

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Type : **L8(7 fact * 2 niv)**

Nb essais (NE) : 8

Nb facteurs (NFc) 7

Nb interactions (Nint)

Essai N°	1	2	3	4	5	6	7
	Facteurs contrôlés						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

*Cours Plans
d'expériences :
les plans produits*

Cours plan d'expérience sur les plans produits

But des plans produit

Dans les plans d'expériences décrits jusqu'ici nous avons pris en compte, de façon générale et indéterminée, l'environnement bruit naturel, inhérent au fonctionnement ou à l'utilisation de tous systèmes.

Il est parfois utile d'identifier certains facteurs bruits particuliers et de tester leur impact sur le système étudié.

Pour cela il est nécessaire de pouvoir les simuler durant l'expérimentation

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Exemple de plan produit

Un moteur à explosion

démarre bien à basse température et à haute altitude

mais présente des phénomènes de saturation du mélange gazeux par temps très chaud au niveau de la mer.

Les techniciens des études veulent rechercher la combinaison des niveaux de facteurs qui permettra au véhicule de démarrer avec la même facilité dans toutes les conditions.

Pour réaliser l'expérimentation, ils placeront le moteur dans un caisson dont la pressurisation pourra être réglée aux deux valeurs extrêmes à tester

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Les facteurs bruit dans un plan produit

Il ne s'agit pas de déterminer quels sont les bruits les meilleurs !
mais de fixer les niveaux des facteurs contrôlés de sorte que
le produit ou le processus soit le moins sensible possible à ces bruits.

Pour étudier la sensibilité d'un système à des facteurs bruits bien spécifiés,
une configuration particulière des plans d'expériences est nécessaire :
les plans produits.

Dans les plans produits on fait figurer à la fois :

- les facteurs contrôlés, c'est-à-dire ceux qui *pilotent* le système,
- les facteurs bruits, c'est-à-dire ceux que *subit* le système.

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Organisation des facteurs

Pour traiter ce problème on utilise deux matrices d'expériences :

- une matrice dite *interne*, à laquelle sont affectés les *facteurs contrôlés*,
- une matrice dite *externe*, à laquelle sont affectés les *facteurs bruits*.

La matrice externe est croisée à 90° avec la matrice interne.

Elle a pour but de répéter chacun des essais du plan principal, pour chaque *configuration de bruits* qu'elle définit.

Les réponses sont ainsi obtenues pour toutes les combinaisons des 2 matrices.

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Organisation des facteurs

Plan interne								Plan externe				Facteurs bruits		
N°essai	Facteurs contrôlés							N° répétition de l'essai				O	M	N
	A	B	C	D	E	F	G	a	b	c	d			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2			
2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2			
3	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1			
4	1	2	2	2	2	1	1							
5	2	1	2	1	2	1	2							
6	2	1	2	2	1	2	1							
7	2	2	1	1	2	2	1							
8	2	2	1	2	1	1	2							

Résultats des répétitions de l'essai n° 4 du plan principal

Moyenne des valeurs mesurées pour l'ensemble des résultats de l'essai n° 4

S/N(dB) pour l'ensemble des résultats de l'essai n° 4

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Dépouillement et exploitation des résultats des plans produits

Rappelons encore qu'un plan produit n'a pas pour objet de déterminer quels sont les bruits les plus favorables, mais de fixer les niveaux des facteurs contrôlés, pour que le produit ou le processus soit le moins sensible à ces bruits.

Le dépouillement et l'exploitation des résultats des plans produits s'effectuent exactement comme indiqué dans la figure précédente : la moyenne et le ratio Signal/Bruit relatifs à chacun des essais du plan interne (celui des facteurs contrôlés), sont calculés avec l'ensemble des mesures effectuées.

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Exemple de dépouillement

Pour le plan ci-dessous on a réalisé le plan pour 2 niveaux du facteur bruit X.

Calculer la meilleure configuration pour obtenir 30 μm avec la dispersion minimale (la caractéristique est à cibler). On réalise 7 répétitions par essai.

Est-ce que le réglage moyen est capable ($T_i = 28\mu\text{m}$ et $T_s = 32\mu\text{m}$) ?

L8									Niv 1 Bruit X		Niv 2 Bruit X		Total Bruit X	
		A	B	C	D	E	F	G	Valeur en μm	S/N en dB	Valeur en μm	S/N en dB	Valeur en μm	S/N en dB
1		1	1	1	1	1	1	1	30	38	31	36,0	30,5	33,2
2		1	1	1	2	2	2	2	22	31	20	38,0	21	25,4
3		1	2	2	1	1	2	2	27	36	26	34,0	26,5	31,7
4		1	2	2	2	2	1	1	26	34	24	34,0	25	26,8
5		2	1	2	1	2	1	2	36	30	39	39,0	37,5	26,6
6		2	1	2	2	1	2	1	32	37	34	37,0	33	29,3
7		2	2	1	1	2	2	1	33	36	34	35,0	33,5	33,0
8		2	2	1	2	1	1	2	34	34	36	36,0	35	29,3
									30	34,5	30,5	36,1	30,25	29,4

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Corrigé exercice

L8

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Moyenne							
Niv 1	-3,75	0	-0,25	1,5	0,75	1,5	0,25
Niv 2	3,75	0	0,25	-1,5	-0,75	-1,5	-0,25
S/N	Niv 1 Bruit A						
Niv 1	0,25	-0,50	0,25	0,50	1,75	-0,50	1,75
Niv 2	-0,25	0,50	-0,25	-0,50	-1,75	0,50	-1,75

Moyenne							
Niv 1	-5,25	0,5	-0,25	2	1,25	2	0,25
Niv 2	5,25	-0,5	0,25	-2	-1,25	-2	-0,25
S/N	Niv 2 Bruit A						
Niv 1	-0,62	1,37	0,12	-0,12	-0,37	0,12	-0,62
Niv 2	0,62	-1,37	-0,12	0,12	0,37	-0,12	0,62

Moyenne							
Niv 1	-4,50	0,25	-0,25	1,75	1,00	1,75	0,25
Niv 2	4,50	-0,25	0,25	-1,75	-1,00	-1,75	-0,25
S/N	Total Bruit A						
Niv 1	-0,14	-0,79	0,81	1,70	1,47	-0,44	1,17
Niv 2	0,14	0,79	-0,81	-1,70	-1,47	0,44	-1,17

Niv 1 Bruit X		Niv 2 Bruit X		Total Bruit X	
Valeur	S/N	Valeur	S/N	Valeur	S/N
en μm	en dB	en μm	en dB	en μm	en dB
30	38	31	36,0	30,5	33,2
22	31	20	38,0	21	25,4
27	36	26	34,0	26,5	31,7
26	34	24	34,0	25	26,8
36	30	39	39,0	37,5	26,6
32	37	34	37,0	33	29,3
33	36	34	35,0	33,5	33,0
34	34	36	36,0	35	29,3

30	34,5	30,5	36,1	30,25	29,4
----	------	------	------	-------	------

pour opt S/N 27,00

Opt S/N 39,98

A1 - B2 - C1 - D1 - E1 - F2

pour opt S/N 34,50

Opt S/N 39,48

A2 - B1 - C1 - D2 - E2 - F1

pour opt S/N 35,50

Opt S/N 35,92

A2 - B2 - C1 - D1 - E1 - F2

30,0	0,34
Cible	Ec-type
S/N	A1 - B2 - C1 - D1 - E1 - F1 - G1
39,0	

30,5	0,33
Cible	Ec-type
S/N	A2 - B1 - C1 - D2 - E2 - F2 - G2
39,23	

30,0	0,55
Cible	Ec-type
S/N	A1 - B2 - C1 - D1 - E1 - F1 - G1
34,77	

Ti	Ts
28	32
Cp = 1,98	

Cp = 2,00

Cp = 1,22

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Stratégie du choix des facteurs bruits

Avec un grand nombre de facteurs bruits, une expérimentation peut devenir très onéreuse.

Si l'on choisit soigneusement les facteurs bruits, on peut rester dans des limites raisonnables :

- Il est possible de combiner les conditions extrêmes de bruits (les pires possibles par rapport aux meilleurs possibles), pour se limiter à 2 ou 3 niveaux de facteurs bruits « composites ».
- Il faut ne retenir que les bruits les plus importants.

L'expérience montre que si la conception d'un produit ou d'un processus est robuste par rapport à un bruit important, il y a beaucoup de chances pour qu'elle le soit également par rapport aux autres.

Cours plan d'expérience sur les plans produits

Conclusion sur les plans produit

- Ne mettre en place que si :
 - le facteur bruit varie de façon importante,
 - l'optimisation classique n'est pas performante face à ces variations,
 - on peut maîtriser exceptionnellement les facteurs bruit à tester,
- Minimiser le nombre de facteurs bruit et le nombre de leurs niveaux (les extrêmes sont suffisants).
- Combiner les facteurs bruit (2 ou 3) en facteurs composites avec les combinaisons les plus défavorables.
- Si l'optimisation n'est pas performante → une combinatoire de réglages par plage de variation des facteurs bruit → asservie à la mesure de ces facteurs bruit.