

MTH8301 chapitre 16

mesures répétées - données longitudinales

Définition

données telles que la variable de réponse de chaque sujet (unité expérimentale) est *observée* plusieurs fois : dans le temps ou sous diverses conditions expérimentales contrôlées ou non

- **Contexte - facteur INTRA et INTER 1 - 4**
avantages - désavantages
- **Exemple**

	nombre facteurs			
	INTER	INTRA	COV	.... 5 - 12
1 <u>vin</u>	0	1	0	
2 <u>médicaments</u>	0	1	0	
3 <u>blood flow</u>	0	1	0	
4 <u>diètes</u>	1	1	0	
5 <u>opérateurs</u>	1	2	0	
6 <u>cholestérol</u>	2	1	1	
7 <u>Plan 5 facteurs</u>	4	1	1	
- **Théorie 13 - 16**
- **Analyse : exemples 17 - 31**
- **Analyse Cholestérol avec Statistica 30 - 31**
- **Analyse Cholestérol avec JMP Pro 32 - 35**
- **Analyse Cholestérol avec NCSS 36 - 42**

INTER sujet
modalités facteur
d'expérience différentes
d'un sujet à l'autre

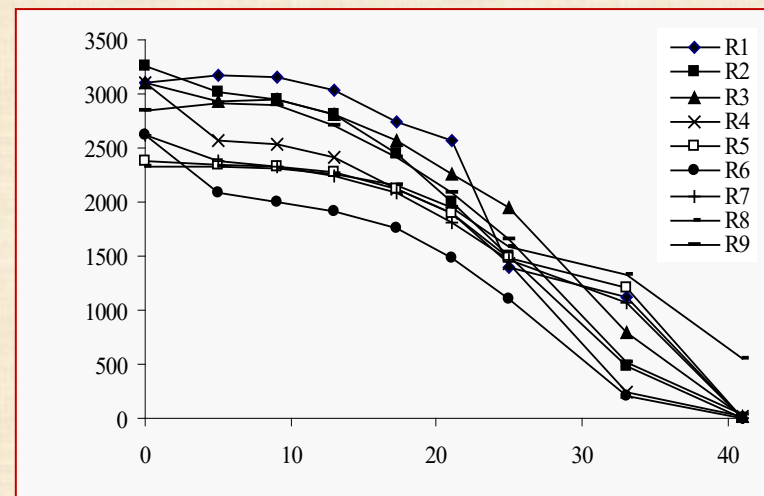
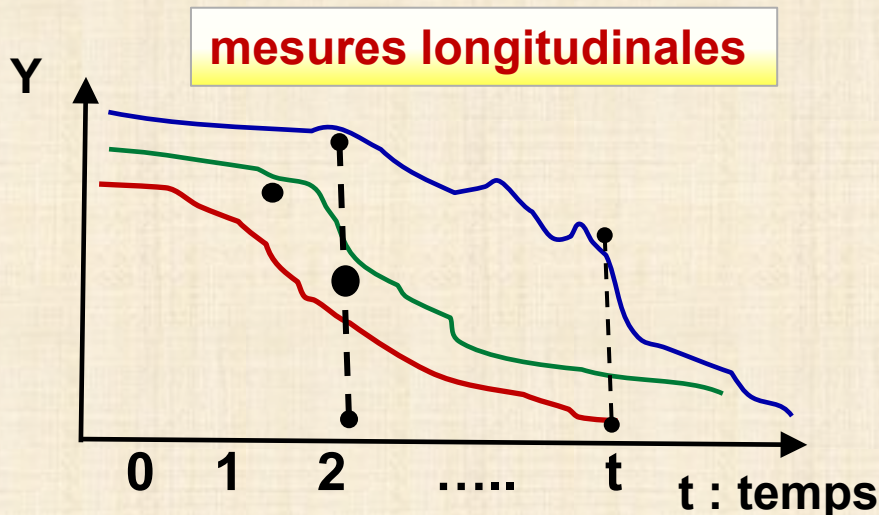
INTRA sujet
toutes les modalités
d'un facteur sont prises
par le sujet

un facteur expérimental
est emboîté (intra) dans
facteur sujet

sujet (u.e.) est un
facteur aléatoire

Plan en mesures répétées : contexte

- **unités expérimentales** (u. e.) = **sujets** = personnes / animaux généralement hétérogènes – variabilité tenu en compte – devient facteur
- **applications** : sciences sociales, sciences comportement, médecine, biotechnologie, génie du vivant ...
- **conséquence** : détection de l'effet de traitement (facteur contrôlé) rendue plus difficile si cette source de variabilité est confondue dans l'erreur expérimentale
- **avantages** : économie de sujets - variabilité inter sujets contrôlée
- **inconvénients** : réponse Y mesurée plusieurs fois (temps) sur la même u.e crée de la **dépendance** ... **tenir en compte analyse**



Mesures répétées

Avantages

- **Variabilité inter sujet** est exclue de l'erreur expérimentale: comparaison des effets de traitements plus sensible
- Chaque sujet sert comme son **propre contrôle**
- **Économie** du nombre de sujets

Désavantages

- Exige une période d'attente entre les traitements car
 - phénomènes d'accoutumance (posologie en médecine)
 - d'apprentissage (tests sur des humains)
 - d'accumulation (traitements chimiques en agriculture)
- **Effets d'interférence :**
 - **effet de l'ordre**
 - **effet de passage** (« carryover ») **entre deux traitements consécutifs**
- **Solution pour contrer effets d'interférence :** randomisation pour chaque sujet, l'ordre d'assignation des traitements
- **Variable de réponse :** dépendance de Y doit être tenu en compte
2 approches possibles
 - 1 - **unidimensionnelle** : **1 variable + autocorrélation**
 - 2- **multidimensionnelle** : plusieurs variables de réponse du facteur INTRA sans structure spécifique de dépendance

approche 2 la plus employée : utilise le test T^2 multidimensionnel de Hotelling pour tester l'influence du facteur INTRA

Mesures répétées - approches

unidimensionnelle

TABLE 1.1. General layout for repeated measurements

Subject	Time Point	Missing Indicator	Response	Covariates		
1	1	δ_{11}	y_{11}	x_{111}	...	x_{11p}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
	j	δ_{1j}	y_{1j}	x_{1j1}	...	x_{1jp}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
	t_1	δ_{1t_1}	y_{1t_1}	x_{1t_11}	...	x_{1t_1p}
.....						
i	1	δ_{i1}	y_{i1}	x_{i11}	...	x_{i1p}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
	j	δ_{ij}	y_{ij}	x_{ij1}	...	x_{ijp}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
	t_i	δ_{it_i}	y_{it_i}	x_{it_i1}	...	x_{it_ip}
.....						
	t_n	δ_{nt_n}	y_{nt_n}	x_{nt_n1}	...	x_{nt_np}

matrice variance-covariance (Y) = Σ
structure particulière avec temps
autocorrélation ρ

modèle fréquent
autocorrélation

$$\Sigma = \sigma^2 \begin{pmatrix} 1 & \rho & \rho & \rho \\ \rho & 1 & \rho & \rho \\ \rho & \rho & 1 & \rho \\ \rho & \rho & \rho & 1 \end{pmatrix}$$

multidimensionnelle

TABLE 1.2. Layout for the special case of multiple samples

Group	Subject	Time Point				
		1	...	j	...	t
1	1	y_{111}	...	y_{11j}	...	y_{11t}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	i	y_{i11}	...	y_{ij}	...	y_{it}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
n_1	1	y_{1n_11}	...	y_{1n_1j}	...	y_{1n_1t}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	i	y_{in_11}	...	y_{in_1j}	...	y_{in_1t}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
.....						
h	1	y_{h11}	...	y_{h1j}	...	y_{h1t}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	i	y_{hi1}	...	y_{hij}	...	y_{hit}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
n_h	1	y_{hn_h1}	...	y_{hn_hj}	...	$y_{hn_h t}$
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	i	y_{in_h1}	...	y_{in_hj}	...	$y_{in_h t}$
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
.....						
s	1	y_{s11}	...	y_{s1j}	...	y_{s1t}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
	i	y_{si1}	...	y_{sij}	...	y_{sit}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
.....						
						$sn_s t$

Σ matrice de covariance
des variables de réponse
n'a pas de structure spéciale

Exemple 1 6 juges (sujets) A B C D E F + 4 vins v1 v2 v3 v4
VIN réponse Y_rang du vin donné par un juge (note sur 30)

toute étude statistique : données collectées sur des unités statistiques, unités expérimentales (u.e), sujets, répondants, ...

Facteur (variable) est INTER :
différents sujets reçoivent des modalités distinctes du facteur **INTER**

Facteur (variable) est INTRA :
chaque sujet recoit toutes les modalités du facteur **INTRA**

1 ID	2 juge	3 vin	4 Y_rang
1	A	v1	20
2	A	v2	24
3	A	v3	28
4	A	v4	28
5	B	v1	15
6	B	v2	18
7	B	v3	23
8	B	v4	24
9	C	v1	18
10	C	v2	19
11	C	v3	24
12	C	v4	23
13	D	v1	26
14	D	v2	26
15	D	v3	30
16	D	v4	30
17	E	v1	22
18	E	v2	24
19	E	v3	28
20	E	v4	26
21	F	v1	19
22	F	v2	21
23	F	v3	27
24	F	v4	25

12 vin_2	13 Y_A	14 Y_B	15 Y_C	16 Y_D	17 Y_E	18 Y_F	19 Y_moy_vin
v1	20	15	18	26	22	19	20,0
v2	24	18	19	26	24	21	22,0
v3	28	23	24	30	28	27	26,7
v4	28	24	23	30	26	25	26,0

Interprétation 1 :
comparer les vins avec différents juges
vins = unités statistiques
= sujets
facteur INTRA = juge
facteur INTER : aucun

21 juge_3	22 Y_vin1	23 Y_vin2	24 Y3_vin3	25 Y4_vin4	26 Y_moy_juge
A	20	24	28	28	25
B	15	18	23	24	20
C	18	19	24	23	21
D	26	26	30	30	28
E	22	24	28	26	25
F	19	21	27	25	21

Interprétation 2:
comparer les juges avec différents vins
juges = unités statistiques
= sujets
facteur INTRA = vins
facteur INTER : aucun

Exemple 2 : mesure de afflux de sang Y avec de 2 médicaments A et B

MEDICAMENT

trait1 = placebo = ni A ni B

trait2 = A seulement

trait3 = B seulement

trait4 = A&B

chaque sujet (s1, s2,...,s12) reçoit les 4 traitements

1 ID	2 sujet	3 A	4 B	5 traitement	6 Y_flux	7 new	8 sujet	9 Y_placebo	10 Y_A	11 Y_B	12 Y_A&B
1	s1	non	non	placebo	2		s1	2	20	9	25
2	s1	oui	non	A	20		s2	-1	8	6	21
3	s1	non	oui	B	9		s3	0	11	8	24
4	s1	oui	oui	A&B	25		s4	3	15	11	31
5	s2	non	non	placebo	-1		s5	1	5	6	20
6	s2	oui	non	A	8		s6	2	12	9	27
7	s2	non	oui	B	6		s7	-2	10	8	22
8	s2	oui	oui	A&B	21		s8	4	16	12	30
9	s3	non	non	placebo	0		s9	-2	7	7	24
10	s3	oui	non	A	11		s10	-2	10	10	28
11	s3	non	oui	B	8		s11	2	8	10	25
12	s3	oui	oui	A&B	24		s12	-1	8	6	23
13	s4	non	non	placebo	3						
14	s4	oui	non	A	15						
15	s4	non	oui	B	11						
16	s4	oui	oui	A&B	31						

facteur INTRA : traitement

facteur INTER : aucun

42	s11	oui	non	A	8
43	s11	non	oui	B	10
44	s11	oui	oui	A&B	25
45	s12	non	non	placebo	-1
46	s12	oui	non	A	8
47	s12	non	oui	B	6
48	s12	oui	oui	A&B	23

Exemple 3 : Y poids de 16 rats de laboratoire **sujet** = s1, s2 ,s3,...,s16
DIÉTÉS 1 facteur INTER = **diète** = A, B, C

1 facteur INTRA = **jour** = 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 44, 50, 57, 64

création de 11 variables de réponse : Y_poids_1,....., Y_poids_64

1 ID	2 sujet	3 diète	4 jour	5 Y_poids	6 new6	7 sujet2	8 diète2	9 Y_poid s_1	10 Y_poid s_8	11 Y_poids _15	12 Y_poids _22	13 Y_poids _29	14 Y_poids _36	15 Y_poids _43	16 Y_poids _44	17 Y_poids _50	18 Y_poids _57	19 Y_poids _64	20 pente
1	s1	A	1	240	nouvelle	s1	A	240	250	255	260	262	258	266	266	265	272	278	0,48
2	s2	A	1	225	organisation	s2	A	225	230	230	232	240	240	243	244	238	247	245	0,33
3	s3	A	1	245	des	s3	A	245	250	250	255	262	265	267	267	264	268	269	0,40
4	s4	A	1	269	données	s4	A	260	255	255	260	262	265	267	267	264	268	269	0,40
5	s5	A	1	255	pour	s5	A	255	260	260	265	266	266	266	266	265	272	278	0,48
6	s6	A	1	260	l'analyse	s6	A	260	265	265	266	266	266	266	266	265	272	278	0,48
7	s7	A	1	275	en	s7	A	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	0,20
8	s8	A	1	245	mesures	s8	A	245	255	255	260	262	265	267	267	264	268	269	0,40
					répétées	s9	B	410	415	425	428	448	443	442	446	456	468	478	1,01
						s10	B	405	420	430	440	448	460	458	464	475	484	496	1,34
						s11	B	445	445	450	452	455	455	451	450	462	466	472	0,36
						s12	B	555	560										
						s13	C	470	465										
13	s13	B	1	470		s13	C	470	465										
14	s14	C	1	535		s14	C	535	525										
15	s15	C	1	520		s15	C	520	525										
16	s16	C	1	510		s16	C	510	510										
17	s1	A	8	250															
18	s2	A	8	230															
19	s3	A	8	250															
20	s4	A	8	260															

facteur INTER : diète

facteur INTRA : jour

forme empilée
 176 obs X 4 var

structure pour analyse
 en mesures répétées

16 lignes (=sujets=observations)

8 sujets diète A

4 sujets diète B

4 sujets diète C

X

16 variables de réponse Y (jour)

17	s1	A	8	250
18	s2	A	8	230
19	s3	A	8	250
20	s4	A	8	260
21	s5	A	8	260

Exemple 3 : Y poids de 16 rats de laboratoire **sujet = s1, s2 ,s3,...,s16**

DIÈTES

1 facteur INTER = **diète = A, B, C**

1 facteur INTRA = **jour = 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 44, 50, 57, 64**

création de 11 variables de réponse : **Y_poids_1,....., Y_poids_64**

s1 Y-poids = 244,8+0,48*x r = 0,95

s2 Y-poids = 226,5+0,33*x r = 0,925

s3 Y-poids = 246,8+0,398*x r = 0,95

s4 Y-poids = 255,49+0,33*x r = 0,93

s5 Y-poids = 255,8+0,41*x r = 0,94

s6 Y-poids = 264,04+0,32*x r = 0,915

s7 Y-poids = 267,87+0,20*x r = 0,62

s8 Y-poids = 291,40-0,33*x r = -0,14

s9 Y-poids = 408,19+1,00*x r = 0,97

s10 Y-poids = 407,74+1,34*x r = 0,99

s11 Y-poids = 442,66+0,36*x r = 0,86

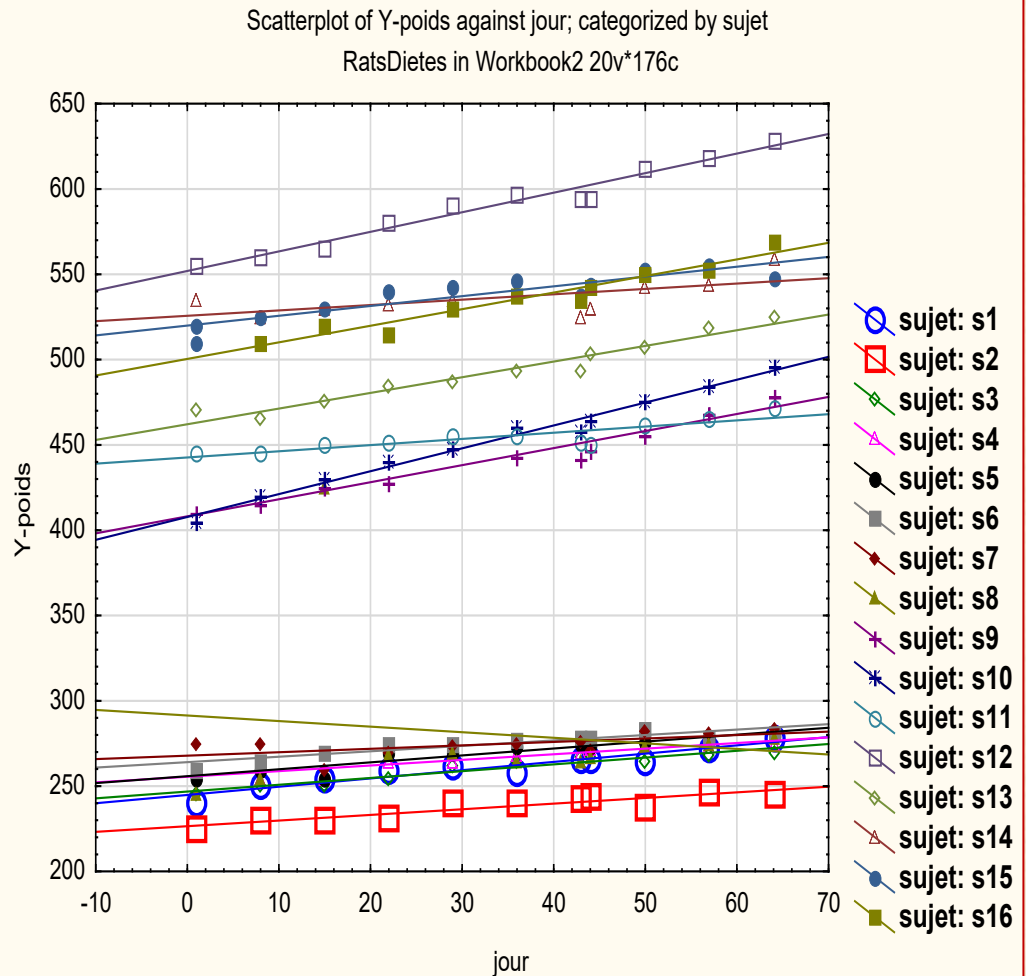
s12 Y-poids = 551,97+1,15*x r = 0,98

s13 Y-poids = 462,10+0,92*x r = 0,97

s14 Y-poids = 525,71+0,31*x r = 0,65

s15 Y-poids = 519,93+0,58*x r = 0,90

s16 Y-poids = 500,40+0,97*x r = 0,97



Exemple 4 Y = afflux de sang (« blood flow ») 8 rats de labo

BLOOD FLOW sujet = s1, s2, s3, ..., s8

1 facteur INTER : **exercice** = oui, non

1 facteur INTRA : **body** = bone, brain, skin, muscle, heart
création de 5 variables de réponse : Y_bone, ... Y_heart

1 ID	2 sujet	3 Exercice	4 body	5 Y_blood	6 new	7 sujet2	8 Exercice2	9 Y_bone	10 Y_brain	11 Y_skin	12 Y_muscle	13 Y_heart
1	s1	non	bone	4		s1	non	4	3	5	5	4
2	s1	non	brain	3		s2	non	1	3	6	3	8
3	s1	non	skin	5		s3	non	3	1	4	4	7
4	s1	non	muscle	5		s4	non	1	4	3	2	7
5	s1	non	heart	4		s5	oui	3	6	12	22	11
6	s2	non	bone	1		s6	oui	3	5	8	18	12
7	s2	non	brain	3		s7	oui	4	7	10	20	14
8	s2	non	skin	6		s8	oui	2	4	7	16	8
9	s2	non	muscle	3								
10	s2	non	heart	8								
11	s3	non	bone	3								
12	s3	non	brain	1								

structure : 8 lignes X 5 colonnes

facteur INTER : exercice

facteur INTRA : body

33	s7	oui	skin	10
34	s7	oui	muscle	20
35	s7	oui	heart	14
36	s8	oui	bone	2
37	s8	oui	brain	4
38	s8	oui	skin	7
39	s8	oui	muscle	16
40	s8	oui	heart	8

Exemple 5 : mesure de l'habileté d'un opérateur (sujet)
OPÉRATEURS à ajuster 3 contrôles (« DIAL ») durant 3 périodes de
 10 minutes t1 t2 t3

Y = nombre d'erreurs de l'opérateur selon

1 **facteur INTER (signal) :** NOISE W = White M = Meaningful

2 **facteurs INTRA :** DIAL (d1, d2, d3) TIME (t1, t2, t3)

création de 9 variables de réponse avec les 9 cas de facteurs intra

Y_t1d1 Y_t1d2 Y_t1d3 Y_t2d1 Y_t2d2 Y_t2d3 Y_t3d1 Y_t3d2 Y_t3d3

organisation pour mesures répétées avec plusieurs facteurs intra

ordre pour spécifier les facteurs

premier: facteur qui change le plus **lentement** TIME dans cet exemple

deuxième: facteur qui change le plus **vite** DIAL dans cet exemple

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ID	sujet	NOISE	DIAL	TIME	Y	new	sujet2	noise2	Y_t1d1	Y_t1d2	Y_t1d3	Y_t2d1	Y_t2d2	Y_t2d3	Y_t3d1	Y_t3d2	Y_t3d3
1	s1	M	d1	t1	45		s1	M	45	53	60	40	52	57	28	37	46
2	s2	M	d1	t1	35		s2	M	35	41	50	30	37	47	25	32	41
3	s3	M	d1	t1	60		s3	M	60	65	75	58	54	70	40	47	50
4	s4	W	d1	t1	50		s4	W	50	48	61	25	34	51	16	23	35
5	s5	W	d1	t1	42		s5	W	42	45	55	30	37	43	22	27	37
6	s6	W	d1	t1	56		s6	W	56	60	77	40	39	57	31	29	46
7	s1	M	d2	t1	53												
8	s2	M	d2	t1	41												
9	s3	M	d2	t1	65												
10	s4	W	d2	t1	48												
11	s5	W	d2	t1	45												

structure : 6 lignes X 9 colonnes

facteur INTER : NOISE

2 facteurs INTRA : DIAL TIME

51	s3	M	d3	t3	50
52	s4	W	d3	t3	35
53	s5	W	d3	t3	37
54	s6	W	d3	t3	46

Exemple 6 : CHOLESTEROL

source: NCSS 11 Statistical Software (2016). NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA,
 Mesure cholestérol durant 3 mois de 20 patients p1, p2 ... p20
 selon 4 types de traitements (facteur INTER) : A, B, C=Control, P=placebo
 patients p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11 p12 p13 p14 p15 p16 p17 p18 p19 p20
 traitement A A A A A B B B B B C C C C C P P P P P
 2 facteurs INTRA : Month et AMPM
 réponses Y_chol et Y_m_p m = mois (Avril, May, June) p = AM ou PM

ID	Patient	Treatment	Time	Month	AMPM	Days	Y_chol	new	patient2	treatment2	Y_Av_AM	Y_Av_PM	Y_Ma_AM	Y_Ma_PM	Y_Ju_AM	Y_Ju_PM
1	p1	A	April AM	April	AM	0,0	278,0	données	p1	A	278,0	280,0	204,0	208,0	171,3	175,0
2	p1	A	April PM	April	PM	0,5	280,0	réorganisées	p2	A	278,0	281,0	195,2	199,0	185,0	189,0
3	p1	A	May AM	May	AM	30,0	204,0		p3	A	276,0	280,0	213,4	219,0	179,0	181,0
4	p1	A	May PM	May	PM	30,5	208,0		p4	A	276,0	281,0	201,3	211,0	183,0	188,9
5	p1	A	June AM	June	AM	61,0	171,3		p5	A	279,0	285,0	188,0	192,0	170,3	174,0
6	p1	A	June PM	June	PM	61,5	175,0		p6	B	266,0	270,0	220,0	224,0	180,0	184,0
7	p2	A	April AM	April	AM	0,0	278,0		p7	B	280,0	284,0	228,0	232,0	200,0	204,0
8	p2	A	April PM	April	PM	0,5	281,0		p8	B	284,0	288,0	233,0	237,0	175,0	179,0
9	p2	A	May AM	May	AM	30,0	195,2		p9	B	273,0	277,0	215,0	219,0	202,0	207,0
10	p2	A	May PM	May	PM	30,5	199,0		p10	B	281,0	285,0	237,0	241,0	199,0	205,0
11	p2	A	June AM	June	AM	61,0	185,0		p11	Control	278,0	282,0	273,0	277,2	281,0	285,0
12	p2	A	June PM	June	PM	61,5	189,0		p12	Control	273,0	277,0	274,0	278,0	280,0	282,0
13	p3	A	April AM	April	AM	0,0	276,0		p13	Control	282,0	285,0	276,0	281,3	279,0	282,0
14	p3	A	April PM	April	PM	0,5	280,0		p14	Control	274,0	277,3	284,5	289,0	274,0	278,0
15	p3	A	May AM	May	AM	30,0	213,4		p15	Control	277,0	280,6	279,1	283,6	284,0	285,0
16	p3	A	May PM	May	PM	30,5	219,0		p16	Placebo	279,0	283,0	278,0	284,0	268,0	272,0
17	p3	A	June AM	June	AM	61,0	179,0		p17	Placebo	277,0	279,0	291,0	291,0	280,0	285,0
18	p3	A	June PM	June	PM	61,5	181,0		p18	Placebo						
19	p4	A	April AM	April	AM	0,0	276,0		p19	Placebo						
20	p4	A	April PM	April	PM	0,5	281,0		p20	Placebo						
21	p4	A	May AM	May	AM	30,0	201,3									
22	p4	A	May PM	May	PM	30,5	211,0									

facteur INTER : traitement (3 mod)
facteur INTRA1 : MOIS (3 mod)
facteur INTRA2 : AMPM (2 mod)

115	115	p20	Placebo	April AM	April	AM	0,0	280,0								
116	116	p20	Placebo	April PM	April	PM	0,5	280,0								
117	117	p20	Placebo	May AM	May	AM	30,0	204,0								
118	118	p20	Placebo	May PM	May	PM	30,5	208,0								
119	119	p20	Placebo	June AM	June	AM	61,0	171,3								
120	120	p20	Placebo	June PM	June	PM	61,5	175,0								

**Days : rôle de covariable
 peut remplacer les
 2 facteurs INTRA**

Exemple 7 :
Plan complet
5 facteurs
+ 1 covariable

description données

mesures répétées + covariable

4 facteurs INTER : X1 X2 X3 X4 1 facteur INTRA = X6 problème : pr1 pr2 pr3
plan complet : 2 x 2 x 3 x 2 = 24 traitements (tests) avec répétition
nécessitant 48 sujets s01, s02, ..., s048
covariable : X5 niveau de stress autoévalué - entre 0 et 16
réponses : Y1 Y2 Y3 = nombres de bonnes réponses problème pr1, pr2, pr3

1 ID	2 Sujet	3 X1_group	4 X2_genre	5 X3_intro_recomp	6 X4_payé	7 X5_auto_stres	8 rep	9 Y1_n_B(/20)_pr1	10 Y2_n_B(/10)-pr2	11 Y3_n_Bon(/10)_pr3	12 new	13 sujet2	14 X1_gr	15 X2_ge	16 X3_te	17 X4_pa	18 X5_st	19 X6-pr	20 Y_n_B
1	s01	exp	hom	avant	non	1,41	1	12	4	6	données	s01	exp	hom	avant	non	1,41	pr1	12
2	s02	exp	hom	avant	non	1,73	2	3	3	7	empilées	s01	exp	hom	avant	non	1,41	pr2	4
3	s03	exp	hom	avant	oui	0,00	1	7	6	0		s01	exp	hom	avant	non	1,41	pr3	6
4	s04	exp	hom	avant	oui	1,41	2	11	7	3		s02	exp	hom	avant	non	1,73	pr1	3
5	s05	exp	hom	après1	non	12,83	1	8	2	7		s02	exp	hom	avant	non	1,73	pr2	3
6	s06	exp	hom	après1	non	2,24	2	15	1	7		s02	exp	hom	avant	non	1,73	pr3	7
7	s07	exp	hom	après1	oui	2,24	1	15	3	3		s03	exp	hom	avant	oui	0,00	pr1	7
8	s08	exp	hom	après1	oui	13,32	2	11	4	6		s03	exp	hom	avant	oui	0,00	pr2	6
9	s09	exp	hom	après2	non	13,74	1	19	5	4		s03	exp	hom	avant	oui	0,00	pr3	0
10	s10	exp	hom	après2	non	13,32	2	11	6	7		s04	exp	hom	avant	oui	1,41	pr1	11
11	s11	exp	hom	après2	oui	13,00	1	9	6	5		s04	exp	hom	avant	oui	1,41	pr2	7
12	s12	exp	hom	après2	oui	13,16	2	10	4	8		s04	exp	hom	avant	oui	1,41	pr3	3
13	s13	exp	fem	avant	non	14,00	1	8	2	2		s05	exp	hom	après1	non	12,83	pr1	8
14	s14	exp	fem	avant	non	12,23	2	6	5	5		s05	exp	hom	après1	non	12,83	pr2	2
15	s15	exp	fem	avant	oui	13,22	1	8	4	4		s05	exp	hom	après1	non	12,83	pr3	7
16	s16	exp	fem	avant	oui	12,23	2	7	6	0		s06	exp	hom	après1	non	2,24	pr1	15
17	s17	exp	fem	après1	non	13,00	1	5	1	1		s06	exp	hom	après1	non	2,24	pr2	1
18	s18	exp	fem	après1	non	13,00	2	6	3	2		s06	exp	hom	après1	non	2,24	pr3	7
19	s19	exp	fem	après1	oui	16,25	1	7	5	7		s07	exp	hom	après1	oui	2,24	pr1	15
20	s20	exp	fem	après1	oui	14,26	2	6	6	8		s07	exp	hom	après1	oui	2,24	pr2	3
21	s21	exp	fem	après2	non	10,00	1	5	4	7		s07	exp	hom	après1	oui	2,24	pr3	3
22	s22	exp	fem	après2	non	13,25	2	7	6	8		s08	exp	hom	après1	oui	13,32	pr1	11
23	s23	exp	fem	après2	oui	10,00	1	8	5	6		s08	exp	hom	après1	oui	13,32	pr2	4
24	s24	exp	fem	après2	oui	9,78	2	6	6	9		s08	exp	hom	après1	oui	13,32	pr3	6
25	s25	cont	hom	avant	non	4,25	1	11	7	5		s09	exp	hom	après2	non	13,74	pr1	19
26	s26	cont	hom	avant	non	4,89	2	10	8	1		s09	exp	hom	après2	non	13,74	pr2	5
27	s27	cont	hom	avant	oui	6,26	1	9	9	5		s09	exp	hom	après2	non	13,74	pr3	4
28	s28	cont	hom	avant	oui	9,25	2	8	8	6		s10	exp	hom	après2	non	13,32	pr1	11
139												s47	cont	fem	après2	oui	14,25	pr1	7
140												s47	cont	fem	après2	oui	14,25	pr2	1
141												s47	cont	fem	après2	oui	14,25	pr3	6
142												s48	cont	fem	après2	oui	13,25	pr1	12
143												s48	cont	fem	après2	oui	13,25	pr2	2
144												s48	cont	fem	après2	oui	13,25	pr3	5

Plan en mesures répétées : un peu de théorie

Cas : 1 facteur INTRA - 0 facteur INTER

facteur intra: **traitement fixé** = 1, 2, ..., a mesuré pour chaque **sujet**
sujet (=unité expérimentale) = 1, 2, ..., n : **facteur aléatoire**

sujet	traitement				total
	1	2	...	a	
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1a}	$y_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2a}	$y_{2.}$
...
n	y_{n1}	y_{n2}	...	y_{na}	$y_{n.}$
total	$y_{.1}$	$y_{.2}$	...	$y_{.a}$	$y_{..}$

comme ANOVA avec 2 facteurs
sans répétition avec **sujet**
considéré comme un
2^{ème} facteur est aléatoire

$$\bar{y}_{i.} = y_{i.} / a$$

$$\bar{y}_{.j} = y_{.j} / n$$

$$y_{.j} = \sum y_{ij} \quad y_{i.} = \sum y_{ij} \quad y_{..} = \sum \sum y_{ij}$$

$$\bar{y}_{..} = y_{..} / an$$

modèle $y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$

τ_j : effet facteur fixé (traitement) $\sum \tau_j = 0$

β_i : facteur aléatoire $\beta_i \sim N(0, \sigma_\beta^2)$

β_i commun toutes les mesures y_{ij}

y_{ij} et $y_{ij'}$, **sont dépendantes**:

$$\text{Cov}(y_{ij}, y_{ij'}) = \rho \sigma^2$$

ρ constant ... **test Mauchley** pour vérifier

Plan en mesures répétées : un peu de théorie

Cas : 1 facteur INTRA - 0 facteur INTER

1 facteur intra: traitement **fixé** = 1, 2,..., a mesuré pour chaque sujet

1 facteur **sujet** (=unité expérimentale) = 1, 2,..., n : **facteur aléatoire**

modèle $y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$

τ_j : effet facteur fixé (traitement) $\sum \tau_j = 0$

β_i : facteur aléatoire $\beta_i \sim N(0, \sigma_\beta^2)$

ANOVA avec 2 facteurs sans répétition avec **sujet** considéré comme un 2^{ième} **facteur aléatoire** - exemple le plus simple d'un **modèle mixte** avec 2 types de facteurs: facteurs fixés + facteurs aléatoires

Modèle mixte

$$y = X\beta + Zu + \varepsilon$$

$$u \sim N(0, G)$$

$$\varepsilon \sim N(0, R)$$

$$\text{Cov}[u, \varepsilon] = 0$$

$$V = ZGZ' + R$$

$$V = \text{Var}[y]$$

Modèle mixte

y vector of responses

X known design matrix of the fixed effects

β unknown vector of fixed effects parameters to be estimated

Z known design matrix of the random effects

u unknown vector of random effects

ε unobserved vector of random errors

G variance-covariance matrix of u

R variance-covariance matrix of the errors ε

Plan en mesures répétées : un peu de théorie

$$y_{ij} - \bar{y}_{..} = (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})$$

$$SS_{\text{tot}} = \sum \sum (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 \quad SS_{\text{sujets}} = a \sum (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$$

$$SS_{\text{trait}} = n \sum (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2 \quad SS_{\text{erreur}} = \sum \sum (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2$$

$$SS_{\text{erreur}} = SS_{\text{tot}} - SS_{\text{sujet}} - SS_{\text{trait}}$$

$$\text{degrés liberté (erreur)} = (an - 1) - (a - 1) - (n - 1) = (n - 1)(a - 1)$$

Source	SS	DF	MS	F ₀
sujets	SS _{sujet}	n - 1		
traitement	SS _{trait}	a - 1	MS _{trait}	MS _{trait} / MS _{erreur}
erreur	SS _{erreur}	(n-1)(a-1)	MS _{erreur}	
total	SS _{total}	an - 1		

- concepts
- variabilité sujet tenu en compte
 - facteur **traitement** emboîté dans **sujet**
 - **sujet** (unité expérimentale) devient un facteur

Plan en mesures répétées : un peu de théorie

1 facteur INTRA – 0 facteur INTER

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$ vs $H_1 : \text{au moins un } \tau_j \neq 0$

rejet de H_0 si

$$F_0 = \frac{SS_{\text{trait}} / (a-1)}{SS_{\text{erreur}} / (n-1)(a-1)} = \frac{MS_{\text{trait}}}{MS_{\text{erreur}}} > F_{1-\alpha, v1, v2}$$

où $F_{1-\alpha, v1, v2}$ est le $(1 - \alpha)$ quantile loi Fisher-Snedecor
avec $v1 = (a-1)$ degrés de liberté au numérateur
 $v2 = (n-1)(a-1)$ degrés de liberté au dénominateur

remarque

l'analyse de la variance d'un design à mesure répétées avec 1 facteur est **équivalente** à l'analyse de variance d'un design à blocs complets avec les sujets considérés comme des blocs (ou un facteur)

Exemple : VIN

6 juges : A B C D E F juge = sujet

4 vins : v1 v2 v3 v4 facteur INTRA

pas de facteur INTER

Réponse Y_rang note sur 30

Kutner et all 5 ed. p. 1132

	1 juge (sujet)	2 Y_vin1	3 Y_vin2	4 Y3_vin3	5 Y4_vin4	6 Y_moy_sujet
1	A	20	24	28	28	25
2	B	15	18	23	24	20
3	C	18	19	24	23	21
4	D	26	26	30	30	28
5	E	22	24	28	26	25
6	F	19	21	27	25	21
7	Y_moy_vin	20	22	26,67	26	23,67

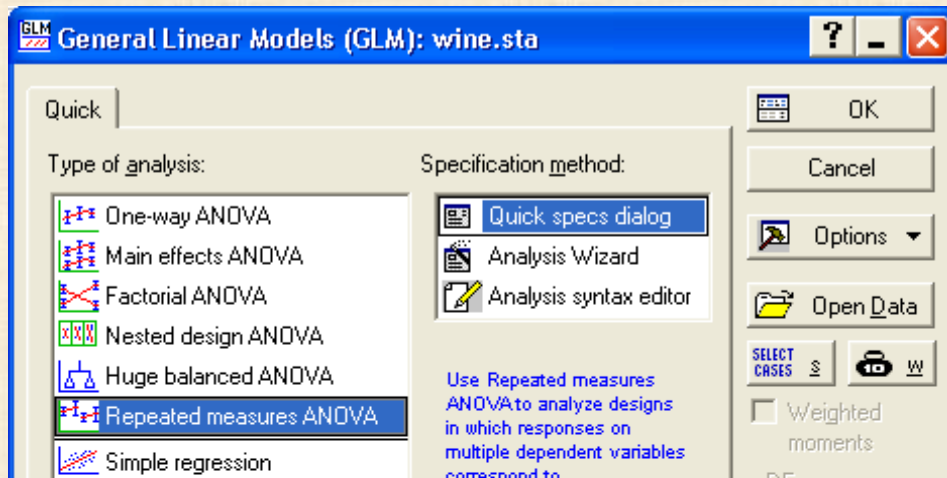
**2 interprétations possibles car on peut considérer les facteurs
juge et vin comme des facteurs aléatoires (échantillons)**

cas1: vin = facteur INTRA juge = sujet comme ci-haut

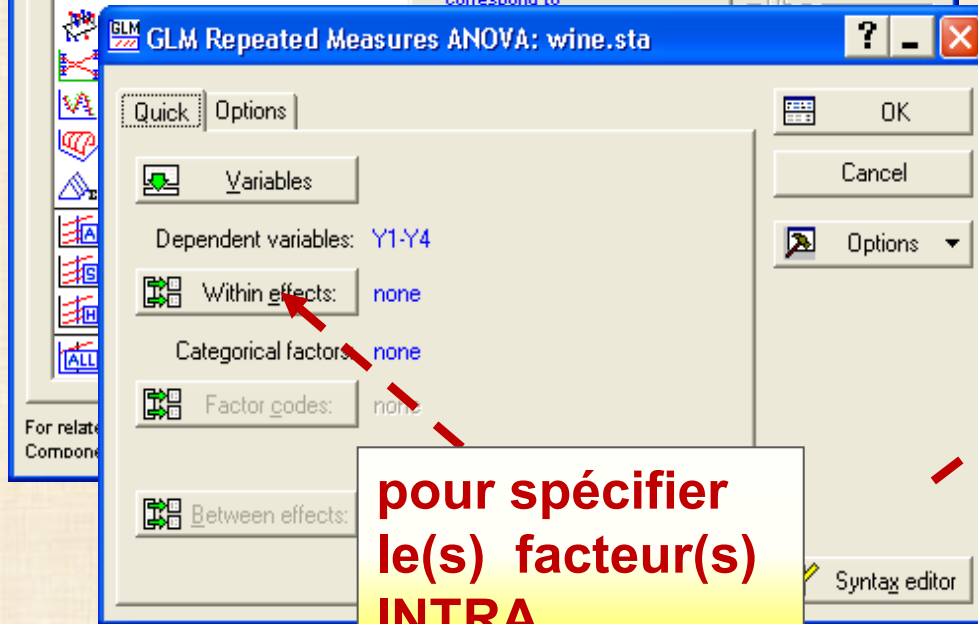
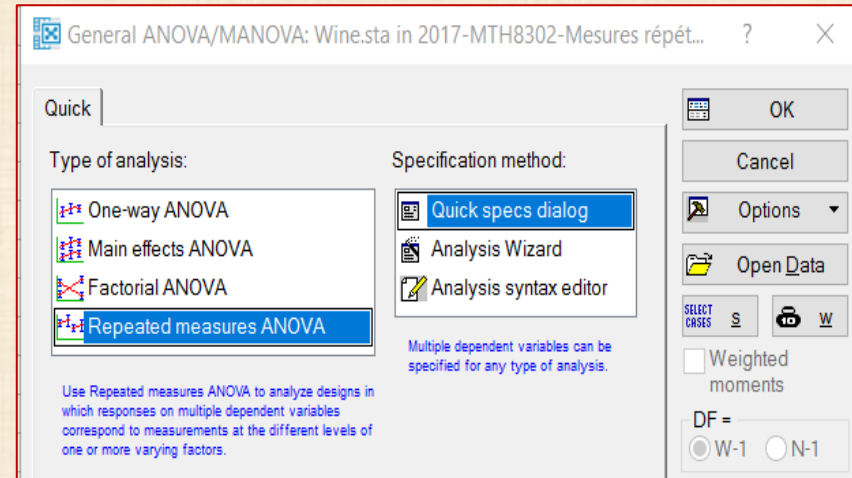
cas2: juge = facteur INTRA vin = sujet en transposant la matrice

Plan en mesures répétées : STATISTICA

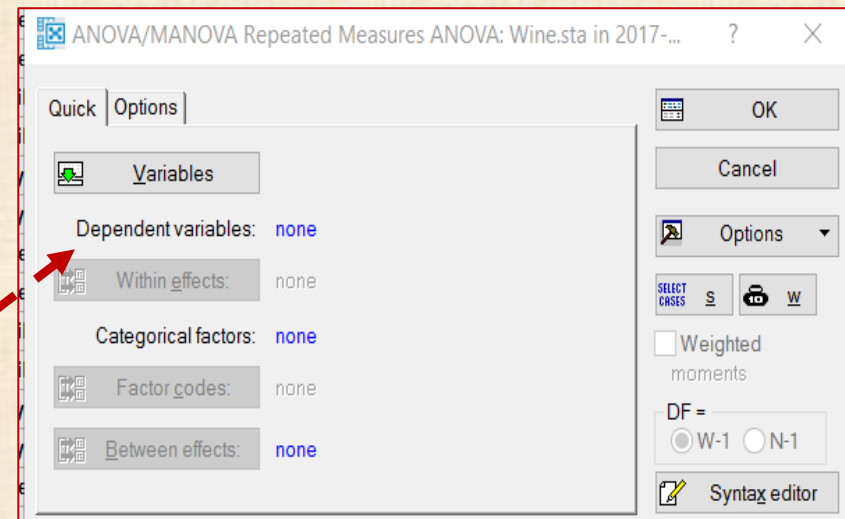
GLM : plus général



ANOVA : max 4 facteurs inter



pour spécifier le(s) facteur(s) INTRA



Plan en mesures répétées : STATISTICA

GLM Specify within-subjects factors: wine.sta ? X

Total repeated measures and/or dependent variables selected: 4

OK
Cancel

No. of levels:	Factor Name:
1: 4	VIN
2:	
3:	
4:	
5:	
6:	

Specify each within-subjects (repeated measures) factor and the respective number of levels. The dependent variable list will be divided by the total number of

After specifying the within-subjects (repeated measures) factors, a custom within design other than the default factorial design can be specified on Custom Within Design dialog. Press for more information.

GLM Results 1: wine.sta ? - X

Custom tests | Residuals 1 | Residuals 2 | Matrix | Report
Summary | Means | Planned comps | Post-hoc | Assumptions

All effects/Graphs | Test all effects
Univariate results | Descriptive cell statistics

Between effects

Design terms	Whole model R
Coefficients	Estimate

Alpha values

Conf.:	.950
Signif.:	.050

Within effects

Multiv. tests	G-G and H-F	Error SSCPs
Univ. tests	Sphericity test	Error Corrs
Effect SSCPs		

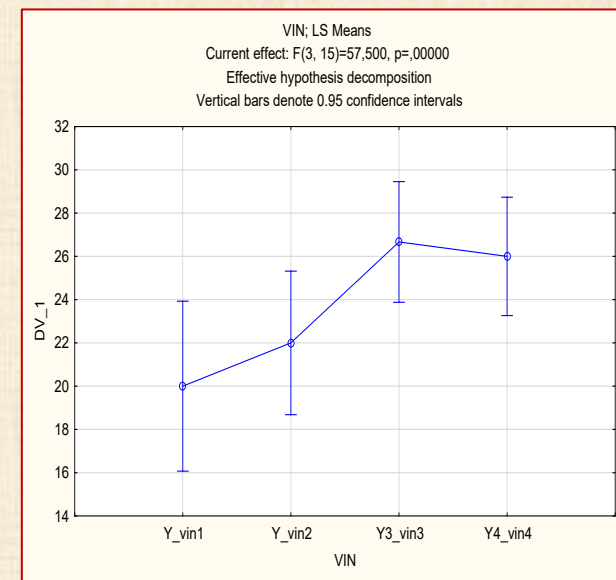
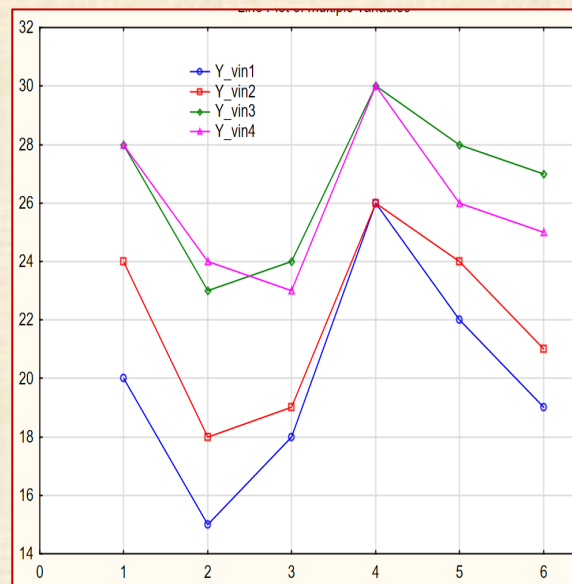
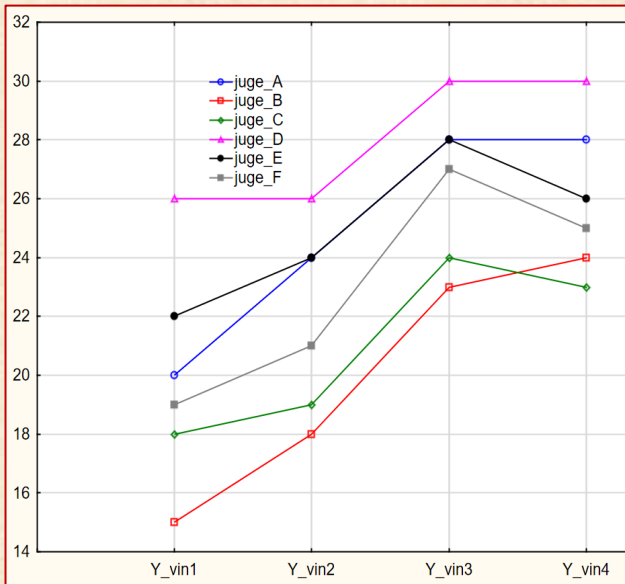
Multivariate tests

<input type="checkbox"/> Pillai's	<input type="checkbox"/> Hotelling's	<input type="checkbox"/> Roy's
-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Less
Close
Modify
Options

ANALYSE avec STATISTICA : exemple VIN

effet	SS	DF	MS	F	p
Intercept	13442,67	1	13442,67	387,7692	0,000006
Error	173,33	5	34,67		
VIN	184,00	3	61,33	57,5000	0,000000
Error	16,00	15	1,07		



Mauchly Sphericity Test				
	W	Chi-Sqr.	df	p
VIN	0.351563	3.891091	5	0.5652

Test de sphéricité de Mauchly :
coefficient de corrélation ρ constant ?
réponse = oui

Exemple : CADRAN 1 facteur intra INTRA - 1 facteur INTER

Winer, Brown, Michaels (1991), p. 520

6 sujets (s1, s2, ..., s6) expérimentent avec 4 formes de cadran (f1, f2, f3, f4)

variable de réponse Y_facile : mesure entre 0 et 10 la facilité d'opérationnelle.

échelle : 0 = très difficile 10 = très facile

sujets s1 s2 s3 utilisent la méthode m1 - sujets s4 s5 s6 utilisent la méthode m2

méthode : facteur INTER forme: facteur INTRA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ID	sujet	methode	forme	Y_facile	new	sujet2	methode2	Y_f1	Y_f2	Y_f3	Y_f4
1	1	s1	m1	f1	0		s1	m1	0	0	5	3
2	2	s1	m1	f2	0		s2	m1	3	1	5	4
3	3	s1	m1	f3	5		s3	m1	4	3	6	2
4	4	s1	m1	f4	3		s4	m2	4	2	7	8
5	5	s2	m1	f1	3		s5	m2	5	4	6	6
6	6	s2	m1	f2	1		s6	m2	7	5	8	9
7	7	s2	m1	f3	5							
8	8	s2	m1	f4	4							

• • • • •

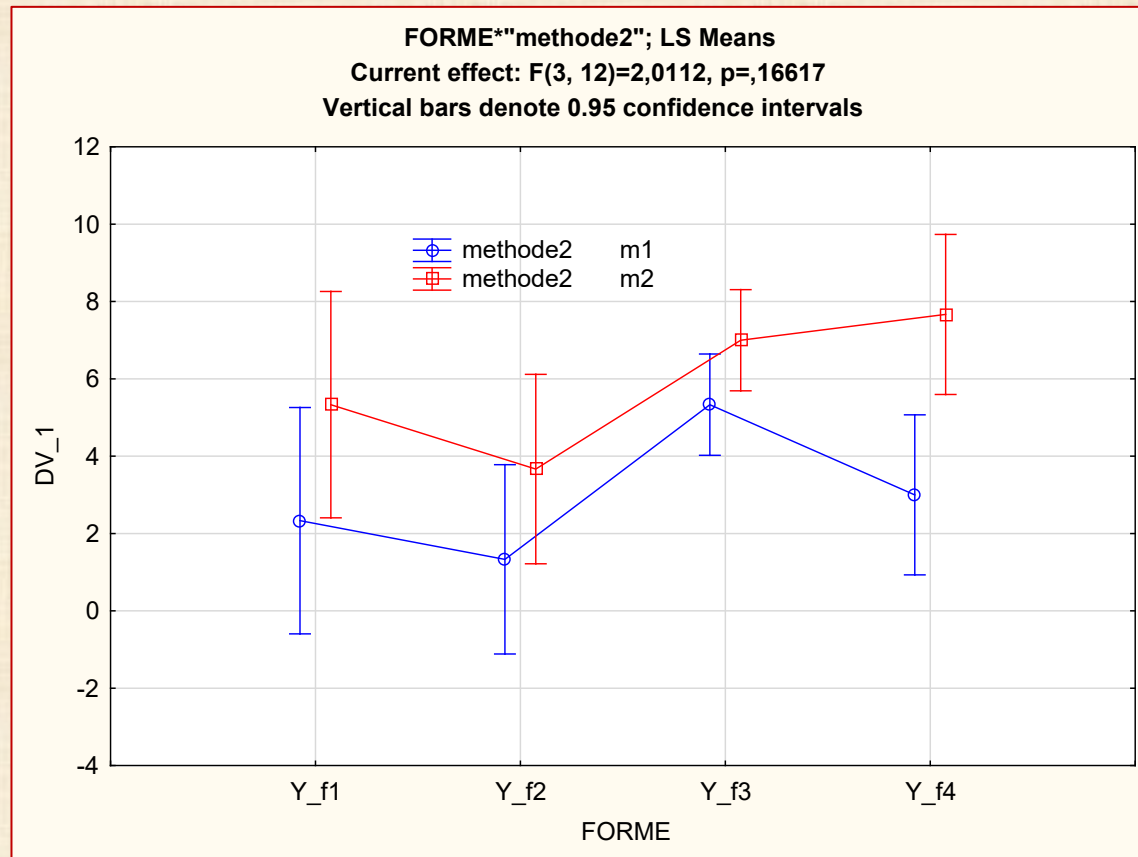
17	17	s5	m2	f1	5
18	18	s5	m2	f2	4
19	19	s5	m2	f3	6
20	20	s5	m2	f4	6
21	21	s6	m2	f1	7
22	22	s6	m2	f2	5
23	23	s6	m2	f3	8
24	24	s6	m2	f4	9

facteur INTER : méthode

facteur INTRA : forme

Exemple : CADRAN 1 facteur intra INTRA - 1 facteur INTER

effet	SS	DF	MS	F	p
Intercept	477,04	1	477,04	111,16	0,000458
methode2	51,04	1	51,04	11,89	0,026087
Error	17,17	4	4,29		
FORME	47,46	3	15,82	12,80	0,000477
FORME**"methode2"	7,46	3	2,49	2,01	0,166171
Error	14,83	12	1,24		



Exemple : Y poids de 16 rats de laboratoire **sujet** (s1, s2 ,s3,...,s16)

DIÉTÉS facteur inter = **diète** = A, B, C

facteur intra = **jour** = 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 44, 50, 57, 64

création de 11 variables de réponse : Y_poids_1,....., Y_poids_64

Crowder and Hand 1990 p.19 Analysis of Repeated Measures

Étude longitudinale (dans le temps) Expérience comparative de 3 diètes A B C pendant 64 jours

sujet (unités expérimentales) : 16 rats labo : s1 s2 ,..., s16 DIÈTE : facteur INTER sujet - JOUR : facteur INTRA sujet

Sujet s1 s2 s3 s4 s5 s6 s7 s8 s9 s10 s11 s12 s13 s14 s15 s16

Diète A A A A A A A A B B B B C C C C

Y_poids : poids (grammes) mesuré sur chaque sujet S au jour 1-8-15-22-29-36-43-44-50-57-64

Y_poids_k ; poids au jour k = 1-8-15-22-29-36-43-44-50-57-64

pente : pente de la régression de Y_poids avec le temps (jour) pour chaque sujet

peut être considérée comme variable de réponse pour comparer les diètes

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ID	sujet	diète	jour	Y_poids	new6	sujet2	diète2	Y_poids_1	Y_poids_8	Y_poids_15	Y_poids_22	Y_poids_29	Y_poids_36	Y_poids_43	Y_poids_44	Y_poids_50	Y_poids_57	Y_poids_64	pente
1	s1	A	1	240	nouvelle	s1	A	240	250	255	260	262	258	266	266	265	272	278	0,48
2	s2	A	1	225	organisation	s2	A	225	230	230	232	240	240	243	244	238	247	245	0,33
3	s3	A	1	245	des	s3	A	245	250	250	255	262	265	267	267	264	268	269	0,40
4	s4	A	1	269	données	s4	A	260	255	255	265	265	268	270	272	274	273	275	0,33
5	s5	A	1	255	pour	s5	A	255	260							276	278	280	0,41
6	s6	A	1	260	l'analyse	s6	A	260	265							274	279	281	0,32
7	s7	A	1	275	en	s7	A	275	275							272	281	284	0,20
8	s8	A	1	245	mesures	s8	A	245	255							273	274	278	0,41
9	s9	B	1	410	répétées	s9	B	410	415							276	468	478	1,01
10	s10	B	1	405		s10	B	405	420	430	440	448	460	458	464	475	484	496	1,34
						s11	B	445	445	450	452	455	455	451	450	462	466	472	0,36
						s12	B	555	560	565	580	590	597	595	595	612	618	628	1,15
						s13	C	470	465	475	485	487	493	493	504	507	518	525	0,92
						s14	C	535	525	530	533	535	540	525	530	543	544	559	0,32
						s15	C	520	525	530	540	543	546	538	544	553	555	548	0,49
16	s16	C	1	510		s16	C	510	510	520	515	530	538	535	542	550	553	569	0,91
17	s1	A	8	250															
18	s2	A	8	230															
19	s3	A	8	250															

Structure pour analyse en mesures répétées

forme empilée 4 var X 176 obs

facteur INTER : diète

facteur INTRA : jour

17	s1	A	8	250
18	s2	A	8	230
19	s3	A	8	250
20	s4	A	8	260
21	s5	A	8	260
22	s6	A	8	265

Exemple : Y poids de 16 rats de laboratoire **sujet** = s1, s2 ,s3,...,s16
DIÈTES facteur inter = **diète** = A, B, C
 facteur intra = **jour** = 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 44, 50, 57, 64

General Linear Models (GLM): Diètes.sta in 2017-MTH8302-Mesures r... ? X

Quick | OK | Cancel | Options | Open Data | SELECT CASES | S | W | Weighted

Type of analysis: Specification method:

- One-way ANOVA
- Main effects ANOVA
- Factorial ANOVA
- Nested design ANOVA
- Huge balanced ANOVA
- Repeated measures ANOVA**
- Simple regression
- Multiple regression
- Factorial regression
- Polynomial regression
- Response surface
- Mixture surface regression
- Analysis of covariance
- Separate-slopes regression
- Homogeneity-of-slopes
- General linear model

Specification method:

- Quick specs dialog**
- Analysis Wizard
- Analysis syntax editor

Use Repeated measures ANOVA to analyze designs in which responses on multiple dependent variables correspond to measurements at the

Select dependent variables and optional categorical predictors... ? X

7 - sujet2	1 - ID
8 - diète2	2 - sujet
9 - Y_poids_1	3 - diète
10 - Y_poids_8	4 - jour
11 - Y_poids_15	5 - Y_poids
12 - Y_poids_22	6 - new6
13 - Y_poids_29	7 - sujet2
14 - Y_poids_36	8 - diète2
15 - Y_poids_43	9 - Y_poids_1
16 - Y_poids_44	10 - Y_poids_8
17 - Y_poids_50	11 - Y_poids_15
18 - Y_poids_57	12 - Y_poids_22

Select All | Spread | Zoom | Select All

Dependent variables: 9-19

Categorical factors: 8

Show appropriate variables only

GLM Repeated Measures ANOVA: Diètes.sta in 2017-MTH8302-M... ? X

Quick | Options | OK | Cancel | Options | SELECT CASES | S | W | Weighted moments | DF = W-1 N-1 | Syntax editor

Variables

Dependent variables: Y_poids_1-Y_poids_64

Within effects: JOUR

Categorical factors: diète2

Factor codes: selected

Between effects: "diète2"

Exemple : Y poids de 16 rats de laboratoire **sujet** = s1, s2 ,s3,...,s16

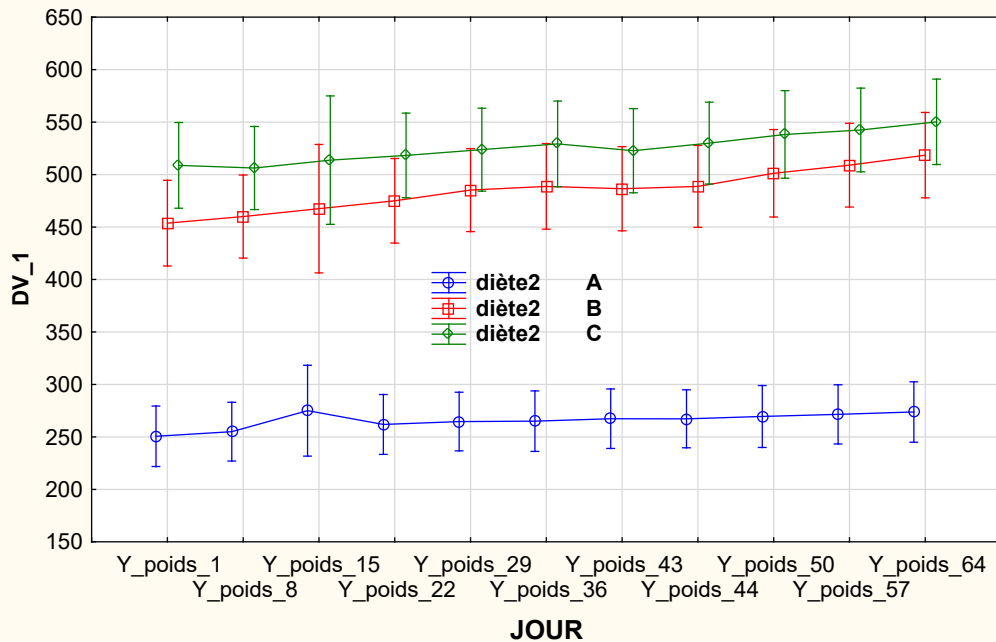
DIÈTE facteur inter = **diète** = A, B, C

facteur intra = **jour** = 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 44, 50, 57, 64

effet	SS	DF	MS	F	p
Intercept	28670191	1	28670191	1920,662	0,000000
diète2	2566339	2	1283169	85,962	0,000000
Error1	194054	13	14927		
JOUR	25041	10	2504	11,560	0,000000
JOUR*"diète2"	7332	20	367	1,693	0,042250
Error2	28160	130	217		

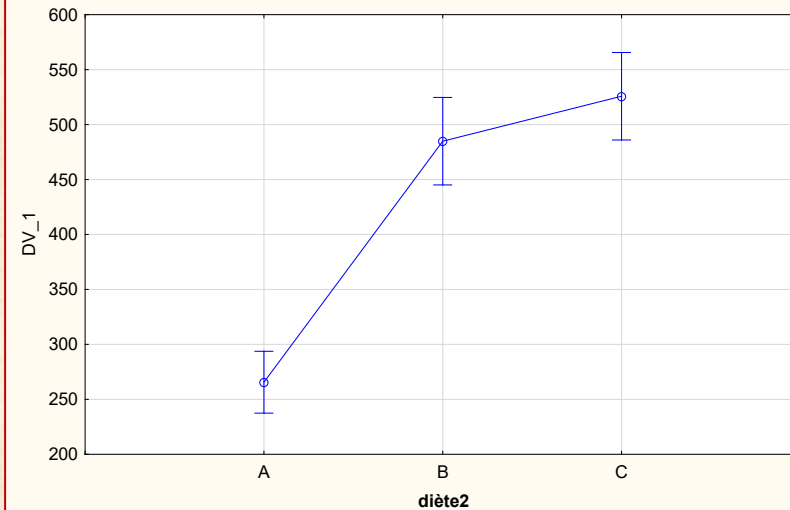
JOUR*"diète2"; LS Means

Current effect: F(20, 130)=1,6925, p=,04225
Vertical bars denote 0.95 confidence intervals



"diète2"; LS Means

Current effect: F(2, 13)=85,962, p=,00000
Vertical bars denote 0.95 confidence intervals



Exemple : mesure de l'habileté d'un opérateur (sujet)
OPÉRATEURS à ajuster 3 contrôles (« DIAL ») durant 3 périodes de 10 minutes t1 t2 t3

Y = nombre d'erreurs de l'opérateur selon

1 **facteur INTER :** NOISE = W (White) M (Meaningful)

2 **facteurs INTRA :** DIAL = d1, d2, d3 + TIME = t1, t2, t3

création de 9 variables de réponse avec les 9 cas de facteurs intra

Y_t1d1 Y_t1d2 Y_t1d3 Y_t2d1 Y_t2d2 Y_t2d3 Y_t3d1 Y_t3d2 Y_t3d3

organisation pour mesures répétées avec plusieurs facteurs intra
 ordre pour spécifier les facteurs

premier: facteur qui change le plus lentement

TIME dans cet exemple

deuxième: facteur qui change le plus vite

DIAL dans cet exemple

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ID	sujet	NOISE	DIAL	TIME	Y	new	sujet2	noise2	Y_t1d1	Y_t1d2	Y_t1d3	Y_t2d1	Y_t2d2	Y_t2d3	Y_t3d1	Y_t3d2	Y_t3d3
1	s1	M	d1	t1	45		s1	M	45	53	60	40	52	57	28	37	46
2	s2	M	d1	t1	35		s2	M	35	41	50	30	37	47	25	32	41
3	s3	M	d1	t1	60		s3	M	60	65	75	58	54	70	40	47	50
4	s4	W	d1	t1	50		s4	W	50	48	61	25	34	51	16	23	35
5	s5	W	d1	t1	42		s5	W	42	45	55	30	37	43	22	27	37
6	s6	W	d1	t1	56		s6	W	56	60	77	40	39	57	31	29	46
7	s1	M	d2	t1	53												
8	s2	M	d2	t1	41												
9	s3	M	d2	t1	65												
10	s4	W	d2	t1	48												
11	s5	W	d2	t1	45												

facteur INTER : NOISE
facteur INTRA : DIAL + TIME

51	s3	M	d3	t3	50
52	s4	W	d3	t3	35
53	s5	W	d3	t3	37
54	s6	W	d3	t3	46

Exemple : mesure de l'habileté d'un opérateur (sujet)

OPÉRATEURS 1 **facteur INTER** : NOISE = W (White) M (Meaningful)

2 **facteurs INTRA** : DIAL = d1, d2, d3 TIME = t1, t2, t3

création de 9 variables de réponse avec les 9 cas de facteurs intra

Y_t1d1 Y_t1d2 Y_t1d3 Y_t2d1 Y_t2d2 Y_t2d3 Y_t3d1 Y_t3d2 Y_t3d3

organisation pour mesures répétées avec plusieurs facteurs intra

ordre pour spécifier les facteurs

premier: facteur qui change le plus lentement

TIME dans cet exemple

deuxième: facteur qui change le plus vite

DIAL dans cet exemple

The image shows two overlapping SPSS dialog boxes. The background box is 'Specify within-subjects factors: Opérateur...' with a table for factor levels:

No. of levels:	Factor Name:
1: 3	TIME
2: 3	DIAL
3: []	[]
4: []	[]
5: []	[]
6: []	[]

The foreground box is 'GLM Repeated Measures ANOVA: Opérateurs.sta in 2017-MTH83...' with the following settings:

- Quick | Options
- Variables: []
- Dependent variables: Y_t1d1-Y_t3d3
- Within effects: TIME | DIAL
- Categorical factors: noise2
- Factor codes: none
- Between effects: "noise2"
- Buttons: OK, Cancel, Options, SELECT CASES, Weighted moments, DF = W-1 (selected) N-1, Syntax editor

Exemple : mesure de l'habileté d'un opérateur (sujet)

OPÉRATEURS 1 **facteur INTER** : NOISE = W (White) M (Meaningful)

2 **facteurs INTRA** : DIAL = d1, d2, d3 TIME = t1, t2, t3

création de 9 variables de réponse avec les 9 cas de facteurs intra

Y_t1d1 Y_t1d2 Y_t1d3 Y_t2d1 Y_t2d2 Y_t2d3 Y_t3d1 Y_t3d2 Y_t3d3

organisation pour mesures répétées avec plusieurs facteurs intra

ordre pour spécifier les facteurs

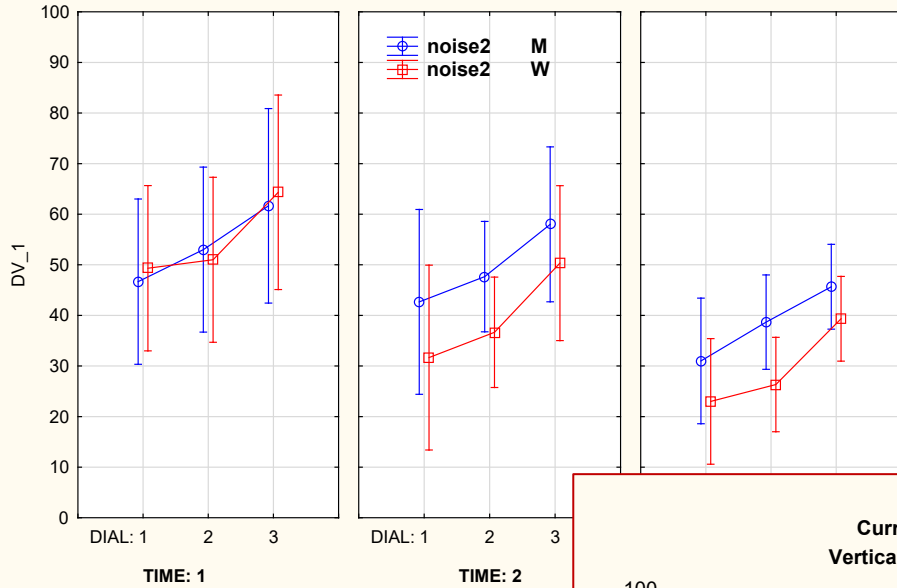
premier: facteur qui change le plus lentement **TIME** dans cet exemple

deuxième: facteur qui change le plus vite **DIAL** dans cet exemple

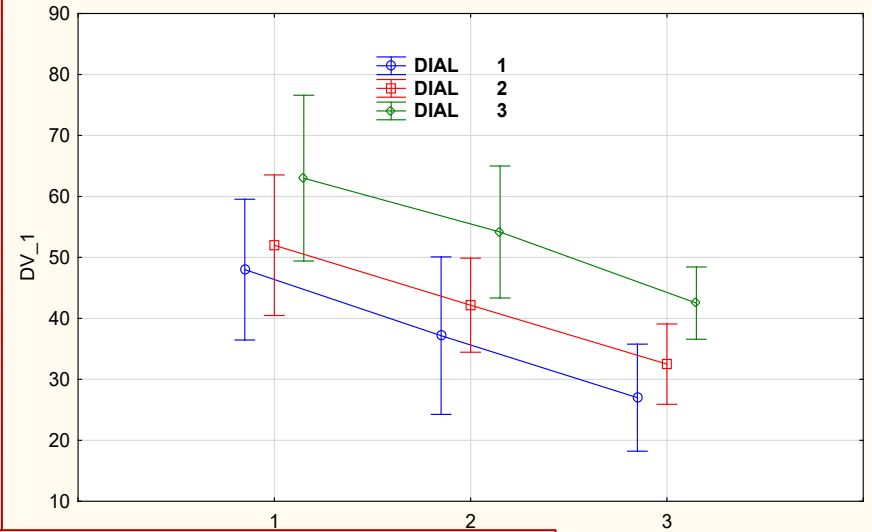
effet	SS	DF	MS	F	p
Intercept	105868,2	1	105868,2	169,99	0,000200
noise2	468,2	1	468,2	0,75	0,434841
Error3	2491,1	4	622,8		
TIME	3722,3	2	1861,2	63,39	0,000012
TIME*noise2	333,0	2	166,5	5,67	0,029268
Error2	234,9	8	29,4		
DIAL	2370,3	2	1185,2	89,82	0,000003
DIAL*noise2	50,3	2	25,2	1,91	0,210215
Error	105,6	8	13,2		
TIME*DIAL	10,7	4	2,7	0,34	0,849917
TIME*DIAL*noise2	11,3	4	2,8	0,36	0,835669
Error1	127,1	16	7,9		

Exemple : OPÉRATEURS

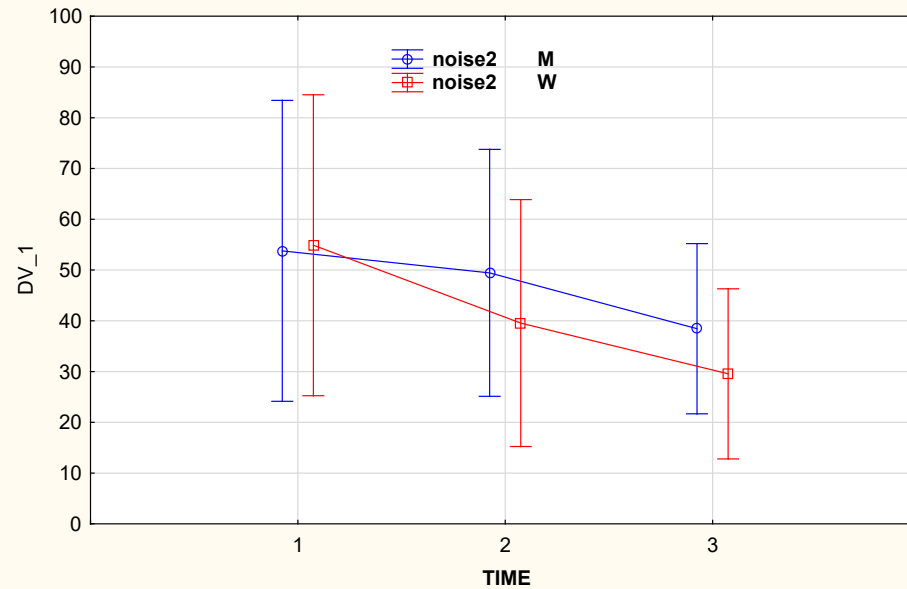
TIME*DIALnoise2"; LS Means**
 Current effect: $F(4, 16)=,35664$, $p=,83567$
 Vertical bars denote 0.95 confidence intervals



TIME*DIAL; LS Means
 Current effect: $F(4, 16)=,33566$, $p=,84992$
 Vertical bars denote 0.95 confidence intervals



TIMEnoise2"; LS Means**
 Current effect: $F(2, 8)=5,6708$, $p=,02927$
 Vertical bars denote 0.95 confidence intervals



Exemple 6 : CHOLESTEROL

source: NCSS 11 Statistical Software (2016). NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA,

Mesure cholestérol durant 3 mois de 20 patients p1, p2 ... p20

selon 4 types de traitements (facteur INTER) : A, B, C=Control, P=placebo

patients p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11 p12 p13 p14 p15 p16 p17 p18 p19 p20

traitement A A A A A B B B B B C C C C C P P P P P

2 facteurs INTRA : Month et AMPM

réponses Y_chol et Y_m_p m = mois (Avril, May, June) p = AM ou PM

ID	Patient	Treatment	Time	Month	AMPM	Days	Y_chol	new	patient2	treatment2	Y_Av_AM	Y_Av_PM	Y_Ma_AM	Y_Ma_PM	Y_Ju_AM	Y_Ju_PM
1	p1	A	April AM	April	AM	0,0	278,0	données	p1	A	278,0	280,0	204,0	208,0	171,3	175,0
2	p1	A	April PM	April	PM	0,5	280,0	réorganisées	p2	A	278,0	281,0	195,2	199,0	185,0	189,0
3	p1	A	May AM	May	AM	30,0	204,0		p3	A	276,0	280,0	213,4	219,0	179,0	181,0
4	p1	A	May PM	May	PM	30,5	208,0		p4	A	276,0	281,0	201,3	211,0	183,0	188,9
5	p1	A	June AM	June	AM	61,0	171,3		p5	A	279,0	285,0	188,0	192,0	170,3	174,0
6	p1	A	June PM	June	PM	61,5	175,0		p6	B	266,0	270,0	220,0	224,0	180,0	184,0
7	p2	A	April AM	April	AM	0,0	278,0		p7	B	280,0	284,0	228,0	232,0	200,0	204,0
8	p2	A	April PM	April	PM	0,5	281,0		p8	B	284,0	288,0	233,0	237,0	175,0	179,0
9	p2	A	May AM	May	AM	30,0	195,2		p9	B	273,0	277,0	215,0	219,0	202,0	207,0
10	p2	A	May PM	May	PM	30,5	199,0		p10	B	281,0	285,0	237,0	241,0	199,0	205,0
11	p2	A	June AM	June	AM	61,0	185,0		p11	Control	278,0	282,0	273,0	277,2	281,0	285,0
12	p2	A	June PM	June	PM	61,5	189,0		p12	Control	273,0	277,0	274,0	278,0	280,0	282,0
13	p3	A	April AM	April	AM	0,0	276,0		p13	Control	282,0	285,0	276,0	281,3	279,0	282,0
14	p3	A	April PM	April	PM	0,5	280,0		p14	Control	274,0	277,3	284,5	289,0	274,0	278,0
15	p3	A	May AM	May	AM	30,0	213,4		p15	Control	277,0	280,6	279,1	283,6	284,0	285,0
16	p3	A	May PM	May	PM	30,5	219,0		p16	Placebo	279,0	283,0	278,0	284,0	268,0	272,0
17	p3	A	June AM	June	AM	61,0	179,0		p17	Placebo	277,0	279,0	291,0	291,0	280,0	285,0
18	p3	A	June PM	June	PM	61,5	181,0		p18	Placebo						
19	p4	A	April AM	April	AM	0,0	276,0		p19	Placebo						
20	p4	A	April PM	April	PM	0,5	281,0		p20	Placebo						
21	p4	A	May AM	May	AM	30,0	201,3									
22	p4	A	May PM	May	PM	30,5	211,0									

facteur INTER : traitement (3 mod)
facteur INTRA1 : MOIS (3 mod)
facteur INTRA2 : AMPM (2 mod)

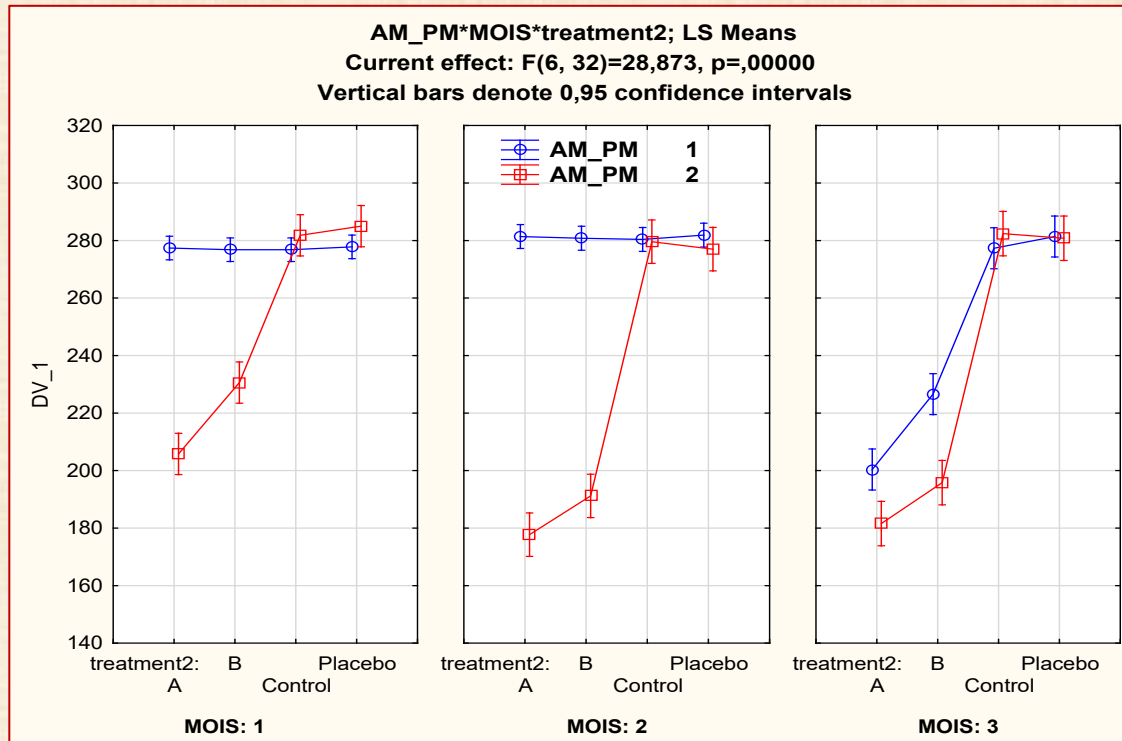
115	115	p20	Placebo	April AM	April	AM	0,0	280,0
116	116	p20	Placebo	April PM	April	PM	0,5	280,0
117	117	p20	Placebo	May AM	May	AM	30,0	204,0
118	118	p20	Placebo	May PM	May	PM	30,5	208,0
119	119	p20	Placebo	June AM	June	AM	61,0	171,3
120	120	p20	Placebo	June PM	June	PM	61,5	175,0

**Days : rôle de covariable
peut remplacer les
2 facteurs INTRA**

Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

effet	SS	DF	MS	F	p
Intercept	7722324	1	7722324	73163,69	0,000000
treatment2	86819	3	28940	274,18	0,000000
Error	1689	16	106		
AM_PM	25468	1	25468	470,28	0,000000
AM_PM*treatment2	29125	3	9708	179,27	0,000000
Error	866	16	54		
MOIS	11177	2	5589	243,98	0,000000
MOIS*treatment2	11949	6	1991	86,94	0,000000
Error	733	32	23		
AM_PM*MOIS	7507	2	3753	98,96	0,000000
AM_PM*MOIS*treatment2	6571	6	1095	28,87	0,000000
Error	1214	32	38		

4 termes d'erreur



Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo ANALYSE avec JMP Pro (produit de SAS)

The image illustrates the workflow in JMP Pro for a cholesterol study with 4 treatments (A, B, control, placebo). The main window is titled "Cholesterol - JMP Pro". The menu bar includes "Fichier", "Édition", "Tables de données", "Lignes", "Colonnes", "Plan d'expérience", "Analyse", "Graphique", "Outils", "Afficher", "Fenêtre", and "Aide".

The "Plan d'expérience" menu is open, showing options like "Plans optimaux", "Augmentation de plans", "Criblage définitif", "Classique", "Diagnostics de plan", "Études consommateurs", and "But spécial". The "Analyse" menu is also open, showing options like "Distribution", "Ajuster Y en fonction de X", "Mettre en tableau", "Explorateur de texte", "Modèle linéaire", "Modélisation prédictive", "Modélisation spécialisée", "Criblage", "Méthodes multivariées", "Classification", "Qualité et procédés", "Fiabilité et survie", and "Études consommateurs".

The "Modèle linéaire" window is open, showing the "Construction du modèle" dialog. The "Sélectionner les colonnes" section lists 18 columns, including "ID", "Patient", "Treatment", "TIME", "Month", "AM/PM", "Days", "new", "patient2", "treatment2", "Y_Av_AM", "Y_Av_PM", "Y_Ma_AM", "Y_Ma_PM", "Y_Ju_AM", "Y_Ju_PM", and "Colonne 19". The "Définir les rôles des colonnes" section shows "Y" as "obligatoire facultatif". The "Méthodes d'analyse statistique" section lists various methods, including "Moindres carrés standard", "Pas à pas", "Régression généralisée", "Modèle mixte", "Manova", "Variance log-linéaire", "Logistique nominale", "Logistique ordinale", "Risque proportionnel", "Survie paramétrique", "Modèle linéaire généralisé", "Moindres carrés partiels (PLS)", and "Criblage des réponses".

The "Graphique" menu is open, showing options like "Constructeur de graphiques", "Graphique en bulles", "Matrice de graphiques de nuages de points", "Graphique parallèle", "Diagramme de cellules", "Nuage de points 3D", "Graphique d'isoréponses", "Graphique ternaire", "Surface de réponse", "Profilleur", "Profilleur d'isoréponses", "Profilleur de mélange", "Profilleur sur mesure", "Profilleur Excel", and "Historique".

Exemple : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

ANALYSE avec JMP Pro (produit de SAS)

Cholesterol - JMP Pro

Fichier Édition Tables de données Lignes Colonnes Plan d'expérience Analyse Graphique Outils Afficher Fenêtre Aide

	D	Patient	Treatment	TIME	Month	AM/PM	Days	Y	new	patient2	treatment2	Y_Av_AM	Y_Av_PM	Y_Ma_AM	Y_Ma_PM	Y_Ju_AM	Y_Ju_PM
1	1	p1	A	April AM	April	AM	0	278	données	p1	A	278	280	204	208	171	175
2	2	p1	A	April PM	April	PM	0,5	280	réorganisées	p2	A	278	281	195	199	185	189
3	3	p1	A	May AM	May	AM	30	204	désampilées	p3	A	276	280	213	219	179	181
4	4	p1	A	May PM	May	PM	30,5	208		p4	A	276	281	201	211	183	188,9
5	5	p1	A	June AM	June	AM	61	171		p5	A	279	285	188	192	170	174
6	6	p1	A	June PM	June	PM	61,5	175		p6	B	266	270	220	224	180	184
7	7	p2	A	April AM	April	AM	0	278		p7	B	280	284	228	232	200	204
8	8	p2	A	April PM	April	PM	0,5	281		p8	B	284	288	233	237	175	179
9	9	p2	A	May AM	May	AM	30	195		p9	B	273	277	215	219	202	207
10	10	p2	A	May PM	May	PM	30,5	199		p10	B	281	285	237	241	199	205
11	11	p2	A	June AM	June	AM	61	185		p11	Control	278	282	273	277	281	285
12	12	p2	A	June PM	June	PM	61,5	189		p12	Control	273	277	274	278	280	282
13	13	p3	A	April AM	April	AM	0	276		p13	Control	282	285	276	281	279	282
14	14	p3	A	April PM	April	PM	0,5	280		p14	Control	274	277	285	289	274	278
15	15	p3	A	May AM	May	AM	30	213		p15	Control	277	281	279	284	284	285
16	16	p3	A	May PM	May	PM	30,5	219		p16	placebo	279	283	278	284	268	272
17	17	p3	A	June AM	June	AM	61	179		p17	placebo	277	279	291	291	280	285
18	18	p3	A	June PM	June	PM	61,5	181		p18	placebo	275	279	280	283	281	283
19	19	p4	A	April AM	April	AM	0	276		p19	placebo	276	282	277	282	274	279
20	20	p4	A	April PM	April	PM	0,5	281		p20	placebo	282	286	281	285	282	285
21	21	p4	A	May AM	May	AM	30	201				.	.	.	.	.	.
22	22	p4	A	May PM	May	PM	30,5	211				.	.	.	.	.	.
23	23	p4	A	June AM	June	AM	61	183				.	.	.	.	.	.
24	24	p4	A	June PM	June	PM	61,5	188				.	.	.	.	.	.

115	115	p20	place...	April AM	April	AM	0	282				.	.	.	.	.	.
116	116	p20	place...	April PM	April	PM	0,5	286				.	.	.	.	.	.
117	117	p20	place...	May AM	May	AM	30	281				.	.	.	.	.	.
118	118	p20	place...	May PM	May	PM	30,5	285				.	.	.	.	.	.
119	119	p20	place...	June AM	June	AM	61	282				.	.	.	.	.	.
120	120	p20	place...	June PM	June	PM	61,5	285				.	.	.	.	.	.

Exemple 6 : CHOLESTEROL ANALYSE avec JMP Pro : quelques résultats

Modèle linéaire - JMP Pro

Construction du modèle

Sélectionner les colonnes

18 Colonnes

- ID
- Patient
- Treatment
- TIME
- Month
- AM/PM
- Days
- Y
- new
- patient2
- treatment2
- Y_Av_AM
- Y_Av_PM
- Y_Ma_AM
- Y_Ma_PM
- Y_Ju_AM
- Y_Ju_PM
- Colonne 19

Définir les rôles des colonnes

Y: Y_Av_AM, Y_Av_PM, Y_Ma_AM, Y_Ma_PM

Pondération: numérique facultatif

Fréquence: numérique facultatif

Validation: facultatif

Par: facultatif

Méthodes d'analyse statistique: Moindres carrés standard

Choix du rapport: Moindres carrés standard, Pas à pas, Régression généralisée, Modèle mixte, **Manova**, Variance log-linéaire, Logistique nominale, Logistique ordinale, Risque proportionnel, Survie paramétrique, Modèle linéaire généralisé

Ajustement séparé

Aide Exécuter

Rappel Maintenir la fenêtre ouverte

Supprimer

Choisir les effets du modèle

Ajouter: treatment2

Croiser

Imbriquer

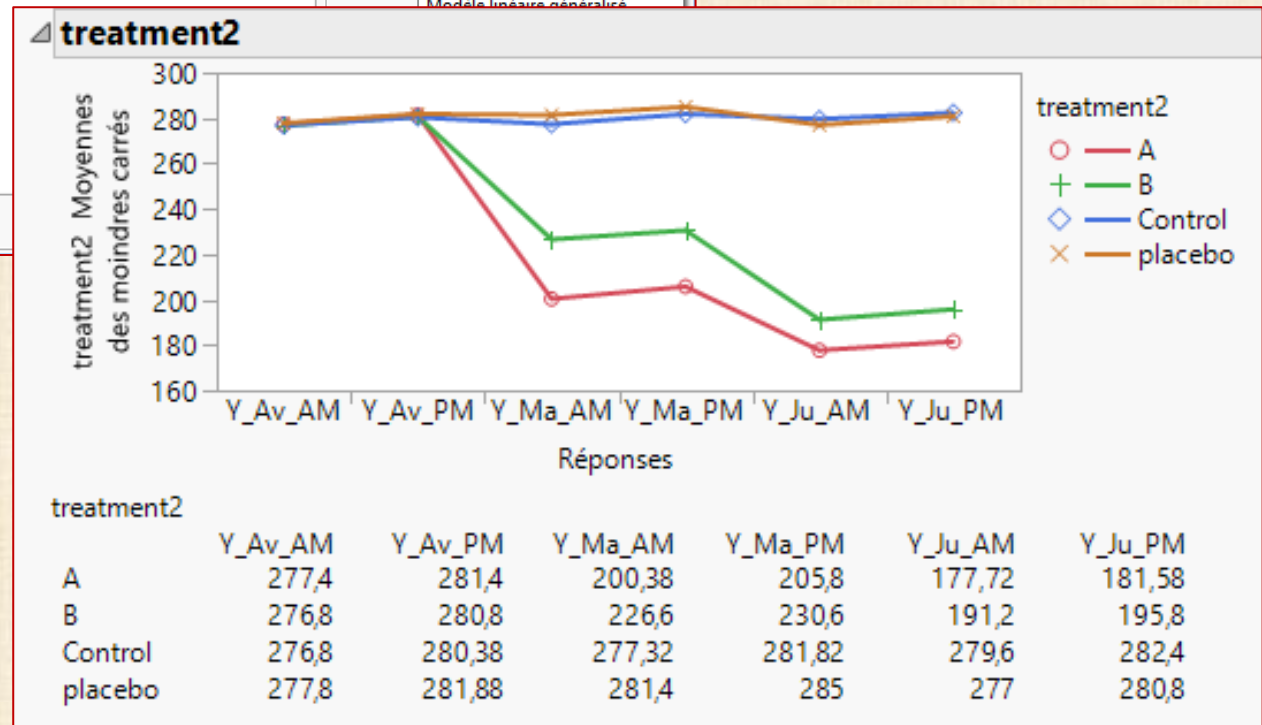
Modèles préétablis

Degré: 2

Attributs: [dropdown]

Transformation: [dropdown]

Sans constantes



Exemple : CHOLESTEROL ANALYSE avec JMP Pro : quelques résultats

Inter-sujets

Matrice M

Estimations de coefficient transformées M

Tout entre

Test	Valeur	F exact	Degrés de liberté du numérateur	Degrés de liberté du dénominateur	Prob. > F
Test F	51,409134	274,1820	3	16	<,0001*

Constante

Test	Valeur	F exact	Degrés de liberté du numérateur	Degrés de liberté du dénominateur	Prob. > F
Test F	4572,7305	73163,688	1	16	<,0001*

treatment2

Test	Valeur	F exact	Degrés de liberté du numérateur	Degrés de liberté du dénominateur	Prob. > F
Test F	51,409134	274,1820	3	16	<,0001*

Intra-sujets

Matrice M

Estimations de coefficient transformées M

Tout intra-interactions

Test	Valeur	Approximation de F	Degrés de liberté du numérateur	Degrés de liberté du dénominateur	Prob. > F
Lambda de Wilk	0,0069174	11,3101	15	33,528	<,0001*
Trace de Pillai	1,6080997	3,2349	15	42	0,0014*
Hotelling-Lawley	59,347823	44,5167	15	17,981	<,0001*
Racine max. de Roy	57,97763	162,3374	5	14	<,0001*

time

Test	Valeur	F exact	Degrés de liberté du numérateur	Degrés de liberté du dénominateur	Prob. > F
Test F	63,733565	152,9606	5	12	<,0001*

time*treatment2

Test	Valeur	Approximation de F	Degrés de liberté du numérateur	Degrés de liberté du dénominateur	Prob. > F
Lambda de Wilk	0,0069174	11,3101	15	33,528	<,0001*
Trace de Pillai	1,6080997	3,2349	15	42	0,0014*
Hotelling-Lawley	59,347823	44,5167	15	17,981	<,0001*
Racine max. de Roy	57,97763	162,3374	5	14	<,0001*

Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

ANALYSE avec NCSS 11 Statistical Software (2016). NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA

www.ncss.com/software/ncss

NCSS 11 Data - [C:\Users\Bernard\Desktop\Amphetamine-No12\Cholesterol.NCSS]

File Edit View Data Analysis Graphics Tools Window Help

New Open Last Save Sort Fill Trans Filter Filter Active Hide Filtered Rows

Procedures Favorites Recent Loaded Output Gallery

Column Info Rotate View 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Name	ID	Patient	Treatment	Time	Month	AM_PM	Days	Y	NEW	patient2	treatment2	Y_Av_AM	Y_Av_PM	Y_Ma_AM	Y_Ma_PM	Y_Ju_AM	Y_Ju_PM	C18
Label																		
Data Type	Gener	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General
Format							0.0	0.0				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Value Labels																		
Value Order																		
Transformation																		
Note																		
Filter																		
	ID	Patient	Treatment	Time	Month	AM_PM	Days	Y	NEW	patient2	treatment2	Y_Av_AM	Y_Av_PM	Y_Ma_AM	Y_Ma_PM	Y_Ju_AM	Y_Ju_PM	C18
1	1	p1	A	April AM	April	AM	0,0	278,0	données	p1	A	278,0	280,0	204,0	208,0	171,3	175,0	
2	2	p1	A	April PM	April	PM	0,5	280,0	réorganisées	p2	A	278,0	281,0	195,2	199,0	185,0	189,0	
3	3	p1	A	May AM	May	AM	30,0	204,0		p3	A	276,0	280,0	213,4	219,0	179,0	181,0	
4	4	p1	A	May PM	May	PM	30,5	208,0		p4	A	276,0	281,0	201,3	211,0	183,0	188,9	
5	5	p1	A	June AM	June	AM	61,0	171,3		p5	A	279,0	285,0	188,0	192,0	170,3	174,0	
6	6	p1	A	June PM	June	PM	61,5	175,0		p6	B	266,0	270,0	220,0	224,0	180,0	184,0	
7	7	p2	A	April AM	April	AM	0,0	278,0		p7	B	280,0	284,0	228,0	232,0	200,0	204,0	
8	8	p2	A	April PM	April	PM	0,5	281,0		p8	B	284,0	288,0	233,0	237,0	175,0	179,0	
9	9	p2	A	May AM	May	AM	30,0	195,2		p9	B	273,0	277,0	215,0	219,0	202,0	207,0	
10	10	p2	A	May PM	May	PM	30,5	199,0		p10	B	281,0	285,0	237,0	241,0	199,0	205,0	
11	11	p2	A	June AM	June	AM	61,0	185,0		p11	Control	278,0	282,0	273,0	277,2	281,0	285,0	
12	12	p2	A	June PM	June	PM	61,5	189,0		p12	Control	273,0	277,0	274,0	278,0	280,0	282,0	
13	13	p3	A	April AM	April	AM	0,0	276,0		p13	Control	282,0	285,0	276,0	281,3	279,0	282,0	
14	14	p3	A	April PM	April	PM	0,5	280,0		p14	Control	274,0	277,3	284,5	289,0	274,0	278,0	
15	15	p3	A	May AM	May	AM	30,0	213,4		p15	Control	277,0	280,6	279,1	283,6	284,0	285,0	

Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

ANALYSE avec NCSS

The screenshot shows the NCSS 11 Data software interface. The 'Analysis' menu is open, highlighting 'Repeated Measures Analysis of Variance'. The data table below shows the following structure:

ID	Pat	AM_PM	Days	Y	NEW	patient2	treatment2	Y_Av_AM	Y_Av_PM	Y_Ma_AM	Y_Ma_PM	Y_Ju_AM	Y_Ju_PM	C18	
1	p1	AM	0.0	278.0	sonnées	p1	A	278.0	280.0	204.0	208.0	171.3	175.0		
2	p1	PM	0.5	260.0	réorganisées	p2	A	278.0	281.0	195.2	199.0	185.0	189.0		
3	p1	AM	30.0	204.0		p3	A	276.0	280.0	213.4	219.0	179.0	181.0		
4	p1	PM	30.5	208.0		p4	A	276.0	281.0	201.3	211.0	183.0	188.9		
5	p1	AM	61.0	171.3		p5	A	279.0	285.0	188.0	192.0	170.3	174.0		
6	p1	PM	61.5	175.0		p6	B	266.0	270.0	220.0	224.0	180.0	184.0		
7	p2	AM	0.0	278.0		p7	B	280.0	284.0	228.0	232.0	200.0	204.0		
8	p2	PM	0.5	261.0		p8	B	284.0	288.0	233.0	237.0	175.0	179.0		
9	p2	AM	30.0	195.2		p9	B	273.0	277.0	215.0	219.0	202.0	207.0		
10	p2	PM	30.5	199.0		p10	B	281.0	285.0	237.0	241.0	199.0	205.0		
11	p2	AM	61.0	185.0		p11	Control	278.0	282.0	273.0	277.2	281.0	285.0		
12	p2	PM	61.5	189.0		p12	Control	273.0	277.0	274.0	278.0	280.0	282.0		
13	p3	AM	0.0	276.0		p13	Control	282.0	285.0	276.0	281.3	279.0	282.0		
14	p3	PM	0.5	260.0		p14	Control	274.0	277.3	284.5	289.0	274.0	278.0		
15	p3	AM	30.0	213.4		p15	Control	277.0	280.6	279.1	283.6	284.0	285.0		
16	p3	PM	30.5	219.0		p16	Placebo	279.0	283.0	278.0	284.0	268.0	272.0		
17	p3	AM	61.0	179.0		p17	Placebo	277.0	279.0	291.0	291.0	280.0	285.0		
18	p3	PM	61.5	181.0		p18	Placebo	275.0	279.0	280.0	283.0	281.0	283.0		
19	p4	A	April AM	April	AM	0.0	276.0	p19	Placebo	276.0	282.4	277.0	282.0	274.0	279.0
20	p4	A	April PM	April	PM	0.5	281.0	p20	Placebo	282.0	286.0	281.0	285.0	282.0	285.0
21	p4	A	May AM	May	AM	30.0	201.3								

Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

ANALYSE avec NCSS

Run

Variables

Response Variables

Response Variable(s): Y

Subject Variable

Subject Variable: Patient

Between Factors

Between Factor Variable:	Type:	Comparison:
1 Treatment	Fixed	Each with
2 (Optional) Select a Column...		
3 (Optional) Select a Column...		

Within Factors

Within Factor Variable:	Type:	Comparison:
1 Month	Fixed	Linear-Q
2 AM_PM	Fixed	Linear
3 (Optional) Select a Column...		

Model Specification

Which model Terms: Full model except subject interactions combined with error, ...

Custom Model: $A + B(A) + C + AC + BC(A) + D + AD + BD(A) + CD + ACD + BCD(A)$

Write model in 'Custom Model' field. Do not process data.

identification des variables

- Réponse Y
- Variable Sujet = Patient
- Facteurs INTER = Traitement
- Facteurs INTRA = Month AM_PM

pas nécessaire de créer les colonnes (variables de réponse) additionnelles comme en STATISTICA

exécution

modèle

Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

ANALYSE avec NCSS

B(A) ----->
facteur Patient emboîté dans Treatment

Expected Mean Squares Section

Source	Term	DF	Term	Denominator	Expected Mean Square
A: Treatment	A: Treatment	3	Yes	B(A)	S+cdsB+bcdsA
B(A): Patient	B(A): Patient	16	No	S(ABCD)	S+cdsB
C: Month	C: Month	2	Yes	BC(A)	S+dsBC+abdsC
AC	AC	6	Yes	BC(A)	S+dsBC+bdsAC
BC(A)	BC(A)	32	No	S(ABCD)	S+dsBC
D: AM_PM	D: AM_PM	1	Yes	BD(A)	S+csBD+abcsD
AD	AD	3	Yes	BD(A)	S+csBD+bcsAD
BD(A)	BD(A)	16	No	S(ABCD)	S+csBD
CD	CD	2	Yes	BCD(A)	S+sBCD+absCD
ACD	ACD	6	Yes	BCD(A)	S+sBCD+bsACD
BCD(A)	BCD(A)	32	No	S(ABCD)	S+sBCD
S(ABCD)	S(ABCD)	0	No	S	S

Note: Expected Mean Squares are for the balanced cell-frequency case.

Analysis of Variance Table

Source	Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0,05)
A: Treatment	A: Treatment	3	86883,98	28961,33	274,97	0,000000*	1,000000
B(A): Patient	B(A): Patient	16	1685,224	105,3265			
C: Month	C: Month	2	43703,7	21851,85	253,15	0,000000*	1,000000
AC	AC	6	47675,2	7945,868	92,05	0,000000*	1,000000
BC(A)	BC(A)	32	2762,25	86,32032			
D: AM_PM	D: AM_PM	1	480,6263	480,6263	360,94	0,000000*	1,000000
AD	AD	3	2,532662	0,8442206	0,63	0,603824	0,153371
BD(A)	BD(A)	16	21,30578	1,331611			
CD	CD	2	2,280166	1,140083	1,59	0,220346	0,310937
ACD	ACD	6	6,463781	1,077297	1,50	0,210140	0,496865
BCD(A)	BCD(A)	32	22,99776	0,7186798			
S	S	0					
Total (Adjusted)		119	183246,6				
Total		120					

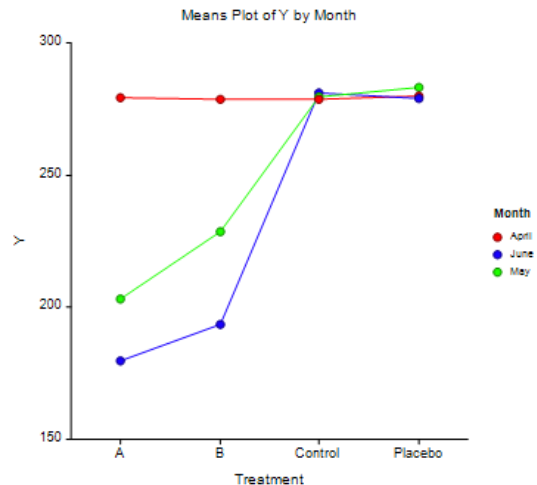
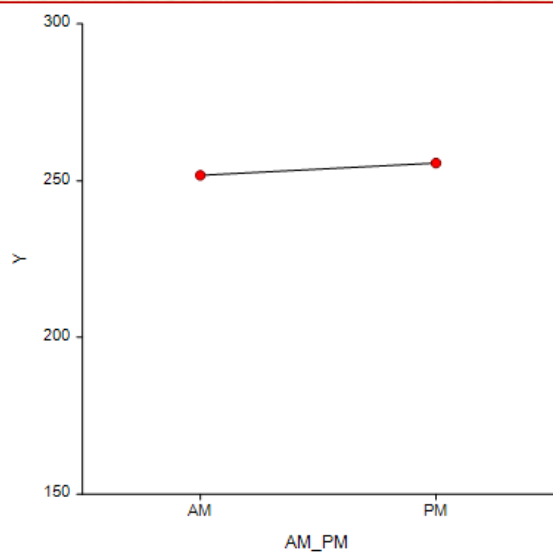
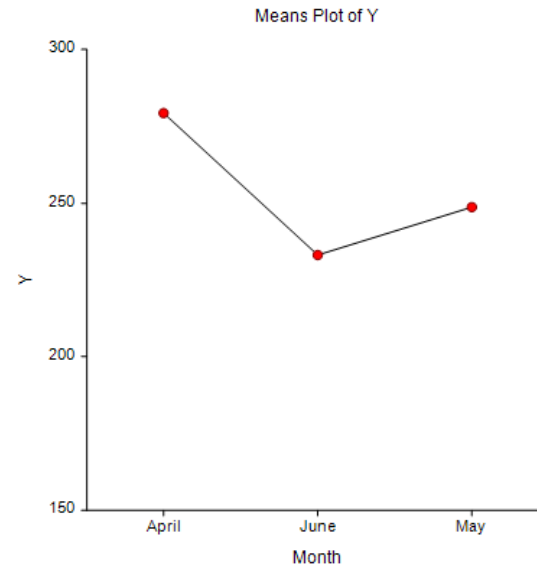
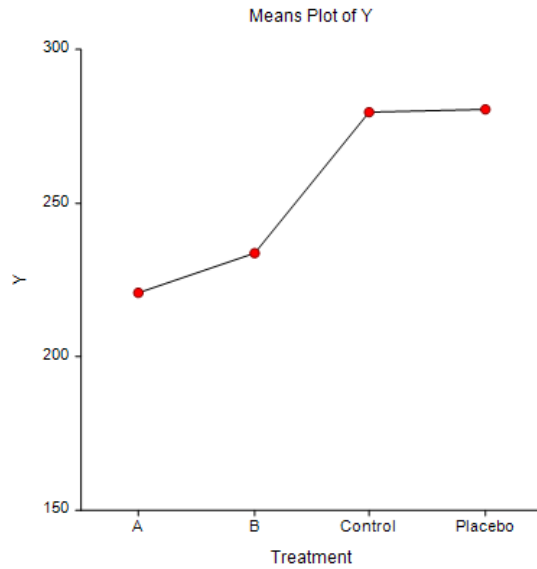
* Term significant at alpha = 0,05

interactions peuvent être agrégées: modèle simplifié

Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

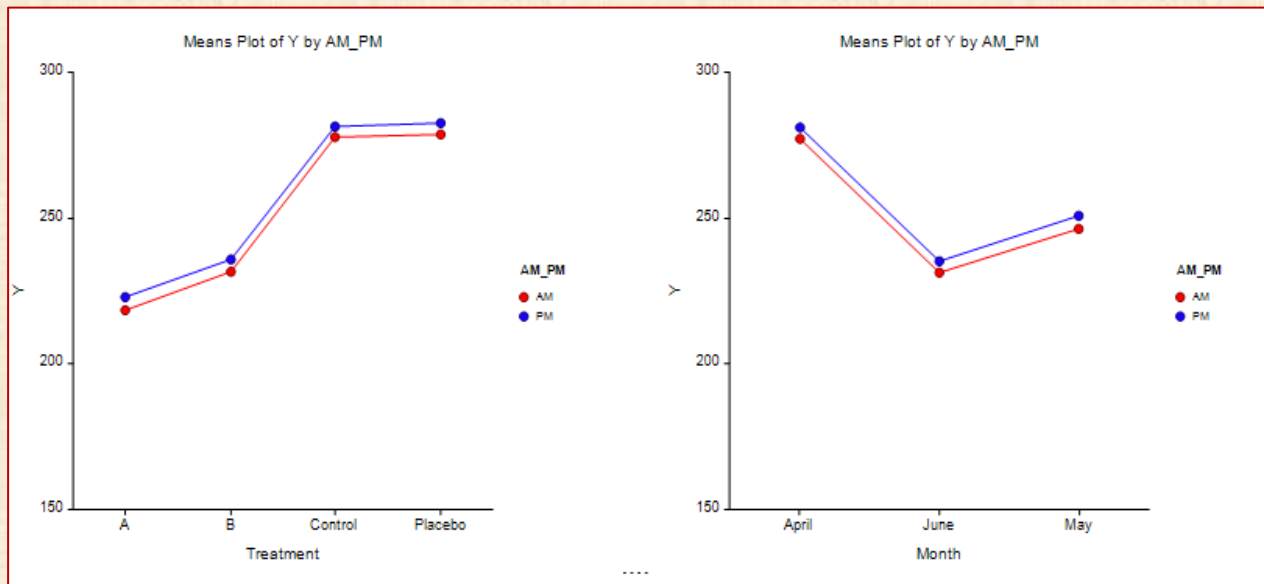
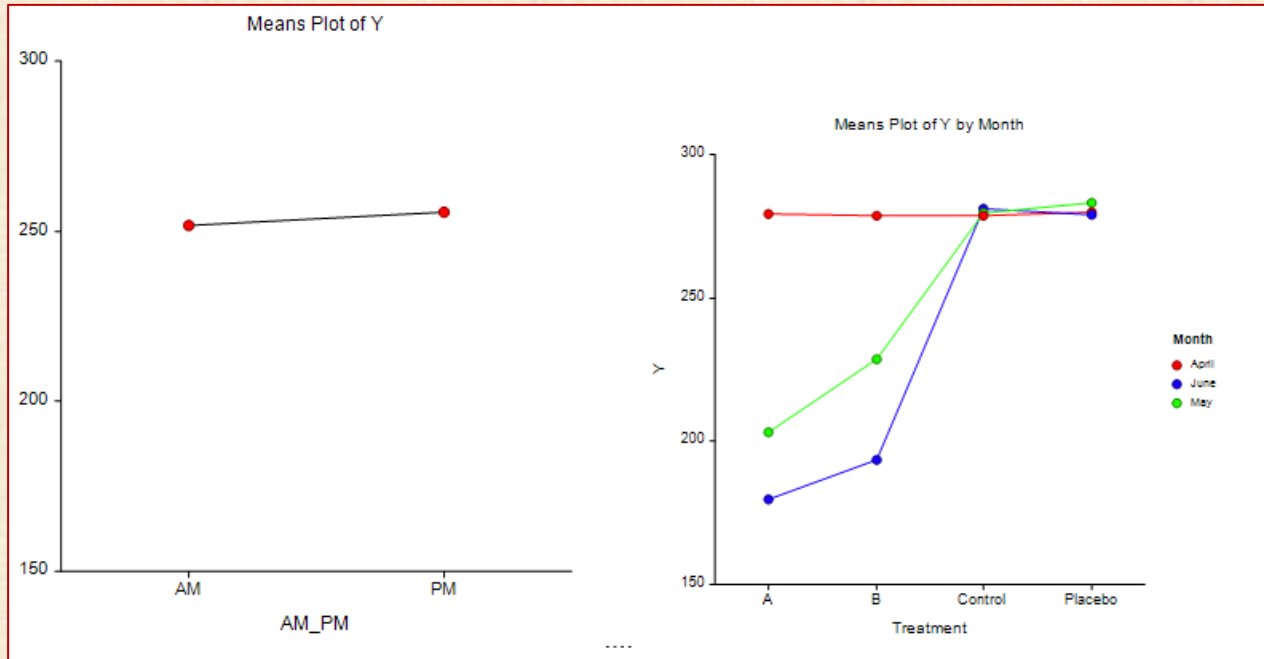
**ANALYSE
avec
NCSS**

Plots



Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

**ANALYSE
avec
NCSS**



Exemple 6 : CHOLESTEROL 4 traitements : A B control placebo

**ANALYSE
avec
NCSS**

