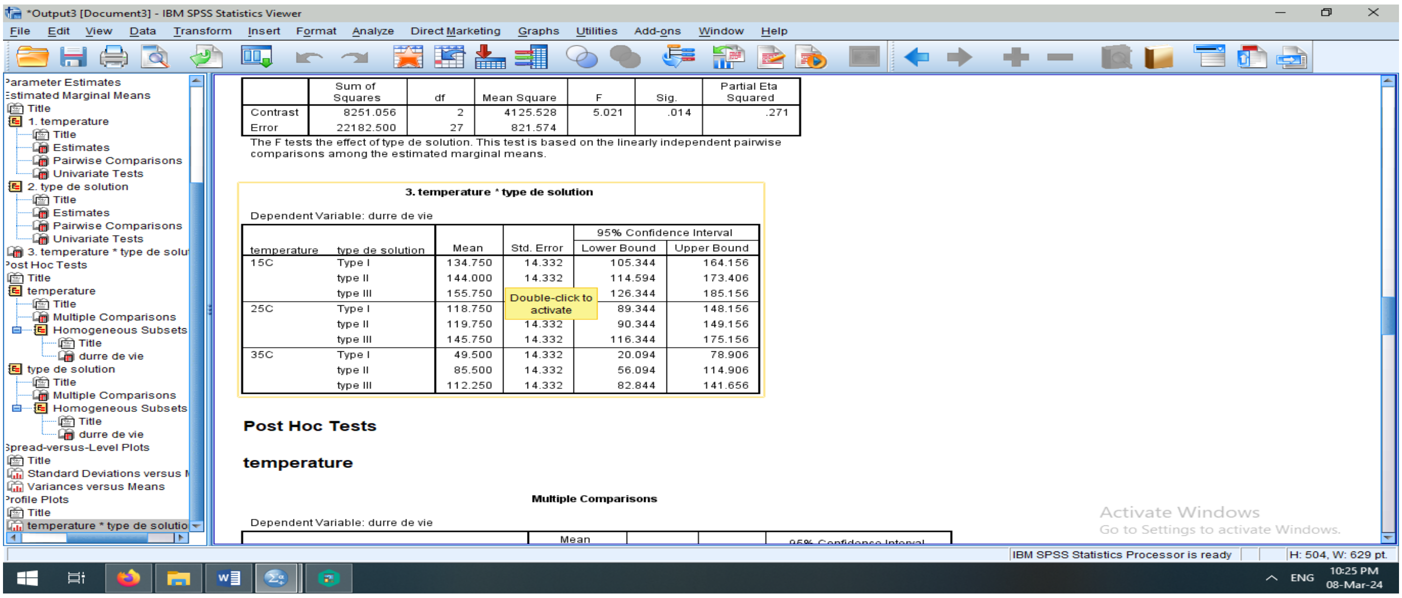
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 821.574.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

On remarque qu'il y a deux sous groupes différentes, et la meilleure modalité c'est la température 15°C.

En effet : On compare par exemple entre (15°C et 25°C), on remarque que 0,05<Sig=0,339. Alors on accepte l'hypothèse H0 : (15°C et 25°C sont homogènes).

De plus on remarque que les deux bornes d'intervalle de confiance sont positives pour la comparaison entre 15°C et 35°C , c'est-à-dire que I-J>0, alors I>J, alors température 15°C est meilleure que 35°C.

Tableaux des moyennes marginales et les moyennes pour chaque case.



	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Contrast	8251.056	2	4125.528	5.021	.014	.271
Error	22182.500	27	821.574			

The F tests the effect of type de solution. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. temperature * type de solution

Dependent Variable: durre de vie

temperature	type de solution	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
15C	Type I	134.750	14.332	105.344	164.156
	type II	144.000	14.332	114.594	173.406
	type III	155.750		126.344	185.156
25C	Type I	118.750		89.344	148.156
	type II	119.750	14.332	90.344	149.156
	type III	145.750	14.332	116.344	175.156
35C	Type I	49.500	14.332	20.094	78.906
	type II	85.500	14.332	56.094	114.906
	type III	112.250	14.332	82.844	141.656

Post Hoc Tests

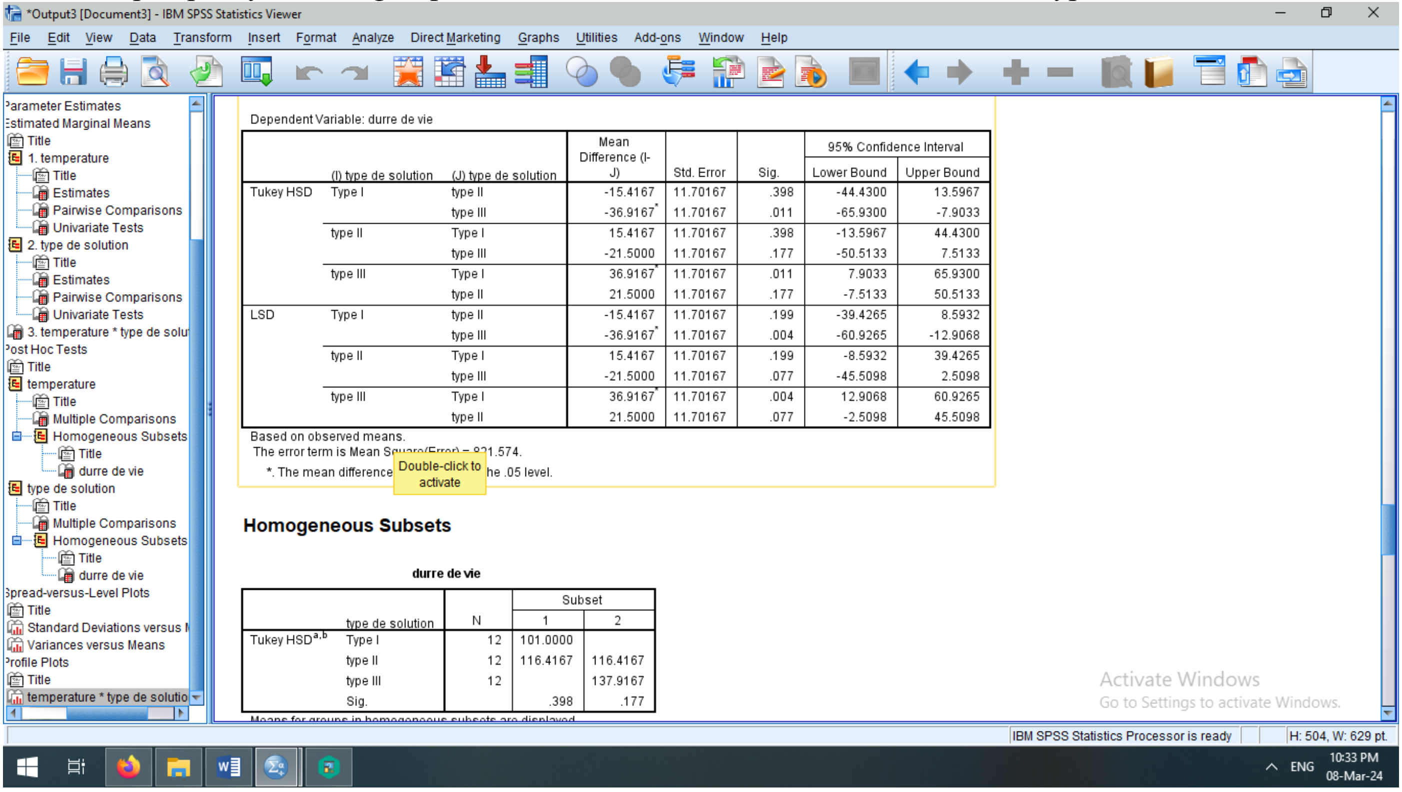
temperature

Multiple Comparisons

Dependent Variable: durre de vie

Pour cela, on cherche les groupes d'homogènéités deux à deux par rapport au facteur Type de solution, on effectuer pour cette raison le test de test de Tukey.

On remarque qu'il y a deux groupes différentes, et la meilleure modalité c'est la type de solution N° :3.



Dependent Variable: durre de vie

	(I) type de solution	(J) type de solution	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Type I	type II	-15.4167	11.70167	.398	-44.4300	13.5967
		type III	-36.9167*	11.70167	.011	-65.9300	-7.9033
	type II	Type I	15.4167	11.70167	.398	-13.5967	44.4300
		type III	-21.5000	11.70167	.177	-50.5133	7.5133
	type III	Type I	36.9167*	11.70167	.011	7.9033	65.9300
		type II	21.5000	11.70167	.177	-7.5133	50.5133
LSD	Type I	type II	-15.4167	11.70167	.199	-39.4265	8.5932
		type III	-36.9167*	11.70167	.004	-60.9265	-12.9068
	type II	Type I	15.4167	11.70167	.199	-8.5932	39.4265
		type III	-21.5000	11.70167	.077	-45.5098	2.5098
	type III	Type I	36.9167*	11.70167	.004	12.9068	60.9265
		type II	21.5000	11.70167	.077	-2.5098	45.5098

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 821.574.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

durre de vie

	type de solution	N	Subset 1	2
Tukey HSD[a,b]	Type I	12	101.0000	
	type II	12	116.4167	116.4167
	type III	12		137.9167
	Sig.		.398	.177

En effet : On compare entre (Type de solution N° :1 et Type de solution N° :3), on remarque que Sig=0,011<0,05. Alors on accepte l'hypothèse H1 : (Type de solution N° :1 et Type de solution N° :3 sont significativement différentes).

De plus on remarque que les deux bones d'intervalle de confiance sont négatives, c'est-à-dire que I-J<0, alors I<J, alors Type de solution N° :3 est meilleure que Type de solution N° :1.