

# Logiciel de traitement de plans d'expériences

## ELLIPSE

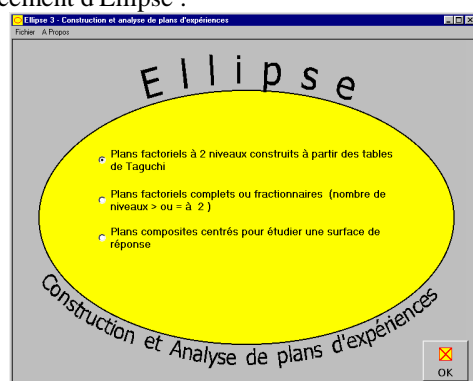
### Rapide prise en main

ELLIPSE est un logiciel de construction et d'analyse des plans d'expériences :

- Plans complets
- Plans factoriels à 2 niveaux de Taguchi
- Plans factoriels à 2 et 3 niveaux de moins de 20 essais
- Plans en surface de réponse (composites centrés)

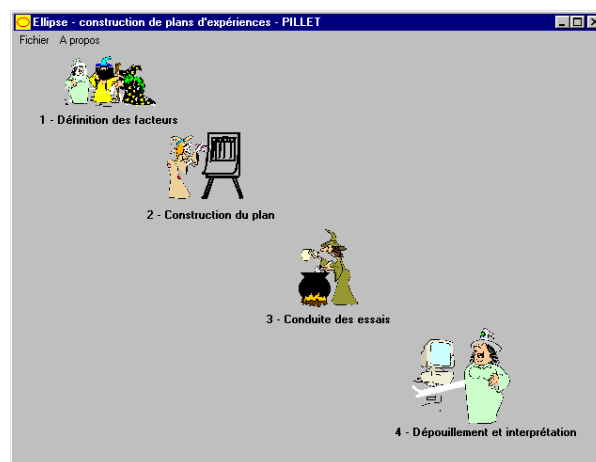
L'objectif d'Ellipse est de fournir un outil simple, adapté aux non-spécialistes des plans d'expériences pour construire et interpréter les plans simples permettant l'optimisation de produits ou de processus.

Lancement d'Ellipse :



La première fenêtre permet de choisir le type de plans que l'on veut construire. Sélectionner le type de plan choisi et valider par OK.

## Plans factoriels à 2 niveaux



La logique de construction d'un plan est la suivante :

1. Définir les facteurs et les niveaux
2. Construire le plan d'expériences
3. Saisir le résultat des essais
4. Analyser le plan

Un plan d'expériences peut à tout moment être enregistré en utilisant la commande "enregistrer" dans le menu "Fichier".

### 1. Définir les facteurs et les niveaux

N° Fact	Nom long	Nom court (3 l)	Type	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
1	Marque POPCORN	A	QUAL	A	B	
2	Qté Huile	Hui	QUANT	30	50	
3	Qté PopCorn	Qté	QUANT	1	2	
4	Temps de cuisson	Tps	QUANT	90	120	
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						

La définition des facteurs consiste à définir pour tous les facteurs :

- un nom long ;
- un nom court (3 caractères) par défaut le système nomme A, B, C... Mais nous vous conseillons de donner des noms courts significatifs (exemple Temps => tps) ;

- les niveaux étudiés, Ellipse détermine automatiquement s'il s'agit d'un facteur qualitatif ou quantitatif.

## 2. Construction du plan d'expériences

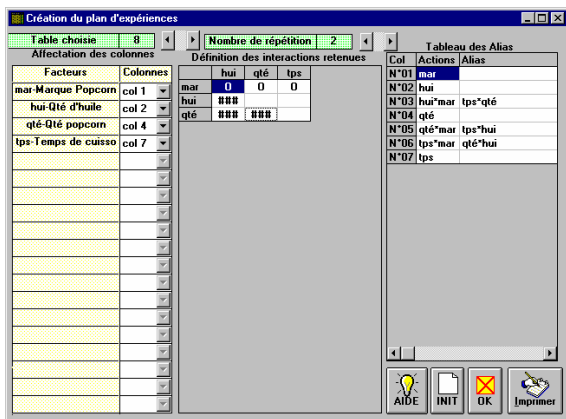
Les tables programmées dans Ellipse sont les tables L4, L8, L12, L16 et L20.

Dans le cas des tables permettant l'étude des interactions (Table 4, 8, 16), Ellipse affiche un tableau qui permettra de sélectionner les interactions supposées non nulles.

On choisit également le nombre d'essais (nombre de répétitions) que l'on souhaite faire par ligne.

Dans le cas d'un plan produit de Taguchi, le nombre de répétition sera le nombre de combinaison des facteurs bruits.

### Choix des colonnes pour les facteurs



Pour obtenir les colonnes qui donneront le meilleur plan, vous pouvez cliquer sur **AIDE** afin d'avoir le conseil ELLIPSE.

Pour chaque facteur, on définit la colonne dans laquelle on souhaite affecter le facteur. Un récapitulatif du contenu de chaque colonne est affiché dans le cadre "Tableau des Alias".

### Choix des colonnes pour les interactions

Pour sélectionner une interaction que l'on souhaite retenir, on clique avec la souris dans le tableau des interactions. Un "O" s'affiche. Pour éliminer une sélection, on clique une nouvelle fois sur l'interaction. Dans le cas où la colonne dans laquelle se trouve l'interaction sélectionnée est déjà réservée pour un facteur ou pour une autre interaction, un message d'alerte s'affiche.

Le "tableau des Alias" donne, outre les facteurs et les interactions retenues, toutes les interactions de second ordre et les colonnes correspondantes. On peut ainsi facilement visualiser les risques que l'on prend en réalisant le plan choisi.

On cherche toujours dans un plan d'expériences de manière à avoir la meilleure résolution possible, c'est à dire à avoir le moins d'alias possible. On pourra se référer à la documentation spécialisée pour le choix optimum des colonnes.

## 3. Conduite des essais

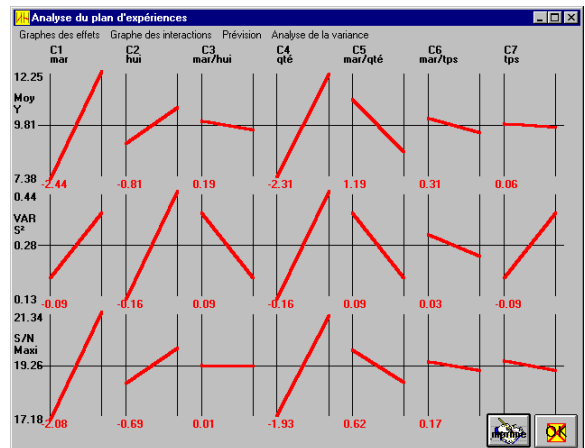
	mar	hui	qté	tps	Rép 1	Rép 2
1	A	30	1	90	6	6
2	A	30	2	120	8	7
3	A	50	1	120	6	7
4	A	50	2	90	9	10
5	B	30	1	120	8	8
6	B	30	2	90	15	14
7	B	50	1	90	9	10
8	B	50	2	120	16	18

La conduite des essais consiste à saisir le résultat du plan d'expériences. Le nombre de colonnes disponibles pour la saisie des réponses est égal au nombre de répétitions qui ont été déclarées dans la phase de construction du plan.

Dans le cas où le plan posséderait plusieurs réponses à optimiser, on créerait autant de fichiers que de réponses.

## 4. Analyse du plan d'expériences

### Menu "Graphe des effets"



Par défaut, Ellipse affiche le graphe des effets sur la moyenne des réponses saisies dans la phase "essais".

Dans le cas où plusieurs réponses ont été saisies, notamment dans le cas de "plans produits de Taguchi", il est possible de faire afficher trois réponses à l'écran en utilisant le menu "Graphe des effets".

Dans l'exemple précédent où le but du plan est de maximiser la réponse, on a affiché les trois réponses utiles à l'optimisation, c'est à dire :

- Moyenne ;
- Variance ;
- S/N de type Maxi.

Dans ce cas l'optimisation consiste à maximiser la moyenne, minimiser la variance, maximiser le ratio S/N qui représente le meilleur compromis entre moyenne et variance.

## Menu interactions



Le menu "Interactions" permet d'afficher le graphe des interactions retenues dans le plan d'expériences.

Le menu interaction permet d'afficher les graphes des interactions pour les différentes réponses : moyenne

- Variance
- log(variance)
- et les différents S/N

## Menu "ANAVAR"

Dans le cas où plusieurs répétitions ont été réalisées, il est possible de faire l'analyse de la variance sur la réponse en moyenne.

N° col	Action	retenue	S²	ddl	Var	F exp	F limite	Signif ?	Contrib
01	mar	OUI	95.06	1	95.06	185.5	5.0	OUI	43.1%
02	hui	OUI	10.56	1	10.56	20.6	5.0	OUI	4.8%
03	mar/hui	NON	0.56	1	0.56				
04	qté	OUI	85.56	1	85.56	167.0	5.0	OUI	38.8%
05	mar/qté	OUI	22.56	1	22.56	44.0	5.0	OUI	10.2%
06	mar/tps	OUI	1.56	1	1.56	3.0	5.0	NON	0.7%
07	tps	NON	0.06	1	0.06				
	Résidus		5.12	10	0.51				2.3%
	Totale		220.44	15	14.70				

On peut facilement appliquer la méthode du regroupement sur les facteurs en supprimant ou en rajoutant un facteur dans l'analyse de la variance. Pour cela, on clique sur OUI/NON de la colonne "Retenue" sur la ligne du facteur considéré.

Attention cependant dans l'interprétation ! La variance résiduelle est calculée en prenant en compte la variance de répétition dans chaque ligne. Dans le cas où on a fait un plan produit de Taguchi, les répétitions incluent la variance de l'effet du facteur Bruit. On surestime considérablement la variance résiduelle dans ce cas de figure, et aucun facteur n'est déclaré significatif. Il ne faut donc pas tenir compte des résultats de cette ANAVAR dans le cas de plans produits de Taguchi.

## Menu "Résultat" "Tableau des moyennes"

Tableau des moyennes des effets				
	mar	hui	qté	tps
N1	7.38	9.00	7.50	9.88
N2	12.25	10.63	12.13	9.75

Tableau des moyennes des interactions						
	hui1	hui2	qté1	qté2	tps1	tps2
mar1	6.75	8.00	6.25	8.50	7.75	7.00
mar2	11.25	13.25	8.75	15.75	12.00	12.50

Ce tableau affiche le résultat des calculs des effets des facteurs et des interactions. On trouve les moyennes lorsque chaque facteur est au niveau 1 et au niveau 2. On trouve également les moyennes pour chacune des combinaisons des interactions retenues.

## Menu "Résultat" "Essais"

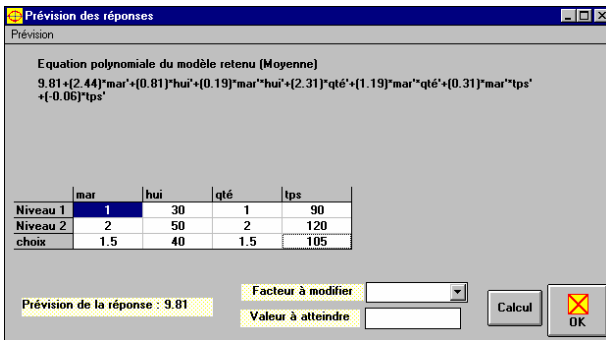
Ce tableau affiche le résultat des essais, ainsi que la moyenne et la variance de chacun des essais du plan.

	mar	hui	qté	tps	Rép 1	Rép 2	Moy	Var
1	A	30	1	90	6	6	6.00	0.00
2	A	30	2	120	8	7	7.50	0.25
3	A	50	1	120	6	7	6.50	0.25
4	A	50	2	90	9	10	9.50	0.25
5	B	30	1	120	8	8	8.00	0.00
6	B	30	2	90	15	14	14.50	0.25
7	B	50	1	90	9	10	9.50	0.25
8	B	50	2	120	16	18	17.00	1.00
					MG		9.81	0.28

## Menu "Prévision des réponses"

Cette fonctionnalité permet à Ellipse de :

- calculer la réponse prédite pour une configuration des facteurs ;
- trouver le niveau d'un facteur pour obtenir une réponse donnée.



Pour calculer une réponse prédite, il suffit de placer dans la ligne "Choix" le niveau des facteurs retenus, le calcul de la réponse théorique s'affiche dans la case prévision de la réponse.

Pour trouver le niveau d'un facteur, on choisit d'abord le facteur à modifier dans la liste des facteurs, puis on écrit la valeur de la réponse souhaitée. Le résultat s'affiche dans le tableau dans la ligne "Choix".

## 5. Rédaction d'un rapport avec ellipse

La meilleure solution pour rédiger un rapport sur un plan d'expériences avec Ellipse est d'utiliser un traitement de texte de type WORD, et d'utiliser les copies d'écrans Ellipse.

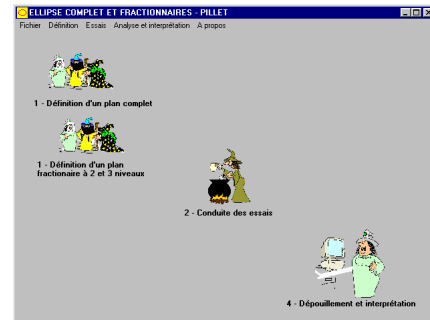
Pour cela : On se place sur la fenêtre Ellipse, et on copie la fenêtre en mémoire en appuyant sur les touches ALT+IMP ECRAN

On se place ensuite dans le document Word, et on utilise la commande coller pour insérer la fenêtre qui peut alors être redimensionner.

## Les plans complets et fractionnaires à 2 et 3 niveaux

Ce choix est le second choix d'Ellipse. Il permet de construire tous les plans complets de moins de 48 essais, ainsi que certains plans fractionnaires. La logique est toujours la même :

1. Construction du plan
2. Saisie des résultats des essais
3. Analyse des résultats

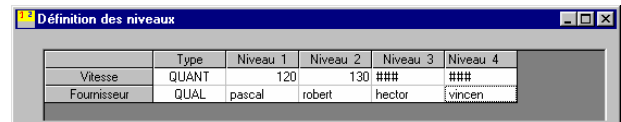


### Définition d'un plan complet

Pour définir le plan, on saisit :

- Le nom long, le nom court
- Le nombre de niveaux
- Le nombre de répétitions

Les niveaux des facteurs sont définis en cliquant sur



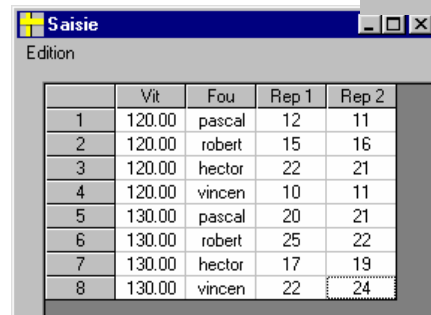
Les informations étant saisies, on crée le plan en cliquant sur



Si on sort de cette fenêtre en cliquant sur OK, le plan ne sera pas créé

### Saisie des résultats

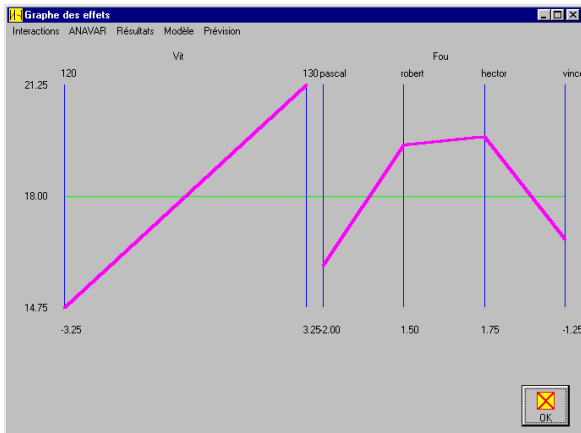
On saisit les résultats en cliquant sur



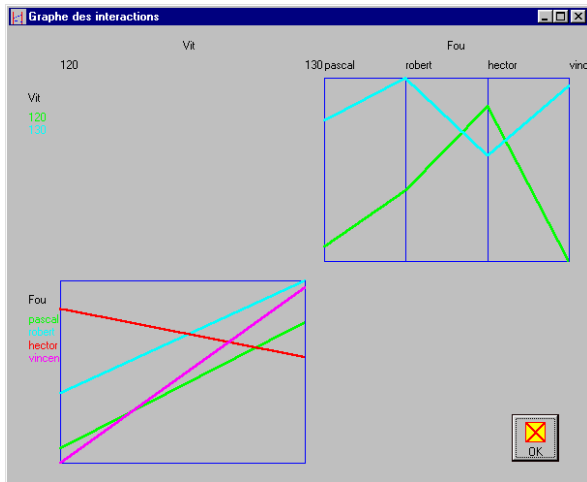
## Analyse du plan d'expériences

L'analyse du plan d'expériences consiste à étudier les fenêtres suivantes :

### Graphe des effets



### Graphe des interactions



### ANAVAR

N°	Action	retenue	S <sup>2</sup>	ddl	Var	F exp	Risque	Signif ?	Contrib
01	Vit	OUI	169.00	1	169.00	122.91	0.000	Très	45.9%
02	Fou	OUI	43.50	3	14.50	10.55	0.004	Très	11.8%
03	Vit*Fou	OUI	144.50	3	433.50	35.03	0.000	Très	39.3%
	Résidus		11.00	8	1.38				
	Totale		368.00	15	24.53				

Saisir la variance résiduelle si vous la connaissez : 0  
Saisir le nombre de degrés de liberté : 0

Vert : signification < 0.01

Bleu : Signification < 0.05

Rouge : Signification > 0.05

On peut supprimer les actions non significatives en cliquant dans la colonne "retenue"

### Le tableau des moyennes et des interactions

Tableau des moyennes des effets		
	Vit	Fou
N 1	14.75	16.00
N 2	21.25	19.50
N 3		19.75
N 4		16.75

Tableau des moyennes des interactions						
	Vit 1	Vit 2	Fou 1	Fou 2	Fou 3	Fou 4
Vit 1			11.50	15.50	21.50	10.50
Vit 2			20.50	23.50	18.00	23.00
Fou 1	11.50	20.50				
Fou 2	15.50	23.50				
Fou 3	21.50	18.00				
Fou 4	10.50	23.00				

### Le tableau des résidus

	Vit	Fou	Rep 1	Rep 2	Y prédit	résidu	résidu	rés std	rés std
1	1.00	1.00	12	11	11.5	-.5	.5	-.43	-.43
2	1.00	2.00	15	16	15.5	-.5	-.5	-.43	-.43
3	1.00	3.00	22	21	21.5	-.5	.5	-.43	-.43
4	1.00	4.00	10	11	10.5	.5	-.5	-.43	-.43
5	2.00	1.00	20	21	20.5	.5	-.5	-.43	-.43
6	2.00	2.00	25	22	23.5	-1.5	1.5	-1.28	1.28
7	2.00	3.00	17	19	18	1	-1	-.85	-.85
8	2.00	4.00	22	24	23	1	-1	-.85	-.85

Symbolisation des couleurs :  
 Résidu faible (inférieur à 2 s) ==> c'est normal  
 Résidu élevé (supérieur à 2 s) ==> vérifier cet essai  
 Résidu très fort ==> c'est probablement une valeur aberrante

La couleur précise l'importance du résidu en variable centrée réduite. En principe, il ne devrait pas y avoir de valeurs en rouge.

### Prévision des résultats

Prévision de réponse (complet pes)

Vit : 120  
Fou : Pascal

Réponse : 11.500

Permet de prévoir le résultat pour une configuration quelconque des facteurs

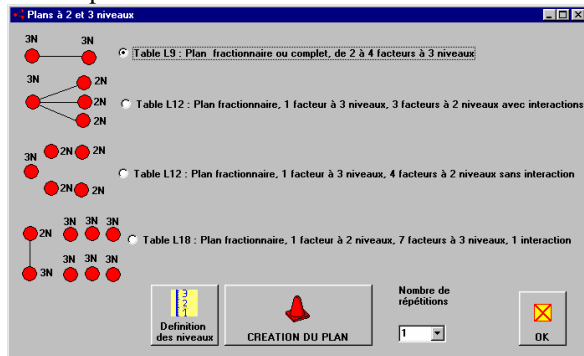
## Cas des plans à 2 et 3 niveaux



Ce choix permet de construire les plans d'expériences de moins de 20 essais mélangeant des facteurs à 2 et 3 niveaux.

Dans ce cas, les interactions sont prédéfinies et il suffit de choisir :

- Le plan retenu



- Les niveaux des facteurs

Définition des niveaux						
Type	Nom Long	Nom Court (3l)	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	
QUANT	vitesse	vit	120	130	140	
QUANT	Pression	pre	500	600	700	
QUAL	fournisseur	Fou	franc	vinc	paul	
QUANT	température	Tem	250	260	270	

Et de créé le plan d'expériences en cliquant sur



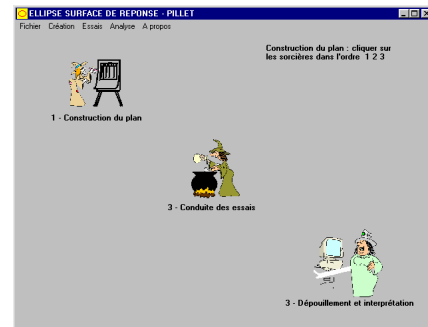
Le traitement est identique au cas des plans complets.

## Plans pour surfaces de réponses

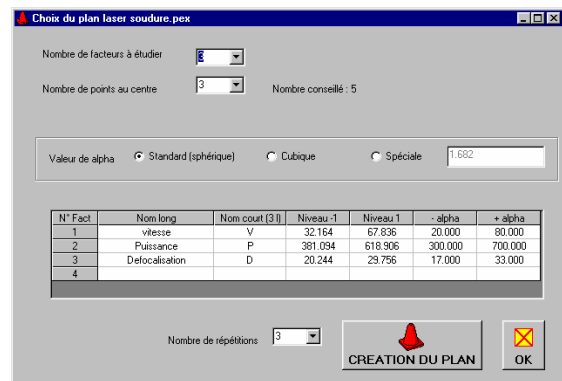
Le troisième type de plan d'expériences que l'on peut traiter avec Ellipse est le type "surface de réponse"

La logique est toujours la même :

4. Construction du plan
5. Saisie des résultats des essais
6. Analyse des résultats



### Construction du plan en surface de réponse



Pour définir le plan, on saisit :

- Le nombre de facteurs
- Le nombre de points au centre (si possible laisser le nombre conseillé)
- La valeur de alpha (si possible laisser la valeur conseillée)
- Le nom long, le nom court
- Les valeurs extrêmes à tester (-alpha et +alpha)
- Le nombre de répétitions

On crée le plan d'expériences en cliquant sur



## Saisie des résultats

Saisie laser soudure.pex						
Edition						
	V	P	D	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1	32.16	381.09	20.24	67.3	65.7	60.1
2	32.16	381.09	29.76	75.4	80.8	87.1
3	32.16	618.91	20.24	80.7	86.7	72.6
4	32.16	618.91	29.76	91.7	88.4	84.9
5	67.84	381.09	20.24	55.2	51.3	52.2
6	67.84	381.09	29.76	69.6	73.9	72.2
7	67.84	618.91	20.24	62.1	56.8	61.9
8	67.84	618.91	29.76	68.4	70.8	64.1
9	50.00	500.00	25.00	78.8	76.1	66.7
10	50.00	500.00	25.00	74.9	72.1	73.4
11	50.00	500.00	25.00	73.2	74.6	72.4
12	20.00	500.00	25.00	115.1	102.7	104.6
13	80.00	500.00	25.00	77.8	76.5	72.8
14	50.00	300.00	25.00	18.6	22.4	15.6
15	50.00	700.00	25.00	27.9	43.2	21.3
16	50.00	500.00	17.00	84.2	81.1	78.6
17	50.00	500.00	33.00	96.3	95.5	102.9

## Interprétation

L'interprétation consiste à exploiter les différents écrans d'analyse :

### Analyse de significativité

Analyse laser soudure.pex						
Représentation 3D Résultats Modèle prévision						
Action	Coeff	Sigma	T	Proba p	Signif	éliminer
Cte	73.424	1.564	46.953	0.000	Très	
V	-8.376	0.734	-11.406	0.000	Très	
P	3.381	0.734	4.604	0.000	Très	
D	5.861	0.734	7.981	0.000	Très	
V*P	-2.454	0.959	-2.588	0.014	Oui	cliquer
V*D	0.179	0.959	0.187	0.853	Non	cliquer
P*D	-2.488	0.959	-2.593	0.013	Oui	cliquer
V <sup>2</sup>	6.896	0.808	8.533	0.000	Très	cliquer
P <sup>2</sup>	-16.698	0.808	-20.663	0.000	Très	cliquer
D <sup>2</sup>	6.253	0.808	7.738	0.000	Très	cliquer

Paramètre	S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajusté
Valeur	4.7004	96.1%	95.3%

Le  $r^2$  ajusté donne le pourcentage des variations observées dans le plan d'expériences qui sont expliquées par le modèle.

En cas de coefficients non significatifs (en rouge) on peut le supprimer du modèle en cliquant sur le "cliquer" de la ligne à supprimer. L'analyse est alors réinitialisée.

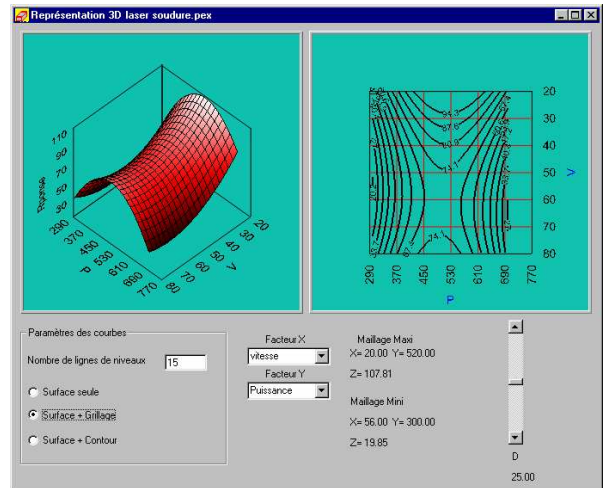
Analyse laser soudure.pex						
Représentation 3D Résultats Modèle prévision						
Action	Coeff	Sigma	T	Proba p	Signif	éliminer
Cte	73.424	1.546	47.502	0.000	Très	
V	-8.376	0.726	-11.540	0.000	Très	
P	3.381	0.726	4.657	0.000	Très	
D	5.861	0.726	8.075	0.000	Très	
V*P	-2.454	0.948	-2.588	0.013	Oui	cliquer
P*D	-2.488	0.948	-2.623	0.012	Oui	cliquer
V <sup>2</sup>	6.896	0.799	8.633	0.000	Très	cliquer
P <sup>2</sup>	-16.698	0.799	-20.905	0.000	Très	cliquer
D <sup>2</sup>	6.253	0.799	7.829	0.000	Très	cliquer

## Modèle retenu

Choix du modèle à retenir (laser soudure.pex)			
	V	P	D
V	V*V	V*P	
P		P*P	P*D
D			D*D

Permet de sélectionner les interaction et effets quadratiques que l'on veut calculer

## Visualisation en 3D de la surface



La visualisation 3D permet de comprendre l'influence de deux facteurs sur la réponse. On peut également modifier les autres facteurs en agissant sur les curseurs correspondants.

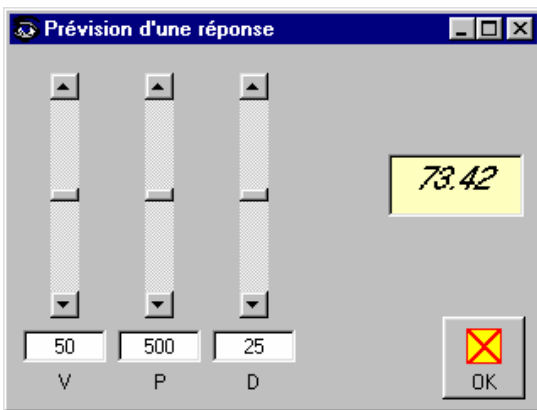
Cette fenêtre donne les points maxi et mini de la surface de réponse.

## Tableau des résidus

Analyse des résidus laser soudure.pex												
	V	P	D	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Y pré-d	résidu	résidu	résidu	rés.stc	rés.std
1	-1.00	-1.00	-1.00	67.3	65.7	60.1	64.07	-3.23	-1.63	3.97	-7	36
2	-1.00	-1.00	1.00	75.4	80.8	87.1	80.76	5.36	-0.4	-6.34	-1.15	-0.1
3	-1.00	1.00	-1.00	80.7	86.7	72.6	80.71	.01	-5.99	8.11	0	1.28
4	-1.00	1.00	1.00	91.7	88.4	84.9	87.46	-4.24	-.94	2.56	-.91	-1.2
5	1.00	-1.00	-1.00	55.2	51.3	52.2	52.22	-2.98	.32	.02	54	2
6	1.00	-1.00	1.00	69.6	73.9	72.2	68.92	.68	-4.98	-3.28	15	-1.07
7	1.00	1.00	-1.00	62.1	56.8	61.9	59.05	-3.05	2.25	-2.85	66	48
8	1.00	1.00	1.00	68.4	70.8	64.1	65.8	-2.5	-.5	1.7	56	-1.08
9	0.00	0.00	0.00	78.8	76.1	66.7	73.42	-5.38	-2.68	6.72	-1.16	-5.88
10	0.00	0.00	0.00	74.9	72.1	73.4	73.42	-1.48	1.32	.02	39	36
11	0.00	0.00	0.00	73.2	74.6	72.4	73.42	.22	-1.18	1.02	05	25
12	-1.68	0.00	0.00	115.1	102.7	104.6	107.02	-8.08	4.32	2.42	-1.74	33
13	1.68	0.00	0.00	77.8	76.5	72.8	78.84	1.04	2.34	6.04	22	5
14	0.00	-1.68	0.00	18.6	22.4	15.6	20.5	1.9	-1.9	4.9	41	-41
15	0.00	1.68	0.00	27.9	43.2	21.3	31.87	3.97	-11.33	10.57	86	-2.44
16	0.00	0.00	-1.68	84.2	81.1	78.6	81.26	-2.94	.16	2.66	63	03
17	0.00	0.00	1.68	96.3	95.5	102.9	100.97	4.67	5.47	-1.93	1.01	1.18

L'interprétation est la même que dans le cas des plans complets.

## Prévision d'une réponse



En modifiant la position des curseurs, on peut prévoir une réponse pour une configuration quelconque des facteurs.