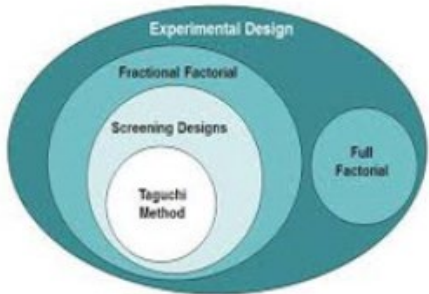


Available Factorial Designs (with Resolution)

Run	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	IV	III												
8	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
16	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
32	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
64	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
128	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV

Available Resolution III Flockett-Burman Designs

Factors	Runs	Factors	Runs	Factors	Runs
2-7	12, 20, 24, 28, ..., 48	20-23	24, 28, 32, 36, ..., 48	36-39	40, 44, 48
8-11	12, 20, 24, 28, ..., 48	24-27	28, 32, 36, 40, 44, 48	40-43	44, 48
12-15	20, 24, 28, 36, ..., 48	28-31	32, 36, 40, 44, 48	44-47	48
16-19	20, 24, 28, 32, ..., 48	32-35	36, 40, 44, 48		



Chapitre 3
PLANIFICATION
et
ANALYSE
D'EXPÉRIENCES



 **Nuclear Instruments and Methods in Physics**
Research Section A: Accelerators, Spectrometers,
Detectors and Associated Equipment 

Available online 26 November 2022, 167873
In Press, Journal Pre-proof

Toward artificial-intelligence assisted design of experiments

Tommaso Dorigo , MODE Collaboration

Chapitre 3

Expériences multifactorielles

- **PLANS FACTORIELS COMPLETS**
- **PLANS FACTORIELS 2^k**
- **PLANS FRACTIONNAIRES 2^{k-p}**
- **AUTRES PLANS**
- **UTILISATION de *STATISTICA***

OBJECTIF

**explorer les différents types de plans
les plus utiles pour les applications**

EXPÉRIMENTATION : étapes du processus

ÉTAPES

**P: planifi -
cation**

- 1 Définir **PROCESSUS** / problématique / objectifs
- 2 Choisir les variables de **RÉPONSE (S) Y** à mesurer
- 3 Choisir les **VARIABLES** facteurs **X** et l'espace de variation

D: exécution

- 4 Choisir et comparer des **PLANS EXPÉRIMENTAUX**
- 5 **PRÉPARER** pour l'expérience
- 6 **CONDUIRE** l'expérience

quel plan ? chapitre 3

S: analyse

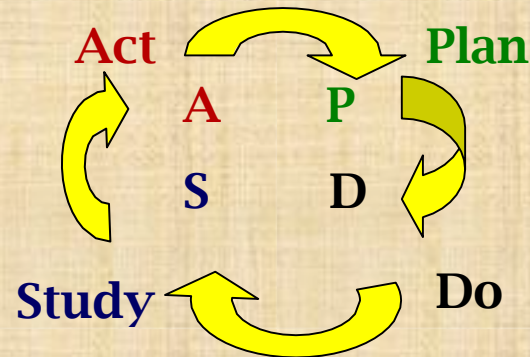
- 7 **ANALYSE** statistique des résultats

comment ? chapitre 4

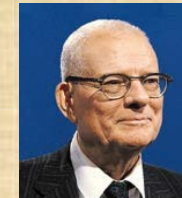
A: transfert

- 8 **AGIR** avec les conclusions de l'analyse

roue PDSA
Shewhart - Deming



W. Shewhart
1891-1967



W. E Deming
1900-1993

EXPÉRIMENTATION : stratégies

BONNE

1. Manipuler plusieurs facteurs simultanément durant les essais.
2. Varier plusieurs facteurs d'un essai à l'autre.
3. Varier chaque facteur avec un petit nombre de modalités (valeurs) :
 - 2 modalités: tamisage (« screening »)
 - 3 à 5 modalités: modélisation et l'optimisation

remarque: cette dernière recommandation ne s'applique pas pour les expériences sur ordinateur (simulation et codes numériques)

MAUVAISE (OFAT : One Factor At a Time)

VUFAF : Varier Un Facteur À la Fois

EXPÉRIMENTATION : applications

domaine applications	sciences agronomie, biologie biotechnologie pharmacie médecine, psychologie, etc.	sciences / technologie physiques, ingénierie procédés industriels design produits etc.
unités expérimentales	humains, animaux, etc. variable	matériau, matière première, constant \approx homogène
nombre facteurs	peu : 2, 3, 4, 5	nombreux : 2, ... 15, ... plus
structure traitements	relativement simple	croisé / emboîté / hybride
objectifs	comparer traitements	tamiser / contrôler / optimiser processus
méthode assignation = protocole expérimental	complètement aléatoire blocs randomisés blocs incomplets etc.	- complètement aléatoire (CRD) - blocs randomisés (RCBD) - parcelles divisées etc.
plans	factoriel complet blocs blocs incomplets	- factoriel complet / fractionnaire 2^{k-p} - central composite, Box-Behnken - mélanges, etc

PLANS EXPÉRIMENTAUX

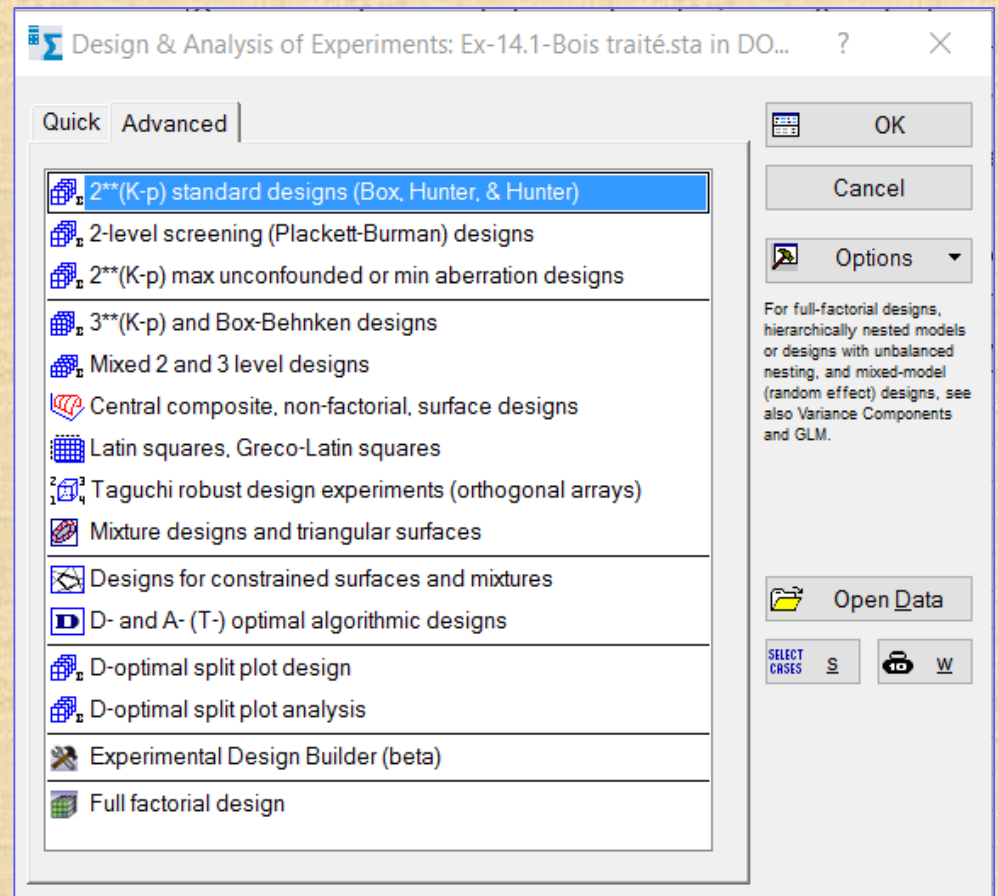
Plans factoriels complets

- Plans complets 2^k
- Plans fractionnaires 2^{k-p}
- Plackett-Burman
- Plans 3^{k-p} et Box-Behnken
- Plans hybrides $2^k 3^l$
- Central composite (Box-Wilson)
- Plans en blocs
- Carrés latins, Gréco-latins
- Arrangements Taguchi
- Plans pour mélanges («mixture»)
- Plans avec contraintes sur facteurs
- Plans optimaux algorithmiques

Blocs incomplets équilibrés

- Parcelles divisées («Split Plot»)
- Facteurs emboîtés («nested»)

disponibles avec STATISTICA
Statistics ... Industrial Statistics & Six Sigma
... Experimental Design (DOE)



PLANS factoriel complet - exemple plan 2¹³4¹

Facteurs (modalités) et réponse Y

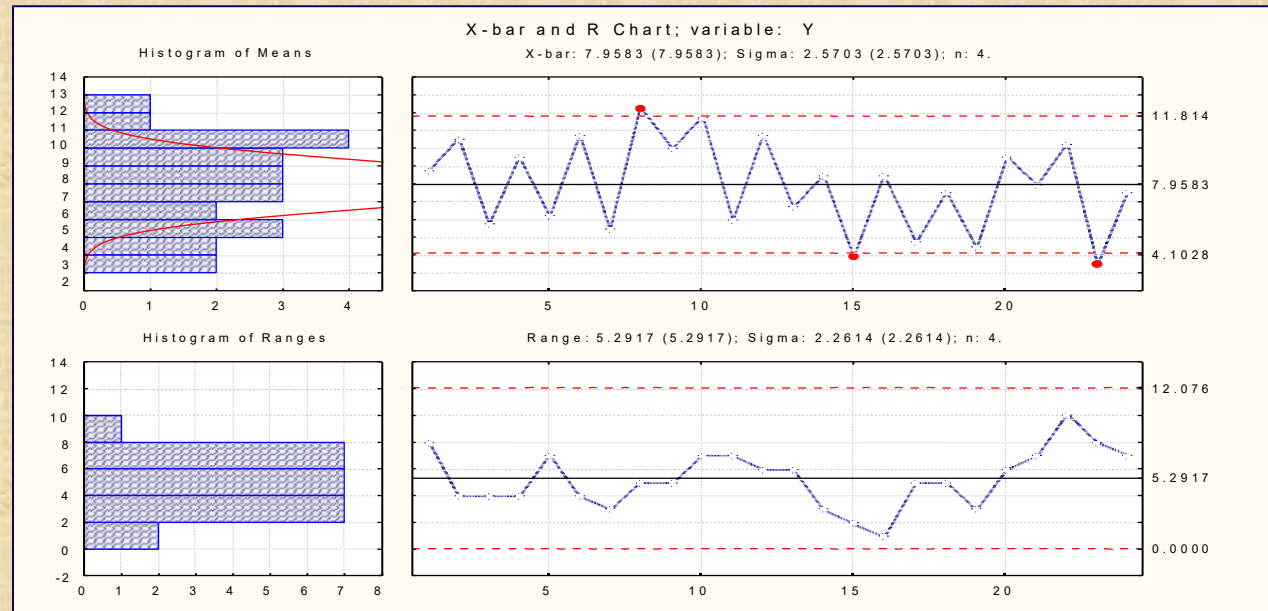
A : température (s , t) B : période (1 , 2 , 3) C : machine (a , b , c , d)
 Y : longueur de pièce (valeurs codées = y_réelles*100 + min) n = 4 pièces

gr	ABC	Y			
1	s1a	10	13	5	7
2	s1b	11	13	9	9
3	s1c	6	5	4	8
4	s1d	10	10	11	7
5	s2a	7	10	5	3
6	s2b	11	12	8	12
7	s2c	6	7	5	4
8	s2d	13	11	15	10

gr	ABC	Y			
9	s3a	10	8	13	9
10	s3b	10	15	14	8
11	s3c	6	3	10	5
12	s3d	12	9	8	14
13	t1a	5	10	4	8
14	t1b	8	9	7	10
15	t1c	4	3	4	5
16	t1d	8	9	9	8

gr	ABC	Y			
17	t2a	5	7	5	2
18	t2b	8	10	5	7
19	t2c	4	6	3	5
20	t2d	10	8	13	7
21	t3a	7	4	10	11
22	t3b	11	12	14	4
23	t3c	4	2	8	0
24	t3d	7	8	11	4

carte de
 contrôle (SPC)
 (de comportement)
 (de Shewhart)
 Ybar (moyenne)
 &
 R (étendue)



[https://cours.polymtl.ca/mth6301/WEB-mth8301/Clement-Controle Statistique Processus.pdf](https://cours.polymtl.ca/mth6301/WEB-mth8301/Clement-Controle%20Statistique%20Processus.pdf)

PLAN 2³ : 8 ESSAIS

3 facteurs variant à 2 modalités

matrice 8 essais								
	facteur			effets				réponse
colonne	1	2	3	4	5	6	7	
essai	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y
1	-	-	-	+	+	+	-	y1
2	+	-	-	-	-	+	+	y2
3	-	+	-	-	+	-	+	y3
4	+	+	-	+	-	-	-	y4
5	-	-	+	+	-	-	+	y5
6	+	-	+	-	+	-	-	y6
7	-	+	+	-	-	+	-	y7
8	+	+	+	+	+	+	+	y8

- PROPRIÉTÉS**
- facteurs variant à 2 modalités
- : modalité 1 + : modalité 2
 - chaque colonne : 4 + et 4 -
 - équilibre : les 4 paires
(+, +) (+, -) (-, +) (-, -)
sont présentes dans 2
colonnes quelconques
 - possibilité d'exploiter la
matrice avec
4 / 5 / 6 / 7 facteurs

plan factoriel
complet 2³ :
8 traitements

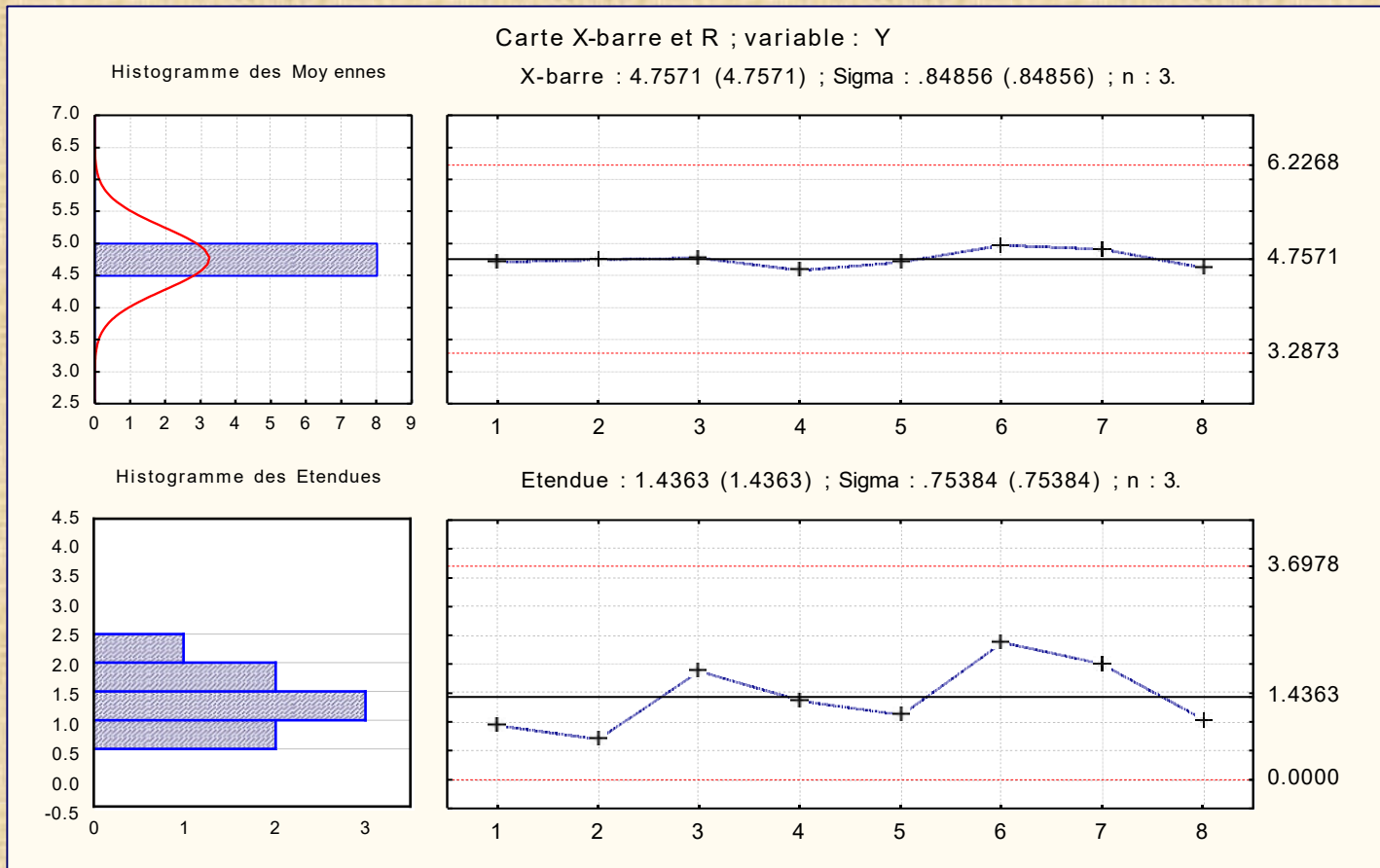
colonnes des
effets d'interactions

Exemple plan 2³ - métallurgie

facteur	modalités	
	-	+
A	2	5
B	5	20
C	h	m

essai	A	B	C	Y	n = 3		essai	A	B	C	Y	n = 3	
1	-1	-1	-1	4.20	5.15	4.78	5	1	-1	-1	4.49	5.38	4.26
2	-1	-1	1	4.62	4.47	5.20	6	1	-1	1	3.81	4.94	6.20
3	-1	1	-1	4.52	3.97	5.86	7	1	1	-1	3.89	4.94	5.88
4	-1	1	1	4.10	5.49	4.15	8	1	1	1	5.15	4.12	4.60

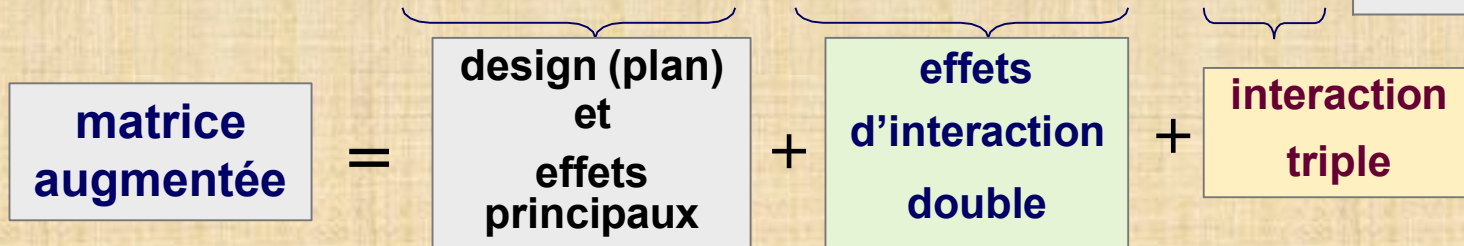
carte de Shewhart Ybar et R



PLAN DE 8 ESSAIS 2^3 : matrice des effets

- → -1
+ → 1

essai	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	Y1
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	Y2
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	Y3
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	Y4
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	Y5
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	Y6
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	Y7
8	1	1	1	1	1	1	1	Y8



matrice augmentée: matrice (modèle) pour l'analyse statistique

PLAN DE 8 ESSAIS 2^3 : matrice augmentée

- colonnes AB, AC, BC, et ABC sont obtenues par multiplication – exemple $AB = A \times B$
- engendre un maximum de 7 comparaisons appelés **CONTRASTES C**

$$C = \sum c_i Y_i \quad \text{où} \quad \sum c_i = 0 \quad \text{et} \quad c_i = \pm 1$$

- les contrastes sont **orthogonaux** : séparation des effets

$$j \neq j' \quad \sum c_{ij} c_{ij'} = 0$$

- les contrastes transforment la réponse Y pour obtenir
 - les effets principaux de **A - B - C**
 - les effets d'interaction double **AB - AC - BC**
 - l'effet d'interaction triple **ABC**
- possibilité d'employer la matrice avec
4 / 5 / 6 / 7 facteurs : plans fractionnaires 2^{k-p}

PLAN 2⁴ : 16 ESSAIS

4 facteurs variant à 2 modalités

<u>matrice de design</u>					<u>iden.</u>	<u>Réponse</u>
colonne	1	2	3	4		
essai	A	B	C	D	<u>id</u>	<u>Y</u>
1	-	-	-	-	(1)	y1
2	+	-	-	-	a	y2
3	-	+	-	-	b	y3
4	+	+	-	-	ab	y4
5	-	-	+	-	c	y5
6	+	-	+	-	ac	y6
7	-	+	+	-	bc	y7
8	+	+	+	-	abc	y8
9	-	-	-	+	d	y9
10	+	-	-	+	ad	y10
11	-	+	-	+	bd	y11
12	+	+	-	+	abd	y12
13	-	-	+	+	cd	y13
14	+	-	+	+	acd	y14
15	-	+	+	+	bcd	y15
16	+	+	+	+	abcd	y16

- : modalité 1

+ : modalité 2

chaque ligne
représente un traitement

identification

présence d'une
lettre minuscule
implique que le
facteur prend la
modalité +

ordre standard Yates

colonne 1 (A)
alternance des
signes - et +

colonne 2 (B)
alternance - - + +
etc

Exemple plan 2⁴ - chimie

Taux filtration produit chimique – vaisseau pressurisé

Montgomery 7th ed. p. 231

objectif : maximiser Y et opérer avec C min si possible

A : temp (deg C) : 24 et 35

B: pression (psig) : 10 et 15

C: concentration formaldéhyde (%) : 2 et 4

D : taux rotation (rpm) : 15 et 30

Y : taux de filtration (g/h)

n = 1 pas de répétition

id	A	B	C	D	Y
1	24	10	2	15	45
2	35	10	2	15	71
3	24	15	2	15	48
4	35	15	2	15	65
5	24	10	4	15	68
6	35	10	4	15	60
7	24	15	4	15	80
8	35	15	4	15	65
9	24	10	2	30	43
10	35	10	2	30	
100					
11	24	15	2	30	45
12	35	15	2	30	75
104	35	10	4	30	86
15	24	15	4	30	70
16	35	15	4	30	96

Exemple plan 2⁴ - métallurgie

répétition Y1 Y2 n = 2

Response Surface Methodology
 R. Myers, D.C. Montgomery p 127
 Y : longueur de fissures (mm)
 pièces alliage nickel-titanium

	<u>modalités</u> <u>codage</u>	
A : temperature	-1	1
B : contenu titanium	-1	1
C : traitement chaleur	-1	1
D: quantité raffineur	-1	1

<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>Y1</u>	<u>Y2</u>
-1	-1	-1	-1	1.71	1.91
1	-1	-1	-1	1.42	1.48
-1	1	-1	-1	1.35	1.53
1	1	-1	-1	1.67	1.55
-1	-1	1	-1	1.23	1.38
1	-1	1	-1	1.25	1.26
-1	1	1	-1	1.46	1.42
1	1	1	-1	1.29	1.27
-1	-1	-1	1	2.04	2.19
1	-1	-1	1	1.86	1.85
-1	1	-1	1	1.79	1.95
1	1	-1	1	1.42	1.59
-1	-1	1	1	1.81	1.92
1	-1	1	1	1.34	1.29
-1	1	1	1	1.46	1.53
1	1	1	1	1.38	1.35

PLAN DE 16 ESSAIS 2^4 : matrice pour l'analyse

#	gen	plan				interactions doubles						interactions triples				Y		
		A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD		ABCD	
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	y1	
2	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	y2
3	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	y3	
4	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	y4	
5	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	y5	
6	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	y6	
7	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	y7	
8	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	y8	
9	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	y9	
10	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	y10	
11	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	y11	
12	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	y12	
13	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	y13	
14	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	y14	
15	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	y15	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	y16	

PLAN DE 16 ESSAIS 2⁴ : matrice augmentée

- colonnes AB, AC, BC, ABC,... sont obtenues par multiplication – AB = A x B, ... BCD = B x C x D

- engendre un maximum de 15 comparaisons appelés **CONTRASTES**

$$C = \sum c_i Y_i \quad \text{où} \quad \sum c_i = 0 \quad c_i = \pm 1$$

- les contrastes sont orthogonaux : produit de 2 colonnes = 0
séparation complète des effets principaux et d'interaction
- les contrastes transforment la réponse Y pour obtenir
 - les 4 effet principaux : A - B - C - D
 - les 6 effets d'interactions doubles : AB - AC - AD – BC – BD - CD
 - les 4 effets d'interaction triples : ABC – ABD – ACD - BCD
 - l'interaction quadruple ABCD
- possibilité d'employer la matrice avec
5 – 6 – 7 – ... – 14 – 15 facteurs : plans fractionnaires 2^{k-p}

PLAN DE 32 ESSAIS 2⁵

matrice
augmentée

Plans 2^k

k = 2-3-4-5

facteurs et

tous leurs

effets

effet
général

	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵
	moyenne x ₁ x ₂ x ₁ x ₂	x ₃ x ₁ x ₃ x ₂ x ₃ x ₁ x ₂ x ₃	x ₄ x ₁ x ₄ x ₂ x ₄ x ₁ x ₂ x ₄	x ₅ x ₁ x ₅ x ₂ x ₅ x ₁ x ₂ x ₅
1	+	-	-	-
2	+	-	-	+
3	+	-	+	+
4	+	-	+	-
5	+	+	-	-
6	+	+	-	+
7	+	+	+	+
8	+	+	+	-
9	+	-	+	-
10	+	-	+	+
11	+	-	-	+
12	+	-	-	-
13	+	+	+	-
14	+	+	+	+
15	+	+	-	+
16	+	+	-	-
17	+	-	+	+
18	+	-	+	-
19	+	-	-	+
20	+	-	-	-
21	+	+	-	+
22	+	+	-	-
23	+	+	+	+
24	+	+	+	-
25	+	-	+	-
26	+	-	+	+
27	+	-	-	+
28	+	-	-	-
29	+	+	+	+
30	+	+	+	-
31	+	+	+	-
32	+	+	+	+

PLANS 8 et 16 ESSAIS : commentaires

- **parmi les plus utiles et les plus utilisés dans les applications**
- **Plan 8 essais - 2^3** - plan complet pour 3 facteurs
 - peut accommoder 4 facteurs - plan fractionnaire 2^{4-1}
 - peut accommoder 5 / 6 / 7 facteurs **mais pas recommandé**
- **Plan 16 essais - 2^4** - plan complet pour 4 facteurs
 - peut accommoder 5 / 6 / 7 / 8 facteurs - plans fractionnaires
 - **peut accommoder 9 à 15 facteurs** **mais pas recommandé**

nombre facteurs (k)	3	4	5	6	7	...	10	...	15
plan complet	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	...	2^{10}	...	2^{15}
nombre essais	8	16	32	64	128	...	1024	...	32768

plans complets exigent trop d'essais si le nombre de facteurs dépasse 5

comment réduire le nombre d'essais?

méthode : plans fractionnaires **comment?**

CONCEPTION D'UN PLAN FRACTIONNAIRE 2^{k-p}

k facteurs en 2^{k-p} essais = fraction $(1/2^p)$ d'un plan complet 2^k

Méthode: ajout de facteurs en les confondant avec des effets d'interaction d'ordre élevé

Exemple 1 plan 2^{4-1} 4 facteurs en 8 essais

- plan factoriel complet de 4 facteurs à 2 modalités 2^4 demande 16 essais
- départ : plan complet 8 essais 2^3 conçu pour 3 facteurs A, B, C
- ajout 4^{ième} facteur D en générant ses valeurs avec l'interaction triple ABC
 $D = ABC$ (générateur - relation de définition)

Conséquences - voir transparent suivant - algèbre effets confondus

- l'effet principal de D est **confondu** avec l'interaction triple ABC
- autres effets confondus

$$A = BCD, B = ACD, C = ABD, AB = CD, AC = BD, BC = AD$$

- **économie des essais : 8 au lieu de 16**

PLANS FRACTIONNAIRES : algèbre des effets confondus

Exemple 1 plan 2^{4-1} 4 facteurs en 8 essais $D = ABC$

$$BCD = BC (ABC) = A B^2 C^2 = A \quad \text{car } B^2 = C^2 = I = \text{identité}$$

$$B = ACD \quad C = ABD \quad A = BCD \quad ABCD = I$$

$$AB = CD$$

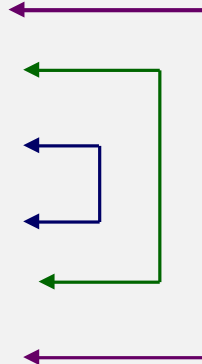
$$AC = BD$$

$$AD = BC$$

$$BC = AD$$

$$BD = AC$$

$$CD = AB$$



tous ces résultats
viennent de l'équation
 $D = ABC$
déplacer les lettres de
part
et d'autre de l'égalité

$ABCD = I$
niveau résolution = IV
produit 4 lettres = identité

Exemple 2 plan 2^{5-2} 5 facteurs en 8 essais

- plan factoriel complet de 5 facteurs à 2 modalités 2^5 a 32 essais
- départ : plan 8 essais 2^3 conçus pour 3 facteurs A, B, C
- ajout 4^{ième} facteur D avec $D = AB$ (générateur 1)
- ajout 5^{ième} facteur E avec $E = AC$ (générateur 2)

- conséquences

- > effets principaux confondus avec des interactions doubles
 $A = BD$, $B = AD$, $C = AE$, $D = AB$, $E = AC$

> autres effets confondus
 $ABE = BC$,

- économie des essais ... **mais pas recommandable**

$ABD = I$
niveau résolution = III
produit 3 lettres = identité

Exemple 3: 5 facteurs en 16 essais - plan 2^{5-1}

- départ : plan complet 2^4 pour 4 facteurs A, B, C, D = 16 essais
- ajout 5ième facteur E en confondant ses valeurs avec l'interaction quadruple $E = ABCD$

effets confondus

$$A = BCDE$$

$$B = ACDE$$

$$C = ABDE$$

$$D = ABCE$$

$$AB = CDE$$

$$AC = BDE$$

$$AD = BCE$$

$$AE = BCD$$

$$BC = ADE$$

$$BD = ACE$$

$$BE = ACD$$

$$CD = ABE$$

$$CE = ABD$$

$$DE = ABC$$

- économie des essais : 16 au lieu de 32

$$ABCDE = I$$

niveau résolution = V

produit 5 lettres = identité

Exemple 4 : 6 facteurs en 16 essais - plan 2^{6-2}

choix 1 : $E = ABCD$ et $F = BCD$

- départ : plan complet 2^4 pour 4 facteurs A, B, C, D = 16 essais
- ajout 5ième facteur E : $E = ABCD$
- ajout 6ième facteur F : $F = BCD$

effets confondus

A = BCDE	B = ACDE	C = ABDE	D = ABCE
AB = CDE	AC = BDE	AD = BCE	AE = BCD
BC = ADE	BD = ACE	BE = ACD	
CD = ABE	CE = ABD	DE = ABC	EF = A

- pas un bon choix car effet principal de A confondu avec effet d'interaction EF

- existe meilleur choix pour définir E et F : page suivante

AEF = I niveau résolution = III
produit 3 lettres = identité

Exemple 4 : 6 facteurs en 16 essais - plan 2^{6-2}

choix 1 : E = ABCD et F = BCD (page 22)

choix 2 : E = ABC et F = BCD

- départ : plan complet 2^4 pour 4 facteurs A, B, C, D = 16 essais
- ajout 5ième facteur E : E = ABC
- ajout 6ième facteur F : F = BCD

effets confondus

$$B = ACE = CDF \quad C = ABE = BDF \quad D = BCF$$

A - B - C - D : 6 interactions doubles AB AC AD BC BD CD

$$AE = A(ABC) = A^2BC = BC \quad AF = A(BCD) = ABCD$$

$$BE = B(ABC) = AB^2C = AC \quad BF = B(BCD) = B^2CD = CD$$

$$CE = AB \quad CF = BD \quad DE = ABCD \quad DF = BC \quad EF = AD$$

- choix 2 préférable à choix 1 car $BCDF = BCD(BCD) = B^2C^2D^2 = I$
produit 4 lettres = I = identité niveau résolution = IV

mot le plus petit parmi les 6 lettres A B C D E F donnant l'identité I

critère pour avoir «bon» plan fractionnaire?

réponse: concept *niveau de résolution d'un plan*

Niveau de résolution d'un plan fractionnaire

Niveau interprétation

III. effets principaux confondus avec des interactions doubles

**IV. effets principaux non confondus avec des interactions doubles
effets d'interactions doubles confondus avec d'autres interactions**

**V séparation complète de toutes les interactions doubles
et des effets principaux**

V+ séparation de tous les effets

Recommandation

- **niveau IV : pour tamiser les facteurs**
- **niveau V ou V+ : pour modéliser avec les facteurs importants**
- **niveau III : seulement si les interactions sont négligeables**

signification du chiffre III IV V V+

longueur du mot le plus court donnant l'identité I

voir exemples 1 – 2 – 3 - 4

PLAN 2^k : nombre de facteurs VS nombre d'essais

nombre d'essais	nombre de facteurs													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	Complet 2	III 1												
8		Complet 4	IV 4	III 2	III 2	III 1								
16			Complet 8	V 8	IV 8	IV 8	IV 8	III 4	III 4	III 4	III 4	III 2	III 2	III 1
32				Complet 16	VI 16	IV 8	IV 8	IV 8	IV 8	IV 8	IV 8	IV 8	IV 8	IV 8
64					Complet 32	VII 16	V 16	IV 16	IV 16	IV 16	IV 16	IV 16	IV 16	IV 16
128						Complet 64	VIII 32	VI 16	V 16	V 16	IV 16	IV 16	IV 16	IV 16
résolution					nombre maximal de blocs possibles									

RECOMMANDATION

nombre essais pour plan fractionnaire 2^{k-p}

<u># facteurs k</u>	<u># d'essais</u>	<u>résolution</u>	<u>remarque</u>
2	4	V+	
3	8	IV	
4	8	IV	
5	16	V	
6-7	16	IV	A
8	16	IV	
9 à 15	32	IV	B
16	32	IV	
17 à 31	64	IV	C
≥ 32		D

remarque on peut réaliser les essais en 2 séries

A : 8 essais plan base + 8 essais plan réfléchi

B : 16 essais plan base + 16 essais plan réfléchi

C : 32 essais plan base + 32 essais plan réfléchi

D : êtes vous certain de vouloir entreprendre un tel projet?

DÉFINITION PLANS FRACTIONNAIRES : 3 à 11 facteurs

FACTEURS	FRACT.	ESSAIS	NIVEAU	GÉNÉRATEURS	facteur 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
					lettre	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	
3	1/2	4	III	C = ± AB																		
4	1/2	8	IV	D = ± ABC																		
5	1/2	16	V	E = ± ABCD																		
6	1/4	8	III	D = ± AB E = ± AC																		
6	1/2	32	VI	F = ± ABCDE																		
6	1/4	16	IV	E = ± ABC F = ± BCD																		
7	1/8	8	III	D = ± AB E = ± AC F = ± BC																		
7	1/2	64	VII	G = ± ABCDEF																		
7	1/4	32	IV	F = ± ABCD G = ± ABDE																		
7	1/8	16	IV	E = ± ABC F = ± BCD G = ± ABC																		
8	1/16	8	III	D = ± AB E = ± AC F = ± BC G = ± ACD																		
8	1/2	128	VIII	H = ± ABCDEFG																		
8	1/4	64	V	G = ± ABCD H = ± ABEF																		
8	1/8	32	IV	F = ± ABC G = ± ABD H = ± BCDE																		
8	1/16	16	IV	E = ± BCD F = ± ACD G = ± ABC H = ± ABD																		

FACT.	FRACT.	ESSAIS	NIVEAU	GÉNÉRATEURS
9	1/4	128	VI	H = ± ACDFG J = ± BCEFG
9	1/8	64	V	G = ± ABCD H = ± ACEF J = ± CDEF
9	1/16	32	IV	F = ± BCDE G = ± ACDE H = ± BCDE J = ± ABCE
9	1/32	16	IV	E = ± ABC F = ± BCD G = ± ACD H = ± ABD J = ± ABCD
10	1/8	128	V	H = ± ABCG J = ± ACDE K = ± ACDF
10	1/16	64	IV	G = ± BCDF H = ± ACDF J = ± ABDE K = ± ABCE
10	1/32	32	IV	F = ± ABCD G = ± ABCE H = ± ABDE J = ± ACDE K = ± BCDE
10	1/64	16	III	E = ± ABC F = ± BCD G = ± ACD H = ± ABD J = ± ABCD K = ± AB H = ± ABD J = ± ABCD K = ± AB
11	1/32	64	IV	G = ± CDE H = ± ABCD J = ± ABF K = ± BDEF L = ± ADEF
11	1/64	32	IV	F = ± ABC G = ± BCD H = ± CDE J = ± ACD K = ± ADE L = ± BDE
11				J = ± ACD K = ± ADE L = ± BDE

PLANS FRACTIONNAIRES : 32 essais – 6 à 16 facteurs

Wu & Hamada p. 195

facteur	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lettre	A	B	C	D	E	F	G	H	J

facteur	10	11	12	13	14	15	16
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
lettre	K	L	M	N	O	P	Q

k	F & R	Design Generators	Clear Effects
6	2^{6-1}_{IV}	6 = 12345	all six main effects, all 15 2fi's
7	2^{7-2}_{IV}	6 = 123, 7 = 1245	all seven main effects, 14, 15, 17, 24, 25, 27, 34, 35, 37, 45, 46, 47, 56, 57, 67
8	2^{8-3}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 1345	all eight main effects, 15, 18, 25, 28, 35, 38, 45, 48, 56, 57, 58, 68, 78
9	2^{9-4}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 125, 9 = 1345	all nine main effects, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89
9	2^{9-4}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 134, 9 = 2345	all nine main effects, 15, 19, 25, 29, 35, 39, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 69, 79, 89
10	2^{10-5}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 125, 9 = 1345, t_0 = 2345	all 10 main effects
10	2^{10-5}_{III}	6 = 12, 7 = 134, 8 = 135, 9 = 145, t_0 = 345	3, 4, 5, 7, 8, 9, t_0 , 23, 24, 25, 27, 28, 29, 2 t_0 , 36, 46, 56, 67, 68, 69, 6 t_0
11	2^{11-6}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 134, 9 = 125, t_0 = 135, t_1 = 145	all 11 main effects
11	2^{11-6}_{III}	6 = 12, 7 = 13, 8 = 234, 9 = 235, t_0 = 245, t_1 = 1345	4, 5, 8, 9, t_0 , t_1 , 14, 15, 18, 19, 1 t_0 , 1 t_1
12	2^{12-7}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 134, 9 = 234, t_0 = 125, t_1 = 135, t_2 = 145	all 12 main effects
12	2^{12-7}_{III}	6 = 12, 7 = 13, 8 = 14, 9 = 234, t_0 = 235, t_1 = 245, t_2 = 1345	5, 9, t_0 , t_1 , t_2 , 15, 19, 1 t_0 , 1 t_1 , 1 t_2
13	2^{13-8}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 134, 9 = 234, t_0 = 125, t_1 = 135, t_2 = 235, t_3 = 145	all 13 main effects
14	2^{14-9}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 134, 9 = 234, t_0 = 125, t_1 = 135, t_2 = 235, t_3 = 145, t_4 = 245	all 14 main effects
15	2^{15-10}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 134, 9 = 234, t_0 = 125, t_1 = 135, t_2 = 235, t_3 = 145, t_4 = 245, t_5 = 345	all 15 main effects
16	2^{16-11}_{IV}	6 = 123, 7 = 124, 8 = 134, 9 = 234, t_0 = 125, t_1 = 135, t_2 = 235, t_3 = 145, t_4 = 245, t_5 = 345, t_6 = 12345	all 16 main effects

PLANS FRACTIONNAIRES : 64 essais – 7 à 17 facteurs

Wu & Hamada p. 197

facteur	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lettre	A	B	C	D	E	F	G	H	J

facteur	10	11	12	13	14	15	16	17
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
lettre	K	L	M	N	O	P	Q	R

k	F & R	Design Generators	Clear Effects
7	2^{7-1}_{VII}	7 = 123456	all 21 2fi's
8	2^{8-2}_V	7 = 1234, 8 = 1256	all 28 2fi's
9	2^{9-3}_{IV}	7 = 123, 8 = 1245, 9 = 1346	all 2fi's except 12, 13, 17, 23, 27, 37
10	2^{10-4}_{IV}	7 = 123, 8 = 1245, 9 = 1246, t ₀ = 1356	all 2fi's except 12, 13, 17, 23, 27, 37, 56, 58, 59, 68, 69, 89
11	2^{11-5}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 1345, t ₀ = 1346, t ₁ = 1256	the 10 2fi's involving t ₁ and the 24 2fi's between any of the factors 1, 2, 3, 4, 7, 8 and any of the factors 5, 6, 9, t ₀
12	2^{12-6}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 1345, t ₀ = 1346, t ₁ = 1256, t ₂ = 23456	the 36 2fi's between any of the factors 1, 2, 3, 4, 7, 8 and any of the factors 5, 6, 9, t ₀ , t ₁ , t ₂
13	2^{13-7}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 135, t ₀ = 145, t ₁ = 236, t ₂ = 2456, t ₃ = 3456	the 20 2fi's between any of the factors 4, 5, 8, 9, t ₀ and any of the factors 6, t ₁ , t ₂ , t ₃
13	2^{13-7}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t ₀ = 2345, t ₁ = 2346, t ₂ = 156, t ₃ = 123456	the 36 2fi's between any of the factors 2, 3, 4, 7, 8, 9 and any of the factors 5, 6, t ₀ , t ₁ , t ₂ , t ₃
14	2^{14-8}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 125, t ₀ = 2345, t ₁ = 136, t ₂ = 146, t ₃ = 156, t ₄ = 3456	1t ₀ , 1t ₄ , 3t ₀ , 3t ₄ , 4t ₀ , 4t ₄ , 5t ₀ , 5t ₄
14	2^{14-8}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t ₀ = 234, t ₁ = 125, t ₂ = 135, t ₃ = 145, t ₄ = 2356	the 25 2fi's that involve either factor 6 or t ₄ or both
15	2^{15-9}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 125, t ₀ = 2345, t ₁ = 136, t ₂ = 146, t ₃ = 156, t ₄ = 3456, t ₅ = 123456	none
15	2^{15-9}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t ₀ = 234, t ₁ = 125, t ₂ = 135, t ₃ = 235, t ₄ = 145, t ₅ = 2456	the 27 2fi's that involve either factor 6 or t ₅ or both
16	2^{16-10}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t ₀ = 125, t ₁ = 135, t ₂ = 126, t ₃ = 136, t ₄ = 1456, t ₅ = 2456, t ₆ = 3456	none
16	2^{16-10}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t ₀ = 234, t ₁ = 125, t ₂ = 135, t ₃ = 235, t ₄ = 145, t ₅ = 245, t ₆ = 3456	the 29 2fi's that involve either factor 6 or t ₆ or both
17	2^{17-11}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t ₀ = 234, t ₁ = 125, t ₂ = 135, t ₃ = 126, t ₄ = 136, t ₅ = 1456, t ₆ = 2456, t ₇ = 3456	none
17	2^{17-11}_{IV}	7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t ₀ = 234, t ₁ = 125, t ₂ = 135, t ₃ = 235, t ₄ = 145, t ₅ = 245, t ₆ = 345, t ₇ = 123456	the 31 2fi's that involve either factor 6 or t ₇ or both

PLANS FRACTIONNAIRES : 64 essais – 18 à 32 facteurs

Wu & Hamada p. 198
Tous ces plans sont
de résolution IV

facteur 1 2 3 4 5 6 7 8 9
lettre A B C D E F G H J

facteur 10 11 12 13 14 15 16 17
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7
lettre K L M N O P Q R

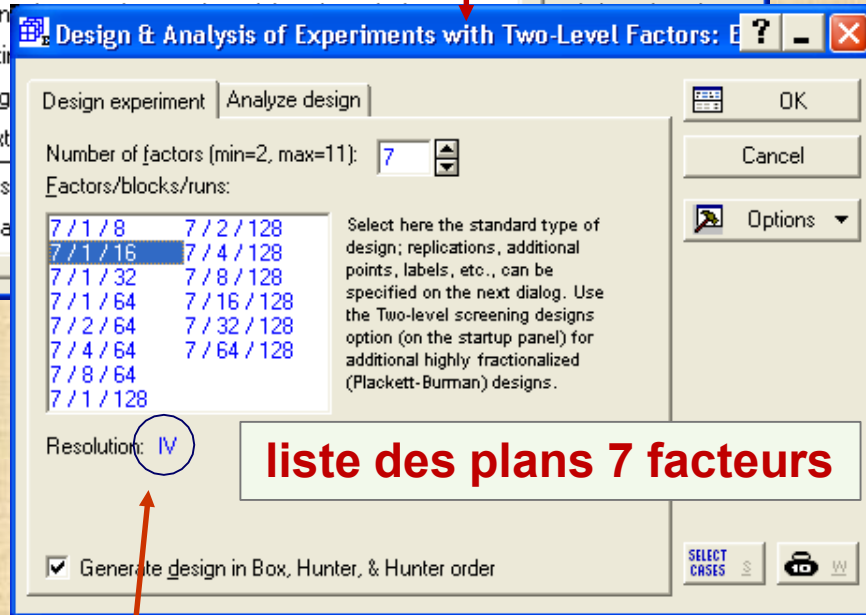
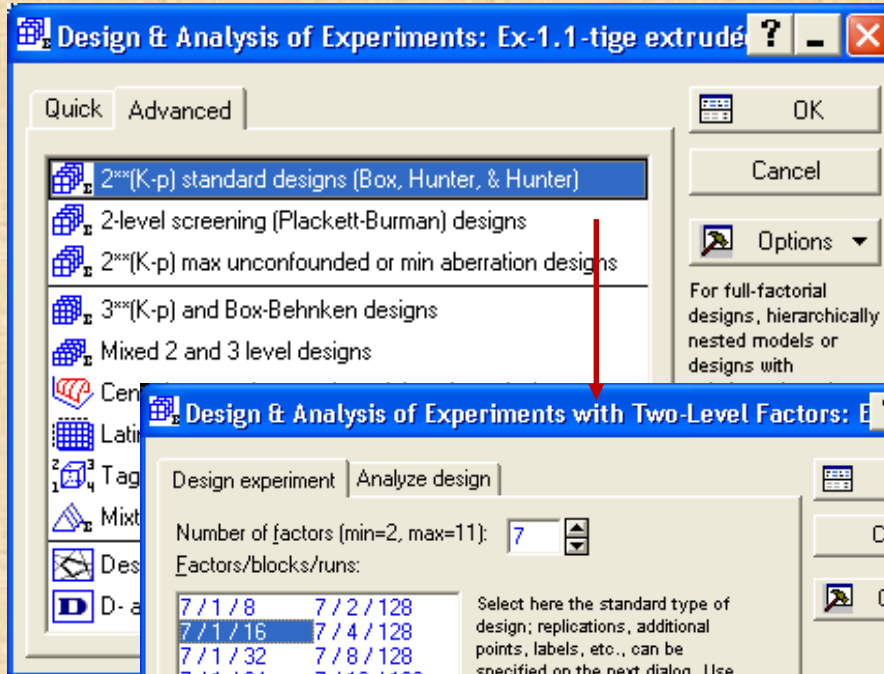
facteur 18 19 20 21 22 23 24 25
t8 t9 u0 u1 u2 u3 u4 u5
lettre S T U V W X Y Z

facteur 26 27 28 29 30 31 32
u6 u7 u8 u9 v0 v1 v2

k	F & R	Design Generators
18	$2^{18}_{IV}{}^{-12}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 126, t_5 = 136, t_6 = 1456, t_7 = 2456, t_8 = 3456$
19	$2^{19}_{IV}{}^{-13}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 126, t_5 = 136, t_6 = 236, t_7 = 1456, t_8 = 2456, t_9 = 3456$
20	$2^{20}_{IV}{}^{-14}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 126, t_5 = 136, t_6 = 236, t_7 = 1456, t_8 = 2456, t_9 = 3456, u_0 = 123456$
21	$2^{21}_{IV}{}^{-15}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 126, t_6 = 146, t_7 = 246, t_8 = 156, t_9 = 356, u_0 = 456, u_1 = 23456$
22	$2^{22}_{IV}{}^{-16}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 126, t_6 = 136, t_7 = 146, t_8 = 246, t_9 = 156, u_0 = 356, u_1 = 456, u_2 = 23456$
23	$2^{23}_{IV}{}^{-17}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 126, t_7 = 136, t_8 = 146, t_9 = 346, u_0 = 156, u_1 = 356, u_2 = 456, u_3 = 23456$
24	$2^{24}_{IV}{}^{-18}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 126, t_7 = 136, t_8 = 236, t_9 = 146, u_0 = 246, u_1 = 156, u_2 = 356, u_3 = 456, u_4 = 23456$
25	$2^{25}_{IV}{}^{-19}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 126, t_8 = 136, t_9 = 236, u_0 = 146, u_1 = 246, u_2 = 156, u_3 = 356, u_4 = 456, u_5 = 23456$
26	$2^{26}_{IV}{}^{-20}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 126, t_8 = 136, t_9 = 236, u_0 = 146, u_1 = 246, u_2 = 346, u_3 = 156, u_4 = 256, u_5 = 356, u_6 = 456$
27	$2^{27}_{IV}{}^{-21}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 12345, t_8 = 126, t_9 = 136, u_0 = 236, u_1 = 146, u_2 = 246, u_3 = 346, u_4 = 156, u_5 = 256, u_6 = 356, u_7 = 456$
28	$2^{28}_{IV}{}^{-22}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 12345, t_8 = 126, t_9 = 136, u_0 = 236, u_1 = 146, u_2 = 246, u_3 = 346, u_4 = 12346, u_5 = 156, u_6 = 256, u_7 = 356, u_8 = 456$
29	$2^{29}_{IV}{}^{-23}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 12345, t_8 = 126, t_9 = 136, u_0 = 236, u_1 = 146, u_2 = 246, u_3 = 346, u_4 = 12346, u_5 = 156, u_6 = 256, u_7 = 356, u_8 = 12356, u_9 = 456$
30	$2^{30}_{IV}{}^{-24}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 12345, t_8 = 126, t_9 = 136, u_0 = 236, u_1 = 146, u_2 = 246, u_3 = 346, u_4 = 12346, u_5 = 156, u_6 = 256, u_7 = 356, u_8 = 12356, u_9 = 456, v_0 = 12456$
31	$2^{31}_{IV}{}^{-25}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 12345, t_8 = 126, t_9 = 136, u_0 = 236, u_1 = 146, u_2 = 246, u_3 = 346, u_4 = 12346, u_5 = 156, u_6 = 256, u_7 = 356, u_8 = 12356, u_9 = 456, v_0 = 12456, v_1 = 13456$
32	$2^{32}_{IV}{}^{-26}$	$7 = 123, 8 = 124, 9 = 134, t_0 = 234, t_1 = 125, t_2 = 135, t_3 = 235, t_4 = 145, t_5 = 245, t_6 = 345, t_7 = 12345, t_8 = 126, t_9 = 136, u_0 = 236, u_1 = 146, u_2 = 246, u_3 = 346, u_4 = 12346, u_5 = 156, u_6 = 256, u_7 = 356, u_8 = 12356, u_9 = 456, v_0 = 12456, v_1 = 13456, v_2 = 23456$

Note: The designs in this table have resolution IV; all their main effects are clear but none of their two-factor interactions are clear.

PLANS à 2 modalités avec STATISTICA



liste des plans 7 facteurs

niveau de résolution

information sur les générateurs

Design: 2⁽⁷⁻³⁾

	A	B	C	D	E	F	G
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	-1	1	-1	1
3	-1	1	-1	-1	1	1	-1
4	1	1	-1	-1	-1	1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	1
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1	-1	-1	1
8	1	1	1	-1	1	-1	-1
9	-1	-1	-1	1	-1	1	1
10	1	-1	-1	1	1	1	-1
11	-1	1	-1	1	1	-1	1
12	1	1	-1	1	-1	-1	-1
13	-1	-1	1	1	1	-1	-1
14	1	-1	1	1	-1	-1	1
15	-1	1	1	1	-1	1	-1
16	1	1	1	1	1	1	1

	Alias
E	ABC
F	BCD
G	ACD

**exemple : plan 2⁷⁻²
moulage par injection
Ex-7.5-moulage.sta**

objectif : minimiser le rétrécissement

		FACTEUR primaire	UNITÉS	- 1	+ 1
1	A	Température moule	deg F	130	180
2	B	Holding Pressure	psig	1200	1500
3	C	Booster Pressure	psig	1500	1800
4	D	Moisture	pourcent	0.05	0.15
5	E	Vitesse vis	po /sec	1.5	4.0
6	F	Temps cycle	second	25	30
7	G	Gate size	mille	30	50

F = ABCD

G = ABDE

**facteur bloc = «LINE»
= équipement
= facteur secondaire
= CDG
modalités : 1 et 2**

1 std	2 run	3 line ←	4 A temp moule	5 B temps cycle	6 C pression booster	7 D humidité	8 E vitesse vis	9 F pression retenue	10 G taille ouverture	11 Yret%
1	11	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,833
2	21	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,784
3	4	2	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,966
4	28	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0,898
5	26	2	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	0,916
6	2	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1,130
7	17	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,760
8	12	2	1	1	1	-1	-1	-1	1	0,730
9	14	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	0,838
10	23	2	1	-1	-1	1	-1	1	1	0,669
11	5	2	-1	1	-1	1	-1	1	1	1,060
12	31	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,956
13	27	2	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1,780
14	3	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1,660
15	18	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1,080
16	16	2	1	1	1	1	-1	1	-1	1,230
17	32	2	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	0,922
18	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	0,815
19	20	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1,100
20	9	2	1	1	-1	-1	1	1	-1	0,858
21	13	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1,170
22	24	2	1	-1	1	-1	1	1	1	1,040
23	6	2	-1	1	1	-1	1	1	1	0,780
24	29	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1,020
25	30	2	-1	-1	-1	1	1	-1	1	0,939
26	8	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0,909
27	22	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1,060
28	15	2	1	1	-1	1	1	-1	1	0,916
29	10	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1,680
30	19	2	1	-1	1	1	1	-1	-1	1,440
31	7	2	-1	1	1	1	1	-1	-1	1,330
32	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1,210

PLANS de Tamisage de Jones et Nachtsheim

Jones, B. and Nachtsheim, C. J. "A Class of Three-Level Designs for Definitive Screening in the Presence of Second-Order Effects" (**facteurs continus**)
Journal of Quality Technology, 2011, vol. 43:1-15.

http://www.jmp.com/software/pdf/definitive_screening.pdf

TABLE 1. General Design Structure for m Factors

Foldover pair	Run (i)	Factor levels				
		$x_{i,1}$	$x_{i,2}$	$x_{i,3}$	\dots	$x_{i,m}$
1	1	0	± 1	± 1	\dots	± 1
	2	0	∓ 1	∓ 1	\dots	∓ 1
2	3	± 1	0	± 1	\dots	± 1
	4	∓ 1	0	∓ 1	\dots	∓ 1
3	5	± 1	± 1	0	\dots	± 1
	6	∓ 1	∓ 1	0	\dots	∓ 1
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
m	$2m - 1$	± 1	± 1	± 1	\dots	0
	$2m$	∓ 1	∓ 1	∓ 1	\dots	0
Centerpoint	$2m + 1$	0	0	0	\dots	0

PROPRIÉTÉS

- **3 niveaux: -1 0 1**
- **Essais = $2m + 1$ m : nb facteurs**
- **Effets principaux pas confondus avec les interactions**
- **Tous les effets quadratiques sont estimables et ne sont pas confondus avec les effets principaux**
- **Légère corrélation entre les effets principaux**

**PLANS de Tamisage
de Jones et Nachtsheim**

Liste des plans

filière Statistica (stw)

plans de

Jones et Nachtsheim

m = 4		m = 5		m = 6		m = 7		m = 8	
1	0+--	1	0+---	1	0+----	1	0+---+-	1	0+----++
2	0-++	2	0-+++	2	0-++++	2	0-+-++	2	0+----
3	-0-+	3	+0--+	3	+0-++-	3	-0-+-+	3	-0-++++-
4	+0+-	4	-0++-	4	-0+---+	4	+0-+---+	4	+0+----+
5	--0-	5	+ -0+-	5	--0+--	5	+ -0++++	5	--0+---+
6	++0+	6	-+0-+	6	++0-++	6	-+0----	6	++0-++-
7	-++0	7	+-+0+	7	-++0+-	7	+- -0+-	7	+-+0+-
8	+--0	8	--+0-	8	+--0-+	8	--+0-++	8	--+0-++
9	0000	9	++++0	9	+-+0-	9	--+0--	9	--+0-+-
		10	----0	10	-++0+	10	+- -0++	10	+-+0-+-
		11	00000	11	++++0	11	-+-+0+	11	+- -+0++
				12	----+0	12	+ -+-0-	12	----+0--
				13	000000	13	+++++0	13	----+0+
						14	----+0	14	----+0-
						15	0000000	15	+++++0
								16	----+0
								17	00000000

m = 9		m = 10		m = 11		m = 12	
1	0+++++++	1	0+-+-----+	1	0-+-----+-	1	0-+-----+-
2	0-----	2	0-+-----+	2	0+-----+-	2	0+-----+-
3	+0+-----	3	+0+-----	3	-0-+-----+	3	-0+-----
4	-0-+-----	4	-0-+-----	4	+0+-----	4	+0+-----
5	--0-+-----	5	--0-+-----	5	--0+-----	5	--0+-----
6	+ -0-+-----	6	+ -0-+-----	6	++0-+-----	6	++0-+-----
7	-+ -0-+-----	7	-+ -0-+-----	7	---0-+-----	7	---0-+-----
8	++-0-+-----	8	++-0-+-----	8	+++0-+-----	8	+++0-+-----
9	+ -+ -0-+-----	9	+ -+ -0-+-----	9	+ -+ -0-+-----	9	+ -+ -0-+-----
10	-+ -+ -0-+-----	10	++++0-----	10	-+ -+ -0-+-----	10	----0+-----
11	----+0+++	11	-+ -+ -0-+-----	11	----+0-+-----	11	+ -+ -+0-+-----
12	++++-0---	12	+ -+ -0-+-----	12	++++-0-+-----	12	-+ -+ -0-+-----
13	+ -+ -+0-+	13	+ -+ -+0-+-----	13	----+0-+-----	13	++++-0-+-----
14	--+ -+ -0-+	14	----+0-+-----	14	+++ -+ -0-+-----	14	----+0-+-----
15	---+ -+ -0-	15	++++-+0-+	15	---+ -+ -0-+	15	---+ -+ -0-+
16	+++ -+ -+0+	16	---+ -+ -0-	16	+ -+ -+ -0-+	16	+ -+ -+ -0-+
17	-+ -+ -+ -+0	17	+ -+ -+ -+0-	17	-+ -+ -+ -+0-	17	+ -+ -+ -+0-
18	+ -+ -+ -+0	18	-+ -+ -+ -+0+	18	+ -+ -+ -+0-	18	-+ -+ -+ -+0-
19	000000000	19	+ -+ -+ -+0	19	+ -+ -+ -+0-	19	+ -+ -+ -+0-
		20	-+ -+ -+ -+0	20	++++-+ -+0-	20	-+ -+ -+ -+0+
		21	000000000	21	+ -+ -+ -+0-	21	-+ -+ -+ -+0+
				22	---+ -+ -+0	22	+ -+ -+ -+0-
				23	0000000000	23	+ -+ -+ -+0-
						24	-+ -+ -+ -+0
						25	00000000000

PLANS de Tamisage de Jones et Nachtsheim

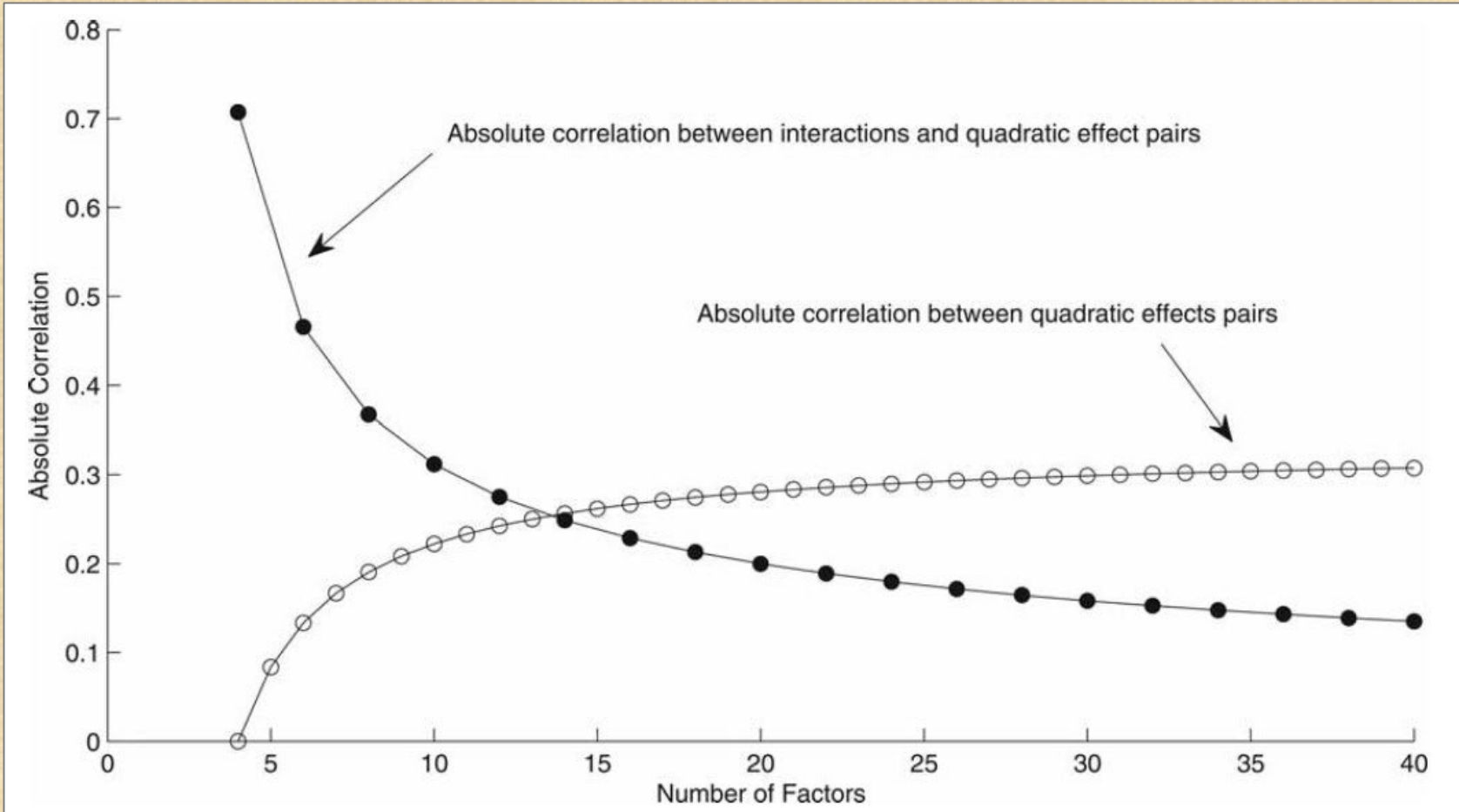


FIGURE 2. Plots of Absolute Correlations Between Quadratic Effect Pairs and Between Interaction and Quadratic Effect Pairs for Four through 40 Factors. Solid dots give $r_{qq,st}^C(m)$ from (6); open dots give $r_{qq,ss}^C(m)$ from (4).

PLANS de Tamisage de Jones et Nachtsheim

m = 5

Variable	x1	x2	x3	x4	x5	x1x1	x2x2	x3x3	x4x4	x5x5	x1x2	x1x3	x1x4	x1x5	x2x3	x2x4	x2x5	x3x4	x3x5	x4x5	
x1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
x2		1	0,25	-0,25	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
x3			1,00	0,25	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
x4				1,00	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
x5					1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
x1x1						1,00	0,08	0,08	0,08	0,08	-0,16	0,16	0,16	0,16	-0,41	0,41	0,41	0,73	0,41	-0,73	
x2x2							1,00	0,08	0,08	0,08	-0,16	0,73	0,73	-0,41	0,16	-0,16	-0,16	-0,41	0,41	0,41	
x3x3								1,00	0,08	0,08	0,41	0,16	-0,41	0,73	0,16	0,41	-0,73	0,16	-0,16	0,41	
x4x4									1,00	0,08	0,41	-0,41	0,16	-0,41	0,73	-0,16	0,41	0,16	-0,73	-0,16	
x5x5										1,00	-0,73	-0,41	-0,41	0,16	-0,41	-0,73	-0,16	-0,41	-0,16	-0,16	
x1x2											1,00	0,06	0,06	0,06	0,77	0,65	-0,06	0,42	-0,42	0,29	
x1x3												1,00	0,65	-0,06	-0,06	0,42	-0,29	-0,06	0,77	0,42	
x1x4													1,00	-0,77	0,29	0,06	0,42	-0,06	0,42	0,06	
x1x5														1,00	-0,42	0,42	-0,65	0,29	0,06	0,06	
x2x3															1,00	0,06	0,06	-0,06	-0,65	0,42	
x2x4																1,00	-0,06	0,77	0,29	-0,06	
x2x5																	1,00	0,42	-0,06	-0,77	
x3x4																		1,00	0,06	-0,65	
x3x5																			1,00	-0,06	
x4x5																					1,00

PLANS de Tamisage de Jones et Nachtsheim

$m = 8$

Variable	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x1x1	x2x2	x3x3	x4x4	x5x5	x6x6	x7x7	x8x8
x1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00
x2		1	0	0	0	0	0	0	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00
x3			1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00
x4				1	0	-0	0	0	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
x5					0	0	0	0	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00
x6						1	-0	0	0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
x7							1	-0	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00
x8								1	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00
x1x1									1,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
x2x2										1,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
x3x3											1,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
x4x4												1,00	0,19	0,19	0,19	0,19
x5x5													1,00	0,19	0,19	0,19
x6x6														1,00	0,19	0,19
x7x7															1,00	0,19
x8x8																1,00

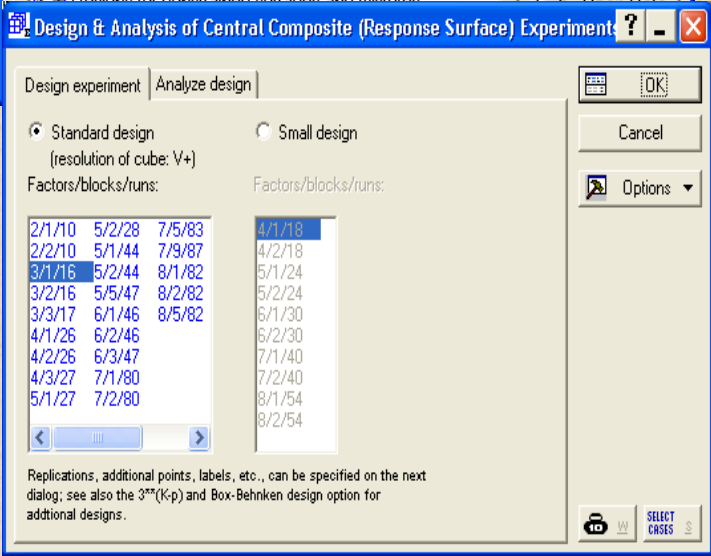
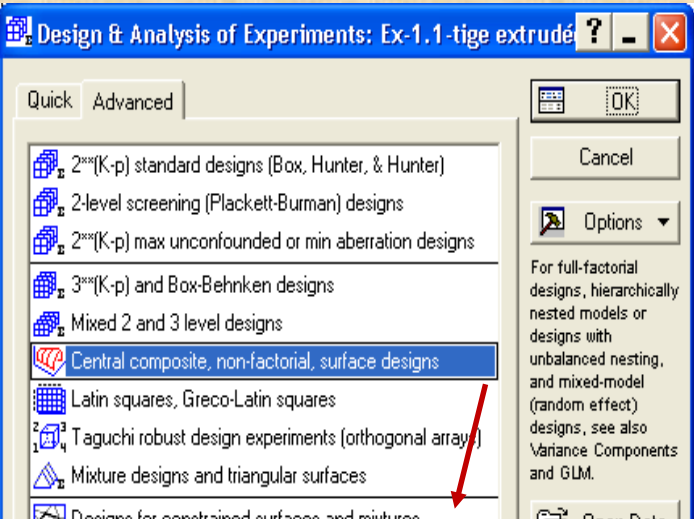
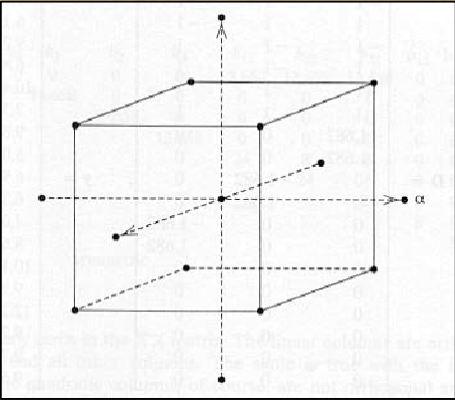
Variable	x1x2	x1x3	x1x4	x1x5	x1x6	x1x7	x1x8	x2x3	x2x4	x2x5	x2x6	x2x7	x2x8	x3x4	x3x5	x3x6	x3x7	x3x8	x4x5	x4x6	x4x7	x4x8	x5x6	x5x7	x5x8	x6x7		
x1	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	
x2	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	
x3	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	
x4	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
x5	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
x6	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	
x7	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
x8	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
x1x1	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,37	0,37	-0,37	0,37	0,37	0,37	-0,37	0,37	-0,37	-0,37	-0,37	0,37	0,37	-0,37	-0,37	-0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	-0,37
x2x2	0,00	-0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	-0,37	0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,37	0,37	0,37	0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37
x3x3	-0,37	0,00	0,37	0,37	-0,37	-0,37	0,37	0,00	0,37	-0,37	-0,37	-0,37	0,37	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,37	-0,37	0,37	0,37	-0,37	0,37	0,37	-0,37	0,37	-0,37
x4x4	0,37	-0,37	0,00	-0,37	-0,37	0,37	0,37	0,37	-0,00	0,37	0,37	-0,37	-0,37	0,00	-0,37	-0,37	0,37	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
x5x5	-0,37	0,37	-0,37	0,00	-0,37	0,37	-0,37	0,37	-0,37	0,00	-0,37	0,37	-0,37	0,37	0,00	0,37	-0,37	0,37	0,00	-0,37	0,37	-0,37	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,37
x6x6	0,37	0,37	0,37	-0,37	-0,00	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	0,37	-0,00	0,37	-0,37	-0,37	-0,00	0,37	-0,00	0,37	0,37	-0,00	0,37	0,37	-0,00	-0,37	-0,37	-0,37	-0,00	-0,00
x7x7	0,37	0,37	-0,37	0,37	0,37	-0,00	0,37	-0,37	0,37	-0,37	-0,37	-0,00	-0,37	0,37	-0,37	-0,37	-0,00	-0,37	0,37	0,37	-0,00	0,37	-0,37	0,00	-0,37	0,00	-0,37	0,00
x8x8	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	0,37	-0,37	0,00	-0,37	-0,37	-0,37	0,37	-0,37	0,00	-0,37	-0,37	0,37	-0,37	0,00	-0,37	0,37	-0,37	0,00	0,37	-0,37	0,00	0,00	0,37	0,37
x1x2	1,00	0,17	0,17	-0,17	0,17	0,17	0,17	-0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	-0,17	0,00	0,00	-0,67	0,67	-0,00	0,67	-0,00	0,00	0,67	-0,67	0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00
x1x3		1,00	-0,17	0,17	-0,17	-0,17	-0,17	-0,17	0,00	0,00	-0,67	0,67	0,00	0,17	0,17	-0,17	-0,17	0,17	0,67	-0,00	0,67	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,67	-0,00
x1x4			1,00	0,17	-0,17	-0,17	-0,17	0,00	0,17	0,67	0,00	0,00	0,67	-0,17	0,67	-0,00	0,67	0,00	-0,17	-0,17	0,17	0,17	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,67
x1x5				1,00	0,17	0,17	0,17	-0,00	0,67	-0,17	-0,67	0,00	-0,00	0,67	0,17	-0,00	0,00	-0,67	-0,17	0,00	0,00	0,00	-0,17	0,17	-0,17	-0,17	-0,17	-0,67
x1x6					1,00	-0,17	-0,17	-0,67	0,00	-0,67	0,17	-0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,17	-0,00	-0,67	0,00	0,17	-0,67	0,67	-0,17	-0,67	0,00	0,00	-0,17	
x1x7						1,00	-0,17	0,67	0,00	0,00	-0,00	0,17	-0,67	0,67	0,00	-0,00	0,17	0,00	-0,00	-0,67	-0,17	-0,00	-0,67	0,17	0,67	0,00	0,17	
x1x8							1,00	0,00	0,67	0,00	0,00	-0,67	-0,17	0,00	-0,67	-0,67	-0,00	-0,17	-0,00	0,67	-0,00	-0,17	0,00	0,67	-0,17	0,00	0,00	
x2x3								1,00	0,17	0,17	0,17	0,17	-0,17	0,17	0,17	-0,17	-0,17	0,17	-0,00	-0,67	0,00	-0,67	0,00	0,67	0,67	0,67	-0,00	-0,00
x2x4									1,00	-0,17	-0,17	-0,17	0,17	0,17	-0,00	-0,67	0,00	-0,67	0,17	0,17	-0,17	-0,17	-0,00	0,67	-0,00	0,67	-0,00	-0,67
x2x5										1,00	-0,17	-0,17	0,17	0,17	-0,00	0,17	0,00	0,67	0,67	-0,17	0,00	0,67	-0,00	-0,17	0,17	-0,17	-0,00	-0,00
x2x6											1,00	-0,17	0,17	-0,67	0,00	-0,17	-0,00	0,00	-0,00	-0,17	-0,67	0,00	0,17	0,00	0,67	0,17	0,17	0,17
x2x7												1,00	0,17	0,00	0,67	0,00	-0,17	0,00	0,67	-0,67	0,17	-0,00	0,00	-0,17	0,00	0,00	-0,17	-0,17
x2x8													1,00	-0,67	0,67	0,00	0,00	-0,17	0,00	0,00	-0,17	0,67	-0,00	-0,17	0,00	-0,17	-0,67	
x3x4														1,00	-0,17	0,17	0,17	-0,17	-0,17	0,17	0,17	-0,67	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
x3x5															1,00	0,17	0,17	-0,17	0,17	-0,67	0,00	-0,00	0,17	-0,17	0,17	-0,67	0,17	-0,67
x3x6																1,00	-0,17	0,17	-0,67	-0,17	-0,00	-0,00	0,17	-0,67	0,00	0,17	-0,67	

PLANS Central Composite (Box-Wilson)

analyser - modéliser – optimiser
surfaces de réponse avec
des polynômes du deuxième degré

exemple: circuit chap. 1, k = 5 facteurs
d = 2

facteurs à 5 modalités
variables X codées
 $X = -d \ -1 \ 0 \ 1 \ d$
 $d > 1$
d dépend
nombre de facteurs k
critère orthogonalité
et blocage



exemple : central composite
avec 3 facteurs d = 1.68

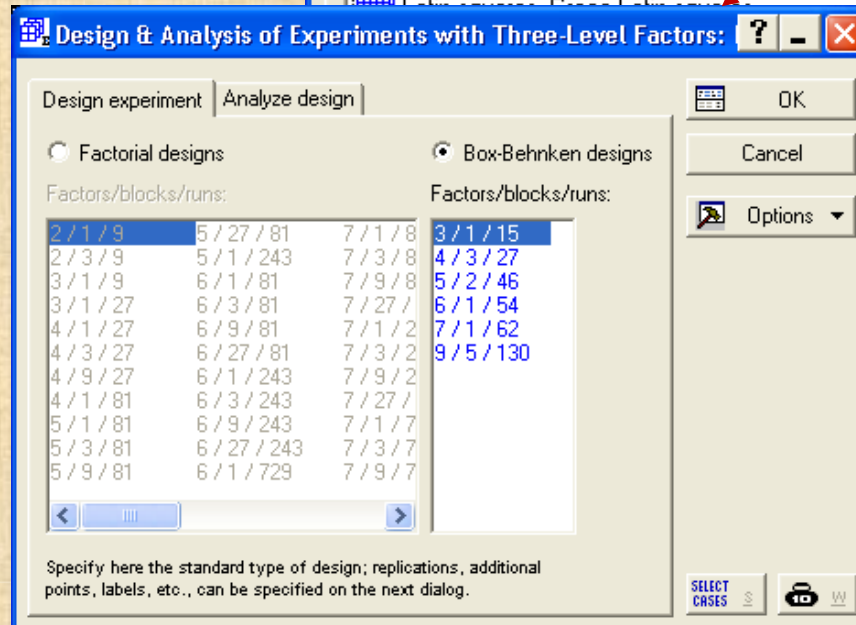
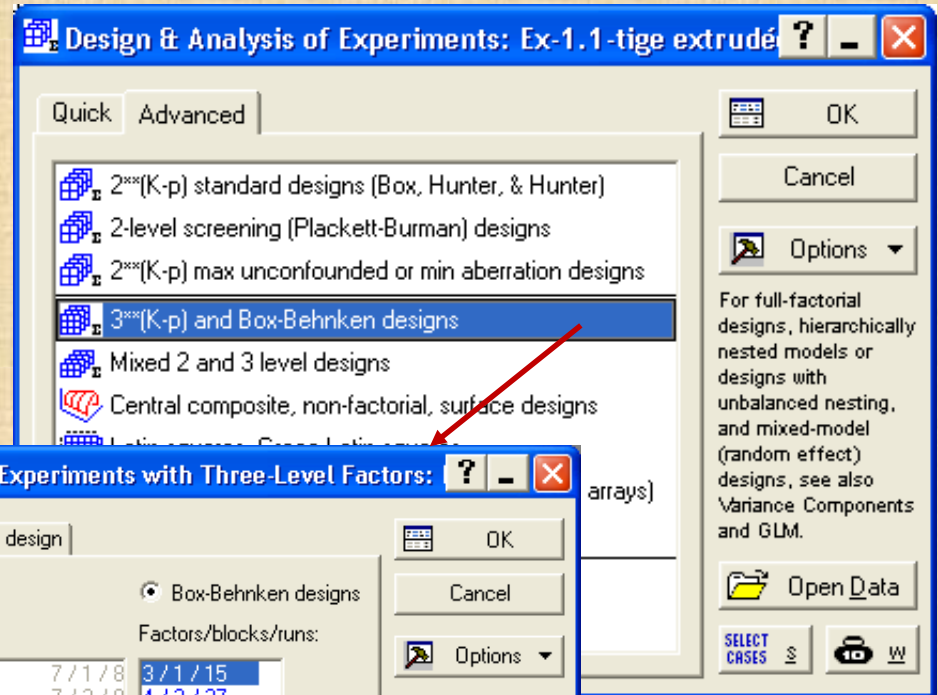
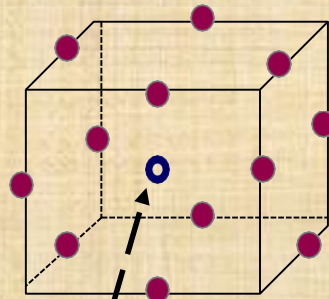
	A	B	C
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	1
3	-1	1	-1
4	-1	1	1
5	1	-1	-1
6	1	-1	1
7	1	1	-1
8	1	1	1
9	-1.68	0	0
10	1.68	0	0
11	0	-1.68	0
12	0	1.68	0
13	0	0	-1.68
14	0	0	1.68
15 (C)	0	0	0
16 (C)	0	0	0

PLANS Box-Behnken : facteurs à 3 modalités

exemple: 3 facteurs A B C
modalités codées : -1 0 1

plans pour la modélisation réponse avec des polynômes du deuxième degré

essai	A	B	C
1	-	-	0
2	-	+	0
3	+	-	0
4	+	+	0
5	-	0	-
6	-	0	+
7	+	0	-
8	+	0	+
9	0	-	-
10	0	-	+
11	0	+	-
12	0	+	+
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0



PLANS Taguchi : arrangements orthogonaux

Design & Analysis of Taguchi Robust Design Experiments: chap2.sta

Design experiment Analyze design

No. of Max no. No. of factors with these levels:
Array Runs of factors 2 3 4 5

L4	4	3	3	--	--	--
L8	8	7	7	--	--	--
L9	9	4	--	4	--	--
L12	12	11	11	--	--	--
L16	16	15	15	--	--	--
L'16	16	5	--	--	5	--
L18	18	8	1	7	--	--
L25	25	6	--	--	--	6
L27	27	13	--	13	--	--
L32	32	31	31	--	--	--
L'32	32	10	1	--	9	--

Options Cancel

La : identification plan (array)
nombre essais = a
nombre max de facteurs
nombre facteurs à 2 modalités
nombre facteurs à 3 modalités

remarques

- plans L8 et L16 sont identiques à ceux déjà présentés dans ce chapitre 2^3 et 2^4
- plans à 2 et 3 modalités sont favorisés par Taguchi (chapitre 9)

PLANS Taguchi : arrangements orthogonaux

#	F1	F2	F3	F4	F4	F6	F7	F8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

exemple: plan L18 (plan hybride)

1 facteur F1 avec 2 modalités

7 facteurs F2 ... F8 avec 3 modalités
modalités notées 1 2 3

plan complet: $2 \times 3^7 = 4403$ essais

exemple:

plan L8 équivalent à 2^3

#	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	2	2	1	2	1	1	2
2	2	2	1	1	2	2	1
3	2	1	2	2	1	2	1
4	2	1	2	1	2	1	2
5	1	2	2	2	2	1	1
6	1	2	2	1	1	2	2
7	1	1	1	2	2	2	2
8	1	1	1	1	1	1	1

PLANS Taguchi : arrangements orthogonaux

exemple: assemblage connecteur élastométrique - moteur

Facteur	contrôlable	unité	1	2	3
A : interférence	oui	---	basse	moyenne	haute
B : épaisseur gaine	oui	---	mince	moyenne	épaisse
C : profondeur insertion	oui	---	basse	moyenne	grande
D : % adhésif	oui	---	faible	moyenne	haute
E : durée conditionnement	non	hr	24	-	120
F : temp. conditionnement	non	deg. F	72	-	150
G : humidité relative	non	%	25	-	75

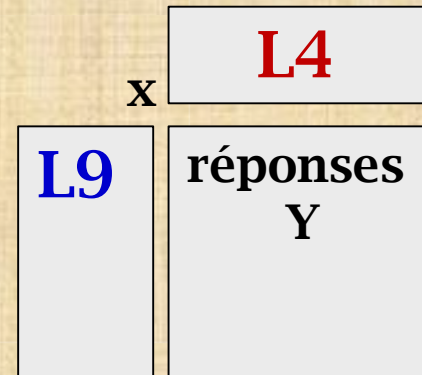
Y : force d'arrachement objectif : maximiser Y
 SB : rapport signal / bruit

plan L9
 pour les
 facteurs
 A B C D
 inner array

#	A	B	C	D	SB
1	1	1	1	1	17.52
2	1	2	2	2	19.43
3	1	3	3	3	19.02
4	2	1	2	3	20.13
5	2	2	3	1	22.82
6	2	3	1	2	19.23
7	3	1	3	2	19.85
8	3	2	1	3	18.31
9	3	3	2	1	21.20

L4 : deuxième plan pour E F G
 outer array

Plan produit : L9 x L4 : 36 essais



PLANS en blocs

Blocs

regroupement des d'essais pour tenir en compte des **facteurs secondaires**

facteurs			bloc
essai	A	B ...	
1	.	.	1
2	.	.	
.	.	.	
k	.	.	
k+1	.	.	2
k+2	.	.	
.	.	.	
k+ k	.	.	
n-1	.	.	t
n	.	.	

facteur bloc : «LINE»
 = équipement
 = facteur secondaire

Exemple : page 32

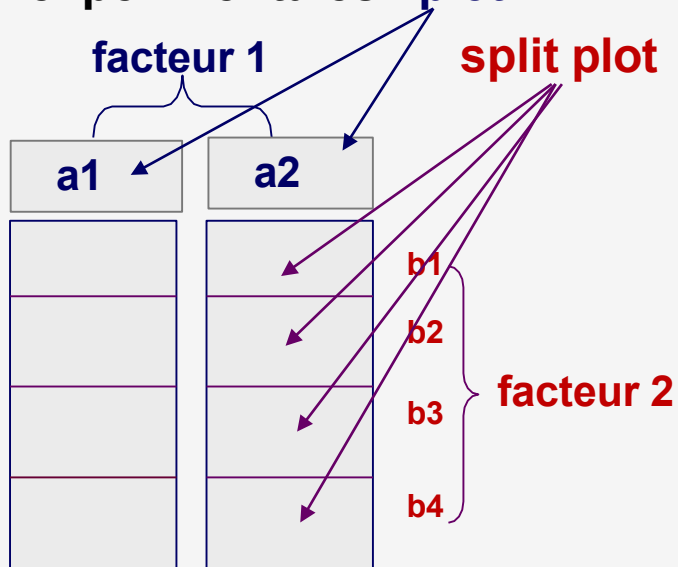
1 std	2 run	3 line	4 A temp moule	5 B temps cycle	6 C pression booster	7 D humidité	8 E vitesse vis	9 F pression retenue	10 G taille ouverture	11 Yret%
1	11	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,833
2	21	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,784
3	4	2	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0,966
4	28	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0,898
5	26	2	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	0,916
6	2	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1,130
7	17	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,760
8	12	2	1	1	1	-1	-1	-1	1	0,730
9	14	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	0,838
10	23	2	1	-1	-1	1	-1	1	1	0,669
11	5	2	-1	1	-1	1	-1	1	1	1,060
12	31	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,956
13	27	2	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1,780
14	3	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1,660
15	18	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1,080
16	16	2	1	1	1	1	-1	1	-1	1,230
17	32	2	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	0,922
18	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	0,815
19	20	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1,100
20	9	2	1	1	-1	-1	1	1	-1	0,858
21	13	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1,170
22	24	2	1	-1	1	-1	1	1	1	1,040
23	6	2	-1	1	1	-1	1	1	1	0,780
24	29	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1,020
25	30	2	-1	-1	-1	1	1	-1	1	0,939
26	8	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0,909
27	22	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1,060
28	15	2	1	1	-1	1	1	-1	1	0,916
29	10	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1,680
30	19	2	1	-1	1	1	1	-1	-1	1,440
31	7	2	-1	1	1	1	1	-1	-1	1,330
32	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1,210

PLANS parcelles divisées - Split Plot

Split Plot

assignation des traitements
avec **restriction sur la
randomisation**

2 catégories d'unités
expérimentales : **plot**



exemple

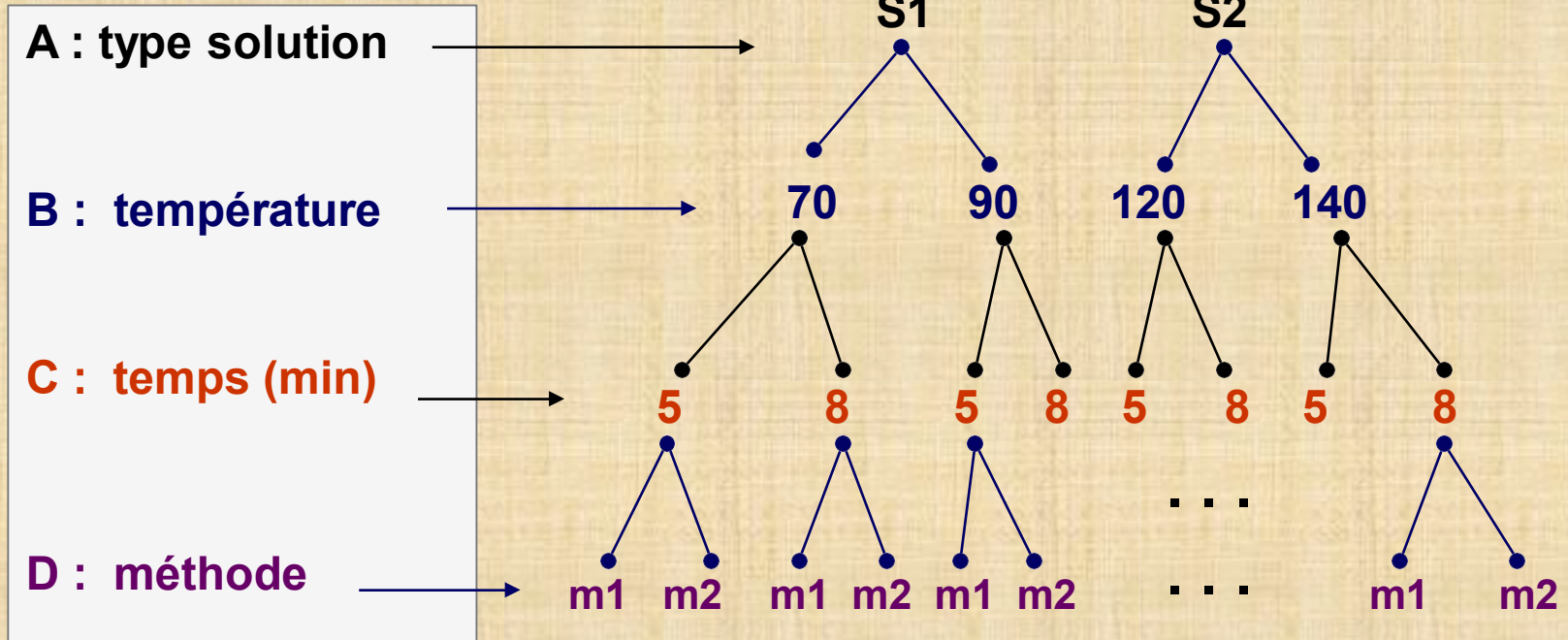
A, B, C, D : facteurs parcelle (« whole plot »)

E : facteur parcelle divisée (« split-plot »)

#	A pressure	B power	C gaz flow rate	D gaz type	Y E (-)	Y E (+)
1	-	-	-	-	48.6	57.0
2	+	-	-	-	41.2	38.2
3	-	+	-	-	55.8	62.9
4	+	+	-	-	53.5	51.3
5	-	-	+	-	37.6	43.5
6	+	-	+	-	47.2	44.8
7	-	+	+	-	47.2	54.6
8	+	+	+	-	48.7	44.4
9	-	-	-	+	5.0	18.1
10	+	-	-	+	56.8	56.2
11	-	+	-	+	25.6	33.0
12	+	+	-	+	41.8	37.8
13	-	-	+	+	13.3	23.7
14	+	-	+	+	47.5	43.2
15	-	+	+	+	11.3	23.9
16	+	+	+	+	49.5	48.2

Facteurs emboîtés « nested »

exemple



B emboîté dans A

C croisé avec B

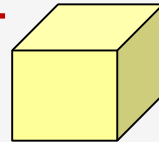
D croisé avec C

concept utilisé plan split Plot

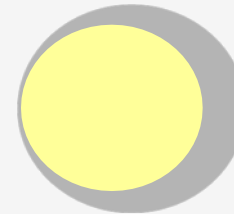
PLANS sur mesure (algorithmiques)

PLANS expérimentaux générés par ordinateur

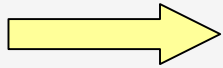
espace expérimental :



cubique

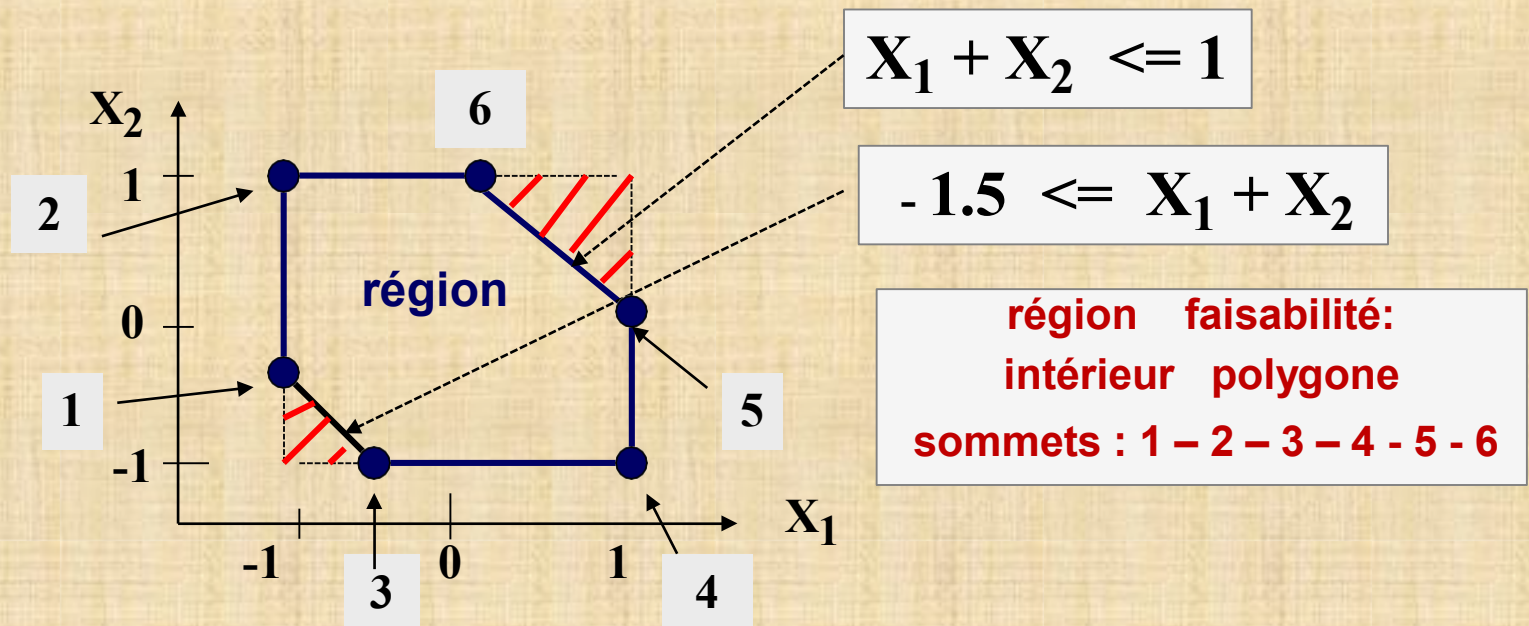


sphérique



designs standards : 2^{k-p} , CCD , Box-Behnken , ...

exemple : espace expérimental irrégulier – pas un parallépipède



Autres plans avec STATISTICA

Plans algorithmiques

Plans D et A optimaux : Devoir-1-2004.sta

Points candidats | Modèle | Méthodes d'optimisation | Options

Séquentiel (Dijkstra)
Echange simple (Wynn-Mitchell)
DETMAX
Fedorov modifiée (commutation simultanée)
Fedorov (commutation sim

Critère d'optimisation :
 D optimal (maximise le déterminant)
 A- (ou I-) optimal (minimise la trace de l'inverse de XX)
Nombre de points dans le plan final : 20

OK
Annuler
Options
SELECT CASES

Plans d'Exp. avec des Facteurs à 2 et 3

Création du plan | Analyse du plan

Nbre de facteurs (2 niv./3 niveaux):

4/1	6/2	1/4	4/5	1/8
5/1	7/2	2/4	5/5	2/8
6/1	8/2	3/4	1/6	1/9
7/1	2/3	4/4	2/6	
8/1	3/3	5/4	3/6	
9/1	4/3	6/4	4/6	
3/2	5/3	1/5	1/7	
4/2	6/3	2/5	2/7	
5/2	7/3	3/5	3/7	

Générer un plan factoriel complet

Note : Les méthodes ci-dessus sont classées par ordre décroissant de rapidité (Séquentielle est la plus rapide)

Plans mixtes 2^K3^L

Plans pour mélanges

Design & Analysis of Mixture Experiments

Design experiment | Analyze design

Simplex-lattice designs
Number of factors: 3
Polynomial degree (m): 2
 Augment with interior pts & centroid
Min. no. of runs: 6

Simplex-centroid designs
Number of factors: 3
 Augment with interior points
Min. no. of runs: 7

Specify here the standard type of design; lower and upper limits, the total (constant sum), replications, and labels, etc., can be specified on the next dialog.

Use option Centroids and Vertices for Constrained Regions to find design points for experimental regions with complex constraints.

OK
Cancel
Options
SELECT CASES

PLANS pour remplir l'espace

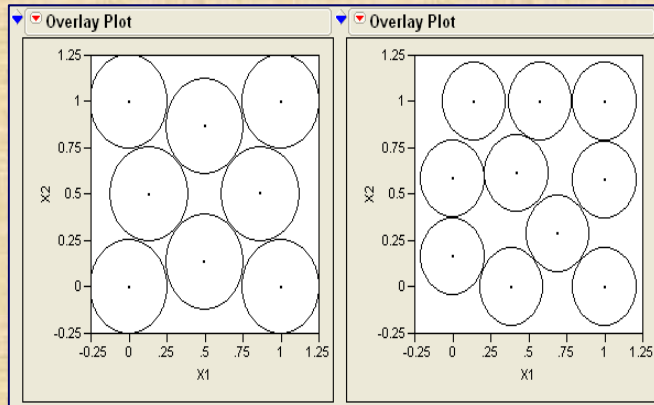
remarque : plans non disponibles en STATISTICA - disponibles avec JMP

application : modélisation de systèmes déterministes ou quasi déterministes
par exemple, pour faire des simulations sur ordinateur

but : trouver des modèles empiriques avec des formes mathématiques simples
pour prédire la fonction dans l'espace expérimental avec un biais minimum

méthodes : sphères, hyper cube latin, uniforme, minimum potentiel

exemple A : 2 variables sur (0,1)
plan 8 points plan 10 points



exemple B : 8 variables

flow of water through a borehole

$$Y = 2\pi T_u (H_u - H_l) / [A + B + C]$$

$$A = \ln(r/r_w) \quad B = 2LT_u / r_w^2 K_w \quad C = A T_u / T_l$$

32 points – modélisation polynôme 2^{ième} degré

	log10 R _w	log10 R	T _u	T _l	H _u	H _l	L	K _w	Y
1	-0.82	2.08350495	100093.363	63.1	990	702.135866	1120	10435.9957	190.882715
2	-0.82	4.29978574	65770.4926	63.3546815	1109.98831	756.151977	1120.86273	9855	219.778636
3	-0.8208292	2	63070	78.7453851	990	712.582595	1680	12045	141.643972
4	-1.3	2.5218531	63070	63.1	994.937857	700	1671.2256	9855.06927	13.7105889
5	-1.2818251	2.75621225	63070	63.1003347	1047.52096	820	1614.19327	12044.7589	14.5449173
6	-1.3	2	115373.914	115.939627	1065.21039	820	1680	11674.0186	13.4385116
7	-1.2526827	4.7	98480.1565	116	990	715.81919	1679.96528	9855	15.7654872
8	-1.2751193	4.7	63135.7733	110.110022	1110	820	1120	12045	27.5470676
9	-1.3	2	63070	116	1110	705.262054	1588.51039	10713.7698	21.5295326
10	-1.3	4.61421766	115600	63.1	1014.12022	820	1468.66543	10475.1989	10.9048754
11	-0.82	4.7	115600	115.338111	1110	762.574254	1155.59827	12045	257.234604
12	-0.82	4.7	65797.2718	112.983532	1078.19028	700	1639.76411	11183.6565	184.016172
13	-0.8956276	4.7	113453.352	116	990	820	1680	12045	61.5248634
14	-0.82	4.68538198	96624.5656	63.1	1110	813.067911	1676.07222	11954.9597	149.964109
15	-0.82	2.0480977	63070	114.731053	1110	820	1677.27628	11861.2706	146.90971
16	-1.2262786	3.57799341	113944.663	116	1098.45537	820	1120	9855	27.1109034
17	-1.3	4.6516991	115600	116	1110	700.000759	1680	12045	23.172246
18	-0.8371702	4.7	115600	64.555923	991.55747	700	1680	11141.5642	126.820106

Chapitre 3 : résumé

EXPÉRIENCES MULTIFACTORIELLES

OBJECTIF / contexte	PLAN	MODÈLES
tamiser les facteurs	2^{k-p} , Plackett-Burman	$X_i + X_i X_j$ certaines interactions confondues
effets facteurs	factoriel complet, $2^k 3^k 4^k 5^k \dots$	tous les effets
surfaces de réponse	central-composite, Box-Behnken	$X_i + X_i X_j + X_i^2$
facteurs %	mélanges	pas d'effet général
robustesse	Taguchi	$X_i + X_i X_j + X_i^2$
contraintes	sur mesure	$X_i + X_i X_j$
modèles déterministes	sphères, hypercube-latin	$X_i + X_i X_j + X_i^2$