

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 1/67

- Sommaire -

I- Introduction	3
A - Principe	3
B - En somme...	4
C - Exemple :	4
II- Démarche générale	5
III- Vocabulaire :	6
IV- Construire une table orthogonale fractionnaire	7
A - Exprimer le modèle recherché	7
1) Exemple	7
B - Déterminer le nombre minimal d'essais du plan	8
1) Calcul du plus petit commun multiple (PPCM)	8
a) Définition du PPCM :	8
b) Méthode pour déterminer le PPCM dans un plan d'expérience fractionnaire	9
c) Exemple :	9
2) Calcul du nombre de degrés de liberté	10
a) Définition du nombre de ddl :	10
b) Méthode pour calculer le nombre de ddl	10
c) Exemple :	11
3) Déduction du nombre d'essais minimum du plan	11
a) Principe	11
b) Exemple :	12
C - Identifier le graphique linéaire du plan et déterminer la table à utiliser	12
1) Les tables de Tagushi	12
a) Exemple :	13
2) Choix d'une table de Tagushi	13
a) Exemple :	13
3) Tracer le graphe linéaire du plan	14
a) Composition de la table de tagushi	14
b) Signification et utilisation des éléments du graphe linéaire :	14
D - Positionner les facteurs et les interactions sur la table à utiliser	17
a) Exemple :	18
V- Réaliser les essais :	20
VI- Analyser les résultats	20
A - Calcul de la moyenne générale	20
1) Exemple :	20
B - Calcul des effets par rapport à la moyenne des facteurs :	21
1) Exemple :	21
C - Calcul des effets par rapport à la moyenne des interactions :	22
1) Exemple :	22
D - Mise en évidence des facteurs les plus influents (par l'analyse de la variance)	23

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 2/67

1) Exemple :	23
E - Valider ou invalider le plan grâce à l'étude des alias	24
1) Définition	24
a) Exemple :	25
2) Recherche des alias	26
a) Méthodologie :	26
b) Exemple n°1	27
c) Exemple n°2	28
VII- Tracé du graphe du plan	29
F - Exemple :	29
VIII- Conclusion :	29
IX- Annexes	30
A - Processus général de réalisation d'un plan d'expérience fractionnaire :	30
B - Tables de Tagushi	31
1) Rappel des symboles utilisés	31
2) Table $L_4 (2^3)$	31
a) Table orthogonale	31
b) Graphe des effets	31
3) Table $L_8 (2^7)$	32
a) Table orthogonale	32
b) Triangle des interactions entre les colonnes	32
c) Graphe des effets	32
4) Table $L_{12} (2^{11})$	33
a) Table orthogonale	33
5) Table $L_{16} (2^{15})$	34
a) Table orthogonale	34
b) Triangle des interactions entre les colonnes	34
c) Graphe des effets	35
6) Table $L_{32} (2^{31})$	36
a) Table orthogonale	36
b) Triangle des interactions entre les colonnes	37
c) Graphe des effets (quelques graphes)	38
7) Table $L_9 (3^4)$	39
a) Table orthogonale	39
b) Graphe des effets	39
8) Table $L_{18} (2^3 \times 3^7)$	39
a) Table orthogonale	39
b) Graphe des effets	40
9) Table $L_{27} (3^{13})$	40
a) Table orthogonale	40
b) Graphe des effets	40
c) Triangle des interactions entre les colonnes	41
10) Table $L_{25} (5^6)$	42
a) Table orthogonale	42
b) Graphe des effets	42
11) Table $L_{36} (2^{11} \times 3^{12})$ et Table $L_{36} (2^3 \times 3^{13})$	43

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 3/67

a)	Table orthogonale L_{36} ($2^{11} \times 3^{12}$) : colonnes 1 à 23	43
b)	Pour construire la table L_{36} ($2^3 \times 3^{13}$)	44
C -	Formules pour la valeur de F (valeur Fisher calculée)	45
D -	Tables de SNEDECOR pour $p=0.950$ et $p=0.99$	46
X- Exercice		47

I- Introduction

A - *Principe*

Prenons comme exemple un plan d'expérience de 3 facteurs à 2 niveaux chacun. Si l'on isole 2 facteurs, on se rend compte que, pour chaque niveau de l'un des facteurs, on retrouve n fois chaque facteur de l'autre niveau. Ainsi :

Essai	A	B	C
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1
8	2	2	2

Si l'on isole...	...on retrouve...
A_1	2 fois B_1 2 fois B_2 2 fois C_1 2 fois C_2
A_2	2 fois B_1 2 fois B_2 2 fois C_1 2 fois C_2
B_1	2 fois A_1 2 fois A_2 2 fois C_1 2 fois C_2
B_2	2 fois A_1 2 fois A_2 2 fois C_1 2 fois C_2

Cette caractéristique sur ces combinaisons deux à deux (nommées ici « dualités ») du plan d'expérience est indispensable pour pouvoir effectuer le dépouillement du plan, car l'on retrouve exactement le même nombre de fois toutes les dualités possibles. C'est la notion d'orthogonalité



On dit que deux facteurs sont orthogonaux si, à chaque niveau de l'un, tous les niveaux de l'autre sont associés le même nombre de fois dans le plan d'expérience.

Un plan d'expérience pour lequel tous les facteurs sont orthogonaux est orthogonal.

D'après cette étude, on observe aussi que l'on retrouve toute ces dualités deux fois ! Elles sont donc prises en compte en double dans le calcul. C'est un doublon inutile ! Il est possible d'aller plus vite.

En choisissant judicieusement certaines combinaisons, on peut tenter de réduire ce nombre de dualités pour le ramener à 1 (pour notre exemple). Il est alors possible de réduire le nombre d'essais tout en conservant la propriété d'orthogonalité.

On réalise ainsi un plan fractionnaire (table L4 pour notre exemple)

Essai	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Si l'on isole...	...on retrouve...
A_1	1 fois B_1 1 fois B_2 1 fois C_1 1 fois C_2
A_2	1 fois B_1 1 fois B_2 1 fois C_1 1 fois C_2
B_1	1 fois A_1 1 fois A_2 1 fois C_1 1 fois C_2
B_2	1 fois A_1 1 fois A_2 1 fois C_1 1 fois C_2

On observe que le plan est orthogonal malgré ses 4 essais. Il est donc possible d'en effectuer le dépouillement !

En revanche, on perdra un certain nombre d'informations nous permettant de déterminer à la fois tous les facteurs et toutes les interactions. Dans cet exemple, il faudra donc choisir soit :

- ✓ De ne pas étudier un des facteurs
- ✓ De ne pas étudier toutes les interactions

B - *En somme...*

Un plan d'expérience fractionnaire est donc un **plan d'expérience au cours duquel on n'effectue qu'un nombre réduit d'expériences** sans envisager toutes les combinaisons possibles. On profite pour cela de la notion d'orthogonalité indispensable au dépouillement du plan...

Les combinaisons du plan fractionnaire sont choisies avec soin, selon la méthode dite de Tagushi (Genichi Tagushi à travaillé dans le domaine de la qualité et a développé ces plans d'expérience sous le nom de méthode Tagushi)

C - *Exemple :*

Ce plan ci-dessous est-il orthogonal ?

☐ Oui ☐ Non

Pourquoi ? _____

Dans ces conditions, est-il possible d'appliquer la méthode du plan d'expérience ?

☐ Oui ☐ Non

Essai	A	B	C
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	1
4	1	2	1
5	2	2	1
6	2	2	1
7	2	1	2
8	2	1	2

Si l'on isole...	...on retrouve...
A ₁	
A ₂	
B ₁	
B ₂	
C ₁	
C ₂	

II- Démarche générale

La démarche générale d'application d'un plan fractionnaire est exactement la même que la démarche utilisée pour un plan complet. Pour rappel, cette démarche s'articule autour des 6 points suivants :

1. Définir l'objectif et sa mesure
2. Sélectionner les facteurs – Choisir les niveaux
- 3. Construire la table orthogonale**
4. Réaliser les essais
- 5. Analyser les résultats**
6. Vérifier les résultats

La partie préparatoire à la réalisation d'un plan d'expérience est indiquée dans le cours « QU 610 – Les plans d'expérience - Généralités ». Nous ne nous intéresseront ici qu'à la partie dans laquelle des calculs interviennent, c'est-à-dire :

- ✓ La construction de la table orthogonale

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 7/67

✓ L analyse des résultats

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 8/67

La différence, dans le plan fractionnaire est que des étapes supplémentaires sont ajoutées pour ces deux phases. Ainsi :

	Plan fractionnaire	Plan complet
Pour...	...il faut réaliser les étapes suivantes :	...il faut réaliser les étapes suivantes :
Construire une table orthogonale fractionnaire	- Exprimer le modèle recherché (en supprimant l'étude de certains facteurs ou interactions) - Déterminer le nombre d'essais du plan - Calcul du plus petit commun multiple (PPCM) - Calcul du nombre de degrés de liberté du plan (ddl) - Déduire le nombre d'essais du plan - Identifier le graphique linéaire du plan et déterminer la table à utiliser - Positionner les facteurs et les interactions sur la table à utiliser	- Déterminer le nombre d'essais N du plan en fonction des niveaux de chaque facteurs (n_1 à n_n) : $N = n_1 * n_2 * n_3 * ... * n_n$ - Construire la table
Analyser les résultats	- Calcul de la moyenne générale - Calcul des effets par rapport à la moyenne des facteurs - Calcul des l'effet par rapport à la moyenne des interactions - Mise en évidence des facteurs les plus influents (test de SNEDECOR par l'analyse de la variance) - Valider ou invalider le plan (refaire ou non un autre plan d'expérience) grâce à l'étude des alias - Tracé du graphe du plan - Exploitation des résultats	- Calcul de la moyenne générale - Calcul des effets par rapport à la moyenne des facteurs - Calcul des effets par rapport à la moyenne des interactions - Mise en évidence des facteurs les plus influents (test de SNEDECOR par l'analyse de la variance) - Tracé du graphe du plan - Exploitation des résultats

III- Vocabulaire :

Nom	Définition
Action	On appellera « action » un facteur ou une interaction entre deux facteurs
Actions disjointes	Deux actions sont disjointes lorsqu'elles ne possèdent pas de facteurs en commun. Par exemple : ✓ A est disjoint de B ✓ CD est disjointe de AB ✓ B est disjoint de AC
Actions non disjointes	Deux actions sont non disjointes lorsqu'elles possèdent un facteur en commun. Par exemple : ✓ D est non disjoint de AD ✓ CB est non disjointe de AC

16/03/2011 16:00	E:\LEGTP_Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	--	------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 9/67

IV- Construire une table orthogonale fractionnaire

A - *Exprimer le modèle recherché*

Nous avons pu démontrer plus haut que, si un plan d'expérience fractionnaire présente l'énorme avantage de réduire de manière significative le nombre d'essais, il n'en demeure pas moins qu'un certain nombre d'informations ne paraîtront plus dans les résultats (voir page). Ce constat est dû au fait que toutes les combinaisons possibles ne sont pas étudiées.

Ainsi, il faudra donc choisir soit :

- ✓ De ne pas étudier certains facteurs
- ✓ De ne pas étudier tout ou parties des interactions
- ✓ De ne pas étudier certains facteurs et interactions

Aussi, avant de continuer plus avant l'élaboration de ce plan, il est important de sélectionner judicieusement les facteurs et/ou interactions à ne pas étudier. Cette sélection se fait de manière subjective, en fonction :

- ✓ Du niveau de connaissance que l'on dispose sur le système
- ✓ Du jugement subjectif que l'on se fait de l'influence ou non de certains facteurs ou interactions initialement sélectionnées dans la phase n°2 : « Sélectionner les facteurs – Choisir les niveaux » (voir cours « QU 610 – Les plans d'expérience - Généralités »)
- ✓ Autres critères objectifs ou subjectifs

Remarque pour limiter la taille du nombre d'essais : n'étudier les interactions disjointes¹ entre-elles que si cela est indispensable

Il est alors important d'exprimer cette sélection dans le modèle matriciel du type :

$$y = \bar{Y} + [A] + [B] + \dots + [X] + \dots + [AB] + [AX] + \dots + [XY]$$

Ou :

- ✓ y une réponse quelconque
- ✓ $\bar{Y}$ la moyenne générale des réponses
- ✓ A, B, ..., X des facteurs ayant plusieurs niveaux sélectionnés pour l'étude du plan fractionnaire

1) *Exemple*

On souhaite optimiser la qualité de l'usinage sur une toupie. Par souci d'économie de temps et d'argent, on souhaite mettre en place un plan d'expérience fractionnaire dont les modalités sont les suivantes.

Facteur	Définition	Niveau 1	Niveau 2
A	Type d'outil	Carbure	Pastille brasée
B	Vitesse d'avance	4 m/min	8 m/min
C	Profondeur de passe	4mm	10mm
Réponse Y :		Note sur la qualité de l'usinage	

¹ Voir vocabulaire page

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 10/67

On décide dans un premier temps de ne pas considérer la profondeur de passe, car on juge, au regard des autres facteurs, qu'il soit possible que ce facteur aie moins d'influence que les autres.

Exprimer le modèle matriciel de ce plan

B - Déterminer le nombre minimal d'essais du plan

La détermination du nombre d'essais d'un plan d'expérience fractionnaire dépend de deux paramètres :

- ✓ Le plus petit commun multiple du plan
- ✓ Le nombre de degrés de liberté du plan



En effet c'est le plus grand résultat de ces deux paramètres qui déterminera le nombre d'essais N du plan...

$$N = \sup(\text{PPCM}; \text{ddl})$$

1) Calcul du plus petit commun multiple (PPCM)

a) Définition du PPCM :

Le plus petit commun multiple, en abrégé PPCM, de deux entiers naturels a et b, est le plus petit entier qui soit à la fois multiple de ces deux nombres.

Le PPCM de a et b peut également se définir comme un multiple commun de a et de b qui divise tous les multiples communs de a et de b.

Exemple : Plus petit commun multiple (PPCM) de 12 et 15.

Les multiples de 12 sont :	Les multiples communs de 12 et de 15 sont :	Le plus petit commun de 12 et de 15 est
12, 24, _____ _____, 120, etc...		
Les multiples de 15 sont :	_____ et _____	_____
15, 30, _____ _____, 120, etc...		

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 11/67

Le PPCM est donc _____

b) **Méthode pour déterminer le PPCM dans un plan d'expérience fractionnaire**

La méthode est fondée sur l'utilisation d'un tableau à 2 entrées :

1. Construire la table en positionnant les facteurs & interactions étudiées, et leur nombre de niveaux dans un tableau double entrée (tableau 1)
2. Marquer par une croix (X) les cases correspondant aux actions non disjointes² (tableau 1)
3. Calculer, pour chaque case vide, le produit des actions en relation (tableau 1)
4. Inventorier tous les multiples communs MC du tableau, c'est-à-dire l'ensemble des nombres trouvés (tableau 2)
5. En déduire le plus petit commun multiple en sélectionnant le MC le plus grand inventorié
 $PPCM = \sup(MC_1; MC_2; \dots; MC_x)$ (tableau 2)

Nota : Le nombre de niveaux d'une interaction se détermine par le produit des niveaux de chaque facteur de cette interaction

Exemple : Modèle recherché $y = \bar{Y} + [A] + [B] + [C] + [D] + [AD]$. Nombres de niveaux des facteurs :
A=2 ; B=2 ; C=2 ; D=3

A	2	2				
B	2	4	2			
C	2	4	4	2		
D	3	6	6	6	2	
AD	2*3	2	12	12	2	2
Action s du modèle	Nb de niveau x	2	2	2	3	2*3
		A	B	C	D	AD

Tableau 1

Bilan des MC	PPCM
$MC_1 = 4$	$PPCM = 12$
$MC_2 = 6$	
$MC_3 = 12$	

Tableau 2

c) **Exemple :**

On souhaite diminuer la dispersion de la toupie pour la réalisation de rainures dans des traverses réalisées en hêtre. Par souci de temps et d'argent, on souhaite mettre en place un plan d'expérience fractionnaire dont les modalités sont les suivantes :

Facteur	Définition	Niveau 1	Niveau 2
A	Type d'outil	Carbure	Acier monobloc
B	Vitesse de rotation	6000 tr/min	8000 tr/min
C	Vitesse d'avance	15 m/min	20 m/min
D	Position outil par rapport à l'arbre	Haut	Bas

Réponse Y : *Ecart type obtenu sur 20 usinages pour chaque réglage*

Le modèle recherché est du type : $\hat{Y} = \bar{M} + A + B + C + D + AB + AC$

Déterminer le PPCM de ce plan :

Bilan des MC	PPCM
--------------	------

² Voir vocabulaire page

<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																																	$PPCM =$

2) Calcul du nombre de degrés de liberté

a) Définition du nombre de ddl :

Par principe, le nombre de degrés de libertés (ddl) d'un facteur ou d'une interaction est le nombre de valeurs à calculer pour en déduire les autres.

Ainsi, pour déterminer le nombre de ddl d'un plan entier, il est important de calculer le nombre de ddl de chaque facteur et interactions de ce plan.

b) Méthode pour calculer le nombre de ddl

Pour une moyenne m, le nombre de ddl est TOUJOURS :	Pour un facteur A, le nombre de ddl est :	Pour une interaction AB, le nombre de ddl est :
1	$ddl_A = n_A - 1$	$ddl_{AB} = ddl_A * ddl_B$ Ou $ddl_{AB} = (n_A - 1) * (n_B - 1)$
NB : « n » étant le nombre de niveaux de chaque facteur		
Pour un modèle complet, le nombre de ddl est :		
$ddl_{modèle} = ddl_{moyenne} + \sum ddl_{facteurs} + \sum ddl_{interactions}$		

Exemple :

Exemple : Modèle recherché $y = \bar{Y} + [A] + [B] + [C] + [D] + [AD]$. Nombres de niveaux des facteurs : A=2 ;B=2 ;C=2 ;D=3		
Source	Niveaux	ddl
$\bar{Y}$	/	1
A	2	1
B	2	1
C	2	1
D	3	2
AD	2*3	2
TOTAL		8
Ce plan comporte donc 8 ddl.		

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 14/67

16/03/2011 16:00	<i>E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx</i>	Edité par : O.B / O.G.
------------------	--	---------------------------

c) **Exemple :**

On souhaite diminuer la dispersion de la toupie pour la réalisation de rainures dans des traverses réalisées en hêtre. Par souci de temps et d'argent, on souhaite mettre en place un plan d'expérience fractionnaire dont les modalités sont les suivantes :

Facteur	Définition	Niveau 1	Niveau 2
A	Type d'outil	Carbure	Acier monobloc
B	Vitesse de rotation	6000 tr/min	8000 tr/min
C	Vitesse d'avance	15 m/min	20 m/min
D	Position outil par rapport à l'arbre	Haut	Bas
Réponse Y :		Ecart type obtenu sur 20 usinages pour chaque réglage	

Le modèle recherché est du type : $\hat{Y} = \bar{M} + A + B + C + D + AB + AC$

Déterminer le nombre de ddl de ce plan :		
Source	Niveaux	ddl
TOTAL		

Le nombre de ddl de ce plan est donc de :

3) **Déduction du nombre d'essais minimum du plan**

a) **Principe**

Comme indiqué au début de ce chapitre, la détermination du nombre d'essais d'un plan d'expérience fractionnaire dépend à la fois

- ✓ Du plus petit commun multiple du plan
- ✓ De nombre de degrés de liberté du plan

Ainsi, le nombre d'essais N d'un plan fractionnaire est...

$$N = \text{sup}(PPCM; \text{ddl})$$



La détermination du nombre d'essais minimum est fondamentale pour identifier la table de Tagushi à utiliser. En effet, en fonction du nombre d'essais à réaliser, il faudra choisir le plan prédéterminé par Tagushi correspondant.

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 16/67

b) *Exemple :*

Un plan d'expérience fractionnaire dont :

- ✓ Le PPCM=8
- ✓ Le nombre de ddl=7

Devra comporter un minimum de _____ essais !

c - *Identifier le graphique linéaire du plan et déterminer la table à utiliser*

1) *Les tables de Tagushi*

A partir de tables orthogonales complètes, le professeur Tagushi à réussi à déterminer 18 tables fractionnaires, elles aussi orthogonales, qui permettent de résoudre la plupart des problèmes industriels. Il a ainsi choisi de les répertorier de la manière suivante :

Table $L_n(N^C)$

Ou :

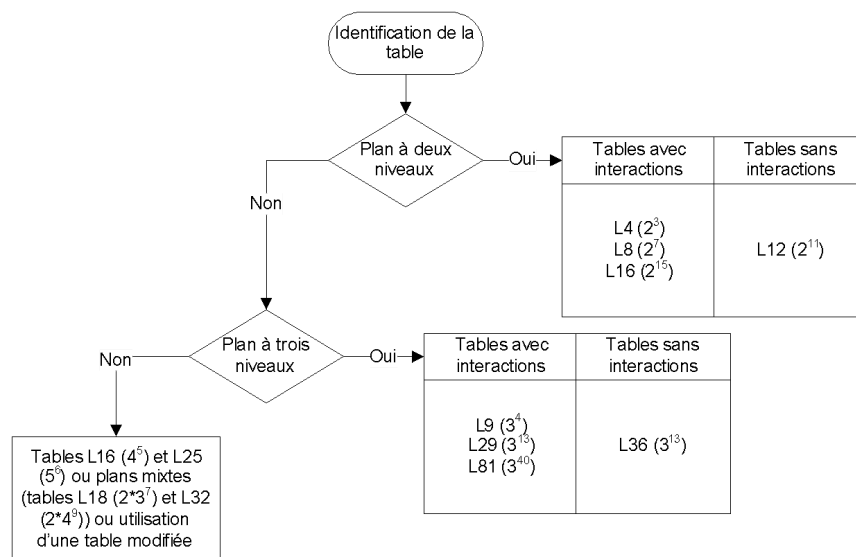
- ✓ n est le nombre d'essais à réaliser si l'on applique cette table :
- ✓ N est le nombre de niveaux pour chacun des facteurs (le nombre de lignes du plan)
- ✓ C est le nombre de facteurs ou interactions maximales des tables (le nombre de colonnes du plan)

En outre, le calcul de la puissance N^C permet de trouver le plan complet orthogonal duquel ce plan fractionnaire est tiré.

Par exemple, la table $L_4(2^3)$ signifie :

- ✓ Que la table comporte 4 lignes (4 essais)
- ✓ Que le nombre de colonnes est de 3 (on pourra tester au maximum 3 facteurs ou interactions)
- ✓ Que chaque facteur sera testé sur 2 niveaux
- ✓ Que cette table est extraite du plan complet $2^3=8$ essais sur le plan complet (4 pour le plan fractionnaire)

L'ensemble de ces tables sont répertoriées dans l'organigramme ci-dessous :



a) Exemple :

Par exemple, la table L16 (2^{15}) signifie :

- ✓ _____
- ✓ _____
- ✓ _____
- ✓ _____

2) Choix d'une table de Tagushi

Pour choisir une table, il faut d'abord connaître :

- ✓ Les niveaux des facteurs
- ✓ Les interactions à étudier (s'il y en a)
- ✓ Le nombre minimal d'essais à réaliser (issu du calcul du PPCM et du ddl)

Grâce à l'étude combinée du PPCM et du nombre de ddl, nous connaissons désormais le nombre d'essais minimum à réaliser dans notre plan d'expérience fractionnaire. Nous pouvons donc identifier la table de notre expérience. Ce choix se fera :

- En fonction du nombre minimal d'essais
- En fonction du nombre de facteurs et d'interactions à étudier (voir organigramme page)



Le nombre minimal d'essais du plan permet de déterminer la plus petite table qu'il est possible d'utiliser. **Cela ne veut pas dire qu'il est impossible d'en utiliser de plus grandes !** Si nous avons un minimum 8 essais à réaliser, cela voudra dire qu'il faudra au minimum utiliser la table L8, mais qu'il est aussi possible d'utiliser

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 18/67

la table L16 ou L32 ! **Attention cependant à ne pas sélectionner une table imposant trop d'essais par rapport à la table minimale** (cela annulerait complètement les bénéfices apportés par le plan d'expérience Tagushi, qui est de réduire grandement le nombre des essais)

a) *Exemple :*

Soit une expérience dont :

- Le PPCM est 8
- Le nombre de ddl est 7
- Le nombre de facteurs à étudier est 4
- Le nombre d'interactions à étudier est 2

Ce plan comportera donc _____ essais au minimum

La table minimale de ce plan sera donc la table _____

Les autres tables encore acceptables à utiliser sont les tables _____

Si l'on choisissait un plan complet, ce plan comporterait : _____ essais

3) *Tracer le graphe linéaire du plan*

a) *Composition de la table de tagushi*



La grosse différence entre un plan d'expérience fractionnaire et un plan d'expérience complet est :

- ✓ Que l'on n'utilisera pas nécessairement toutes les colonnes de la table (celles non utilisées seront tout bonnement supprimées)
- ✓ Que, lors des calculs, les interactions seront considérées exactement comme des facteurs (mêmes formules de calcul que s'il s'agissait de facteurs)

Chaque table de Tagushi est souvent accompagné de deux autres éléments (voir annexes page) :

La table orthogonale (ici L8)	Triangle des interactions (ici L8) (s'il y a lieu)	Graphes linéaires (ici L8) (s'il y a lieu)
Permet de réaliser les expériences concrètement	Permet de déterminer l'éventuelle présence d'alias (voir page)	Permet de positionner les facteurs/interactions dans les bonnes colonnes

Tableau A : les éléments ci-dessous sont présentés à titre d'exemple. Pour plus de tables, de triangle des interactions, et de graphes linéaires, voir annexes page)

b) *Signification et utilisation des éléments du graphe linéaire :*

Le graphe linéaire est composé :

- ✓ Points numérotés plus ou moins assombri : un point représente un facteur
- ✓ Segments numérotés : un segment représente une interaction

A chaque numéro représenté sur le graphe correspond un numéro de colonne sur la table orthogonale correspondante.

Ainsi, dans l'exemple du tableau A ci-dessus, on peut observer que la colonne 3 est le siège de l'interaction entre le facteur placé dans la colonne 1 et celui placé dans la colonne 2

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 20/67

L'intérêt des graphes est donc de pouvoir positionner les facteurs au bon endroit dans la table en fonction du modèle initialement recherché (ainsi que les interactions. Rappelons que les interactions sont traitées comme des facteurs dans un plan fractionnaire)

Exemple avec la table L4 et deux facteurs A et B :

Si l'on positionne des facteurs A et B comme suit sur le graphe de la table L4...

The diagram shows a horizontal line with three points. The left point is a white circle labeled '1' above it, with a box labeled 'Facteur A' above it. The right point is a black circle labeled '2' above it, with a box labeled 'Facteur B' above it. A third point, labeled '3' above it, is located on the line between the first and second points.

En conséquence, l'interaction AB sera positionnée sur la colonne n°3 de la table

...ils se positionneront sur la table L4, et leur interaction se positionnera comme suit

The diagram shows three boxes: 'Facteur A' at the bottom, 'Facteur B' in the middle, and 'Interaction AB' at the top. Dashed lines connect 'Facteur A' to column 1 of the table below, 'Facteur B' to column 2, and 'Interaction AB' to column 3.

N°	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1
	a	b	a
			b
Groupe	1	2	

Comment positionner les facteurs sur le graphe ?

Chaque point représente un facteur à positionner dans la table en fonction du numéro qui lui est assigné. Ces facteurs se positionnent **en fonction de la difficulté à modifier leurs niveaux**.

Ex : sur une toupie, il sera plus rapide de modifier la profondeur de passe que la vitesse de rotation de l'outil

Ainsi, les facteurs dont les niveaux sont les plus faciles à modifier se positionneront sur un point noir, alors que les facteurs les plus difficiles à modifier se positionneront sur un point blanc. Le professeur Taguchi a ainsi défini les symboles des points du graphe en fonction de la difficulté de modification des niveaux de ce graphe :

Symbole	Groupe	Difficulté de modification des niveaux
○	1	Difficile
◉	2	Assez difficile
●	3	Assez facile
●	4	Facile



16/03/2011 16:00	E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	---	------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 21/67

On observe que plus le point est assombri, plus les niveaux du facteur sont faciles à régler. A l'inverse, plus le point est clair, plus les niveaux du facteur sont difficiles à régler !

En effet, on observera que les numéros de colonnes de la table de Tagushi dont les niveaux n'évoluent que peu de fois (ex : colonne 1 pour la table L4) sont identifiés sur le graphe par un point peu assombri (point blanc)

Enfin, la mention « Groupe 1 » repère la colonne comportant un seul changement de niveau si l'on effectue les essais dans l'ordre de la table. Ainsi, chaque numéro de groupe correspond à un nombre de changement de niveau lors de la réalisation des essais.

Nota : Cette indication en bas de table n'est pas absolument fondamentale si l'on positionne préalablement les facteurs sur le graphe

N°	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1
	a	b	a
			b
Groupe	1	2	

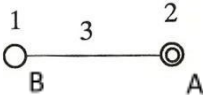
Exemple : Modèle étudié : $Y = \bar{Y} + [A] + [B] + [AB]$. **Table correspondante L4**

N°	Facteur	Niveau 1	Niveau 2
A	Profondeur de passe	9mm	25mm
B	Vitesse de rotation de l'outil	6000 tr/min	8000 tr/min

Réponse : qualité d'un usinage sur une toupie

En toute logique, sur une toupie, la profondeur de passe est plus facile à régler que la vitesse de rotation de l'outil. Il est donc judicieux de placer :

- ✓ La vitesse de rotation de l'outil (facteur B) sur le point n°1 (donc sur la colonne 1 dans la table), car celui-ci fait partie du groupe 1. Le nombre de changement de niveaux sera donc égal à 1 sur la colonne correspondante dans la table
- ✓ La profondeur de passe (facteur A) sur le point n°2 (donc la colonne 2 dans la table). Le nombre de changement de niveaux sera donc égal à 2 sur la colonne correspondante dans la table

Cela donne donc le graphe suivant...	... et la table L4 suivante :																								
	<table><tr><th>N° colonne</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><th>Facteur</th><th>B</th><th>A</th><th><u>A</u> B</th></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	N° colonne	1	2	3	Facteur	B	A	<u>A</u> B	1	1	1	1	2	1	2	2	3	2	1	2	3	2	2	1
N° colonne	1	2	3																						
Facteur	B	A	<u>A</u> B																						
1	1	1	1																						
2	1	2	2																						
3	2	1	2																						
3	2	2	1																						

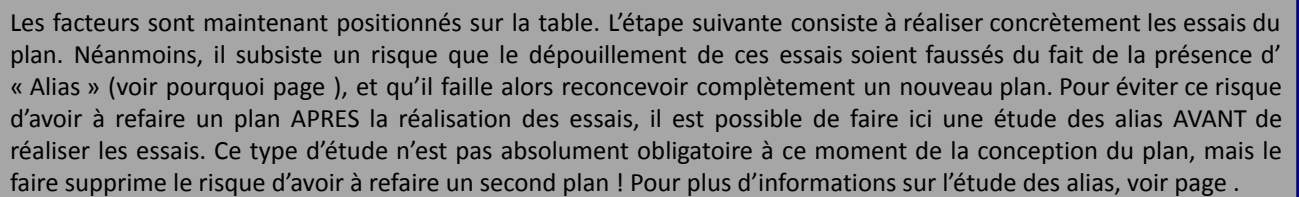
BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 22/67

D - *Positionner les facteurs et les interactions sur la table à utiliser*

En supposant que le modèle à étudier soit préalablement exprimé (voir page) La démarche se déroule en six temps

N°	Action	Exemple :																																
0	Identifier le modèle recherché (voir page), le nombre d'essais (voir page) et les table acceptables (voir page)	Modèle étudié : $\hat{Y} = \overline{M} + A + B + C + D + AB + AC$ Tables acceptées : Tables L8 ou L16																																
1	Identifier la difficulté à modifier chaque facteur étudié	<table><thead><tr><th>Facteur</th><th>Définition</th><th>Difficulté de modification du niveau</th><th>Symbole</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>Type d'outil</td><td>Difficile (groupe 1)</td><td>○</td></tr><tr><td>B</td><td>Vitesse de rotation</td><td>Assez difficile (groupe 2)</td><td>◎</td></tr><tr><td>C</td><td>Vitesse d'avance</td><td>Facile (groupe 4)</td><td>●</td></tr><tr><td>D</td><td>Position outil par rapport à l'arbre</td><td>Assez difficile (groupe 2)</td><td>◎</td></tr></tbody></table> Réponse Y : Ecart type obtenu sur 20 usinages pour chaque réglage	Facteur	Définition	Difficulté de modification du niveau	Symbole	A	Type d'outil	Difficile (groupe 1)	○	B	Vitesse de rotation	Assez difficile (groupe 2)	◎	C	Vitesse d'avance	Facile (groupe 4)	●	D	Position outil par rapport à l'arbre	Assez difficile (groupe 2)	◎												
Facteur	Définition	Difficulté de modification du niveau	Symbole																															
A	Type d'outil	Difficile (groupe 1)	○																															
B	Vitesse de rotation	Assez difficile (groupe 2)	◎																															
C	Vitesse d'avance	Facile (groupe 4)	●																															
D	Position outil par rapport à l'arbre	Assez difficile (groupe 2)	◎																															
2	Tracer le graphe linéaire du plan, en fonction de votre jugement sur la facilité à modifier les niveaux des facteurs																																	
3	Comparer avec le ou les graphes proposés par Tagushi pour l'ensemble des tables ciblées	Table L8 Table L16 Etc...																																
4	Sélectionner le graphe de Tagushi le plus proche du graphe linéaire du plan, en fonction : ✓ De la difficulté de modification du niveau (couleur des points) ✓ De la forme générale du graphe	Le graphe de Tagushi le plus proche du graphe linéaire de ce plan est le : <table><thead><tr><th>Table L8</th><th>Table L16</th></tr></thead><tbody><tr><td>☒ Premier graphe</td><td>☐ Premier graphe</td></tr><tr><td>☐ Second graphe</td><td>☐ Second graphe</td></tr></tbody></table>	Table L8	Table L16	☒ Premier graphe	☐ Premier graphe	☐ Second graphe	☐ Second graphe																										
Table L8	Table L16																																	
☒ Premier graphe	☐ Premier graphe																																	
☐ Second graphe	☐ Second graphe																																	
5	Positionner les facteurs sur le graphe de Tagushi																																	
6	Positionner les facteurs sur la table de Tagushi correspondante, en fonction du modèle matriciel à étudier. Supprimer les colonnes inutiles si besoin	<table><thead><tr><th>Colonne</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr></thead><tbody><tr><td>Facteur</td><td>A</td><td>B</td><td>A</td><td>C</td><td>AC</td><td>/</td><td>D</td></tr><tr><td>N°1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>N°2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr></tbody></table>	Colonne	1	2	3	4	5	6	7	Facteur	A	B	A	C	AC	/	D	N°1	1	1	1	1	1	1	1	N°2	1	1	1	2	2	2	2
Colonne	1	2	3	4	5	6	7																											
Facteur	A	B	A	C	AC	/	D																											
N°1	1	1	1	1	1	1	1																											
N°2	1	1	1	2	2	2	2																											

			N°3	1	2	2	1	1	2	2
			N°4	1	2	2	2	2	1	1
			N°5	2	1	2	1	2	1	2
			N°6	2	1	2	2	1	2	1
			N°7	2	2	1	1	2	2	1
			N°8	2	2	1	2	1	1	2



On souhaite étudier le plan fractionnaire permettant d'étudier l'influence de 7 facteurs et de 8 interactions comme l'indique le modèle suivante. La réponse de ce plan est la qualité d'un rainurage sur une toupie.

$$\hat{Y} = \overline{M} + A + B + C + D + E + F + G + AB + AC + AD + AE + AF + AG + BC + ED$$

N°	Facteur	Difficulté de modification du niveau	Symbole
A	Profondeur de passe		
B	Vitesse d'avance		
C	Vitesse de rotation		
D	Nature matériau		
E	Dispersion d'usinage		
F	Nature de l'outil		

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 24/67

G	Nombre de passes		
----------	------------------	--	--

En fonction des graphes de Tagushi présentés en annexe page , positionner les facteurs et les interactions sur la table L16 présenté page suivante :

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Facteur/Interaction															
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience										QU 620				
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire										Page 25/67				

10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2.	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2.	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

V- Réaliser les essais :

La démarche de réalisation des essais pour un plan fractionnaire est exactement identique à celle utilisée par les plans complets (voir cours « QU 610 – Les plans d'expérience – Généralités »). Pour les tables de Tagushi, il suffit juste de ne pas prendre en considération les colonnes correspondant aux interactions.

Exemple :

Colonne	1	2	3	4	5	6	7
Facteur	A	B	A	C	A	/	D
r			B		C		
N°1	1	1	1	1	1	1	1
N°2	1	1	1	2	2	2	2
N°3	1	2	2	1	1	2	2
N°4	1	2	2	2	2	1	1
N°5	2	1	2	1	2	1	2
N°6	2	1	2	2	1	2	1
N°7	2	2	1	1	2	2	1
N°8	2	2	1	2	1	1	2

Sera exploitée en ne considérant pas les colonnes correspondant aux interactions du plan...

Colonne	1	2	4	7	/
Facteur	A	B	C	D	Réponse
r					e
N°1	1	1	1	1	
N°2	1	1	2	2	
N°3	1	2	1	2	
N°4	1	2	2	1	
N°5	2	1	1	2	
N°6	2	1	2	1	
N°7	2	2	1	1	
N°8	2	2	2	2	

VI- Analyser les résultats

A - Calcul de la moyenne générale

La démarche est exactement la même que pour un plan complet (voir cours « QU 620 - Les plans d'expérience - Plan complet »)

1) Exemple :

Calculer la moyenne de ce plan :

Colonne	1	2	3	4	5	6	7	Résultats
Facteur	A	B	AB	C	AC	/	D	y
1	1	1	1	1	1	1	1	0.03
2	1	1	1	2	2	2	2	0.05
3	1	2	2	1	1	2	2	0.06
4	1	2	2	2	2	1	1	0.08
5	2	1	2	1	2	1	2	0.035
6	2	1	2	2	1	2	1	0.055
7	2	2	1	1	2	2	1	0.09
8	2	2	1	2	1	1	2	0.1
Moyenne générale :								

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 27/67

B - *Calcul des effets par rapport à la moyenne des facteurs :*

La démarche est exactement la même que pour un plan complet (voir cours « QU 620 - Les plans d'expérience - Plan complet »)

1) *Exemple :*

Calculer les effets par rapport à la moyenne des facteurs de ce plan :

Colonne	1	2	3	4	5	6	7	Résultats
Facteur	A	B	AB	C	AC	/	D	y
1	1	1	1	1	1	1	1	0.03
2	1	1	1	2	2	2	2	0.05
3	1	2	2	1	1	2	2	0.06
4	1	2	2	2	2	1	1	0.08
5	2	1	2	1	2	1	2	0.035
6	2	1	2	2	1	2	1	0.055
7	2	2	1	1	2	2	1	0.09
8	2	2	1	2	1	1	2	0.1
Moyenne générale :								0.0625

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 28/67

c- *Calcul des effets par rapport à la moyenne des interactions :*

Le calcul des effets par rapport à la moyenne des interactions peut se calculer de deux manières :

- ✓ Soit de la même manière que pour un plan complet (voir cours « QU 620 - Les plans d'expérience - Plan complet »)
- ✓ Soit en considérant les interactions de la même manière que les facteurs. C'est-à-dire que le calcul sera exactement le même pour les facteurs comme pour les interactions (on se basera sur la méthode de calcul des facteurs)



Même si le calcul des interactions selon la méthode traditionnelle (celle appliquée pour le plan complet) est valide, il est nettement plus rapide d'effectuer le calcul des effets par rapport à la moyenne en appliquant la formule de calcul identique à celle des facteurs !

1) *Exemple :*

Calculer les effets par rapport à la moyenne de A, B, et AB

Colonne	1	2	3	Réponse
Facteur	A	B	A B	Y
1	1	1	1	165
2	1	2	2	105
3	2	1	2	5
4	2	2	1	95
Moyenne				92,5

Selon le mode classique

A. Effet total de A et B

	A	B
1		
2		

B. Effet / moyenne de A et B

	A	B
1		
2		

C. Effet total de AB

	B1	B2

Selon le mode fractionnaire

NOTA : Dans les plans d'expérience fractionnaire, on traite les interactions comme des facteurs

A. Effet total de A, B, et AB

	A	B	AB
1			
2			

Effet total de la colonne AB positionnée sur « 1 ».

Effet total de la colonne AB positionnée sur « 2 ».

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 29/67

A1		
A2		

D. Effet / moyenne de AB

	B1	B2
A1		
A2		

E. Modèle matriciel non validé :

B. Effet / moyenne de A, B, et AB

	A	B	AB
1			
2			

Effet/moyenne
de A_1B_1 et de
 A_2B_2
(E/moyenne =
E.total AB1 -)

Effet/moyenne
de A_1B_2 ou de
 A_2B_1
(E/moyenne =
E.total AB2 -)

C. Modèle matriciel non validé :

Conclusion :

Les deux méthodes donnent :

☐ Des résultats rigoureusement identiques

☐ Des résultats différents

La méthode la plus rapide pour le calcul est :

☐ La méthode « classique »

☐ La méthode fractionnaire

D - *Mise en évidence des facteurs les plus influents (par l'analyse de la variance)*

La démarche d'analyse de la variance est ici exactement la même que celle utilisée dans un plan d'expérience complet (voir cours « QU 620 - Les plans d'expérience - Plan complet »). Ainsi, vous devrez :

1. Calculer les résidus
2. Calculer la valeur « Fischer calculée (F_{calc}) »
3. Déterminer la valeur « Fischer théorique (F_{table}) »
4. Interprétation le résultat
5. Conclure sur la significativité des facteurs et interactions

1) *Exemple :*

16/03/2011 16:00	E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	---	---------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 30/67

Exprimer le modèle matriciel complet validé du modèle matriciel non validé suivant :

$$\hat{Y} = 0.0625 + [-0.0075 \quad +0.0075][A] + [-0.02 \quad +0.02][B] + [-0.00875 \quad 0.00875][C] + [+0.00125$$

Colonne	1	2	3	4	5	6	7	Résultats	Estimatio n	Résidus
Facteur	A	B	AB	C	AC	/	D	y	e	R
1	1	1	1	1	1	1	1	0.03		
2	1	1	1	2	2	2	2	0.05		
3	1	2	2	1	1	2	2	0.06		
4	1	2	2	2	2	1	1	0.08		
5	2	1	2	1	2	1	2	0.035		
6	2	1	2	2	1	2	1	0.055		
7	2	2	1	1	2	2	1	0.09		
8	2	2	1	2	1	1	2	0.1		
Moyenne générale :								0.0625	$\sum r^2 =$	
/								/	$\sum r =$	

Sources	SCE	ddl	Variance	F calculé	F 0.05	Décision

Modèle matriciel valide :

E - Valider ou invalider le plan grâce à l'étude des alias

1) Définition

On dira qu'il y a alias **dans une colonne d'un plan d'expérience fractionnaire** lorsque l'on peut y trouver les effets de plusieurs actions superposées.

En fait, ces alias sont issu du fait qu'en omettant volontairement de prendre en compte tous les facteurs de l'expérience, il est possible que l'un d'entre eux (nommé ici facteur X), particulièrement significatif (et

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 32/67

pourtant non pris en compte), influera nécessairement sur la réponse de chaque essai. Le calcul de l'effet par rapport à la moyenne de certains facteurs (nommés ici facteurs A) étudiés dans le plan peuvent alors s'en trouver erronés.

La difficulté réside donc dans le fait de trouver quels facteurs A peuvent être concernés par l'influence d'un autre facteur X non pris en compte dans l'étude et pourtant potentiellement significatif.

Ces facteurs A calculés sont alors dits « aliassés » avec le facteur X

Une grande vigilance devra alors être portée à la valeur de l'effet par rapport à la moyenne de ces facteurs A :

- ✓ Si l'effet par rapport à la moyenne du facteur **A est faible**, alors il est probable que ce facteur ne soit **pas trop significatif**. Il n'est donc pas très important, et n'influe pas énormément sur la réponse. Il est alors **inutile de refaire un plan d'expérience** prenant en compte le facteur X et le facteur A pour connaître la valeur réelle de chacun d'eux.
- ✓ Si l'effet par rapport à la moyenne du facteur **A est important**, il est alors possible que ce facteur A, ou le facteur X avec lequel il est associé, ou ces deux facteurs soient suffisamment **significatifs** pour influencer sur la réponse de manière importante. Il peut alors être utile de **refaire un plan d'expérience** prenant en compte le facteur X et le facteur A pour connaître la valeur réelle de chacun d'eux.

Nota : *L'étude d'alias se fait toujours par rapport aux interactions. Ce constat est logique dans la mesure où il s'agit de l'interaction de deux facteurs qui peuvent influencer sur le calcul de l'effet par rapport à la moyenne d'une colonne (ou se trouve un facteur aliassé)*

a) **Exemple :**

Soit un plan d'expérience sur la durabilité d'un bois en fonction de la finition dont les facteurs envisagés sont les suivants :

- ✓ Durée de séchage
- ✓ Présence vernis
- ✓ Présence catalyseur
- ✓ Type vernis

Les facteurs retenus pour ce plan d'expérience fractionnaire :

- ✓ Durée de séchage
- ✓ Présence vernis
- ✓ Type vernis

Nota : *La présence de catalyseur sera omise, c'est-à-dire qu'il sera ajouté ou non au vernis de façon complètement aléatoire ou décidée préalablement tout au long de l'expérimentation*

Les résultats de ce plan démontrent que la présence d'un vernis est le facteur le plus significatif.

Or, nous savons que la présence ou non d'un catalyseur dans le vernis joue un grand rôle sur la tenue de celui-ci, et donc directement sur la durabilité du bois (réponse de ce plan)

Ainsi, dans l'étude du facteur « Vernis », quel rôle joue exactement le catalyseur ? A quel point ce catalyseur influe-t-il sur la réponse donnée par le facteur « Vernis » ?

16/03/2011 16:00	E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	---	---------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 33/67



On dira alors que le catalyseur est « Aliassé » avec le vernis, c'est-à-dire que dans l'étude des réponses où sont concernés les réglages du vernis, il est probable que les résultats soient faussés du fait de la présence ou non de catalyseur.

En conséquence, la détermination du facteur « Vernis » seul (sans l'influence du catalyseur) est faussée. Les effets par rapport à la moyenne calculés ne reflèteront pas seulement l'impact du Vernis seul, mais plutôt l'influence conjuguée (et aléatoire ou non) du vernis et du catalyseur.

- ✓ Si le facteur « vernis » est significatif, alors l'influence conjuguée (=aliassée) du vernis et du catalyseur sont significatifs sur la réponse. Il sera donc important de refaire un plan d'expérience prenant en compte les deux facteurs « Vernis » et « Catalyseur » indépendamment. Ceci afin de déterminer l'influence respective de chacun d'eux. On préférera alors un plan d'expérience plus grand, et ce afin d'éviter la présence de nouveaux alias.
- ✓ Si le facteur « Vernis » n'est pas significatif, alors l'influence conjuguée (=aliassée) du vernis et du catalyseur ne sont pas significatifs sur la réponse. Donc, même si l'on ne connaît pas exactement l'influence du catalyseur par rapport au vernis, cela n'est pas important, car nous savons que les deux conjugués (de quelque manière que ce soit) n'ont que peu d'influence sur la réponse. Nous allons donc plutôt nous concentrer sur les facteurs ayant le plus d'influence. Il sera inutile de refaire un plan.



Afin de supprimer le risque de refaire un plan à cause des alias, une autre stratégie est envisageable : faire en sorte que le plan ne dispose d'aucun alias (qu'il soit significatif ou non). Il faut pour ce faire réaliser l'étude des alias AVANT réaliser les essais (et après avoir positionné les actions sur la table, voir page). Si l'étude des alias révèle une présence d'alias, on préférera alors prendre une table immédiatement plus grande afin de les supprimer ! Ainsi, sans alias, plus de risque d'avoir à refaire un plan !

2) *Recherche des alias*

Elle s'effectue à l'aide du triangle des interactions et d'un tableau de recherche des interactions

a) *Méthodologie :*

1. Inventorier toutes les interactions possibles entre les facteurs du modèle
2. A l'aide du triangle des interactions³ de la table concernée, rechercher les n° de colonnes
3. Lister les interactions prises en compte dans le modèle : Tableau bilan
4. Relever le numéro de leur colonne
5. Comparer les deux tableaux :
 - ✓ Si deux interactions se retrouvent dans une même colonne, alors ces deux interactions sont « aliassés »

³ Pour plus de précisions sur la table des interactions, voir page

16/03/2011 16:00	E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	---	---------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 34/67

- ✓ Si l'une d'entre-elle, ou les deux, sont prises en compte dans le modèle étudié, il faudra alors analyser la valeur de leur effet/moyenne.

6. Analyse et conclusion

Triangle des interactions issues de la table L8

1	2	3	4	5	6	7
(1)	3	2	5	4	7	6
	(2)	1	6	7	4	5
		(3)	7	6	5	4
			(4)	1	2	3
				(5)	3	2
					(6)	1

Exemple :

Si un facteur se trouve dans la colonne 2 et un autre dans la 4
l'interaction se trouvera dans la colonne 6 de la table de TAGUCHI.

(=D)

Table des interactions :

A	/			
B	3	/		
C	5	6	/	
D	6	5	3	/
Facteurs	A	B	C	D

L'interaction CD se trouve au numéro de colonne n°3

3. Lister les interactions prises en compte dans le modèle, relever le numéro de leurs colonnes, et comparer les deux tableaux : Tableau bilan

Actions du modèle	N° de colonne	Aliassage ?
A	1	/
B	2	/
C	4	/
D	7	/
AB	3	CD
AC	5	BD

Dans la table des interactions, on observe que AC se trouve sur la même colonne que BD (cercles pointillés). Il y a donc aliassage entre AC et BD !

4. Pour l'analyse de ces alias

- ✓ Si l'analyse de la variance démontre que AC est significative, alors il faudra refaire le plan en prenant en compte non seulement l'interaction AC, mais aussi l'interaction BD !
- ✓ Si l'analyse de la variance démontre que l'interaction AC n'est significative, alors il sera inutile de refaire un plan !

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 38/67

VII- Tracé du graphe du plan

La démarche est ici exactement la même que pour un plan d'expérience complet (voir cours « QU 620 - Les plans d'expérience - Plan complet ») :

F - *Exemple :*

Tracer l'ensemble des graphes du modèle matriciel validé suivant :

$$\hat{Y} = 0.625 + [-0.0075 \quad 0.0075][A] + [-0.00875 \quad 0.00875][C] + [-0.00125 \quad 0.00125 \quad 0.00125]$$



VIII- Conclusion :

La démarche est ici exactement la même que pour un plan d'expérience complet (voir cours « QU 620 - Les plans d'expérience - Plan complet »). Grâce à l'étude des alias, il est désormais possible de savoir s'il est nécessaire ou non de refaire un plan. Si la décision de ne pas refaire de plan (aucun aliassage significatif) est prise, alors, la conclusion reste la même que pour un plan d'expérience, c'est-à-dire que cette conclusion doit permettre de connaître :

- ✓ Quels sont les facteurs à prendre en compte
- ✓ Parmi les facteurs à prendre en compte, quels sont les facteurs les plus influents

16/03/2011 16:00	E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	---	---------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 39/67

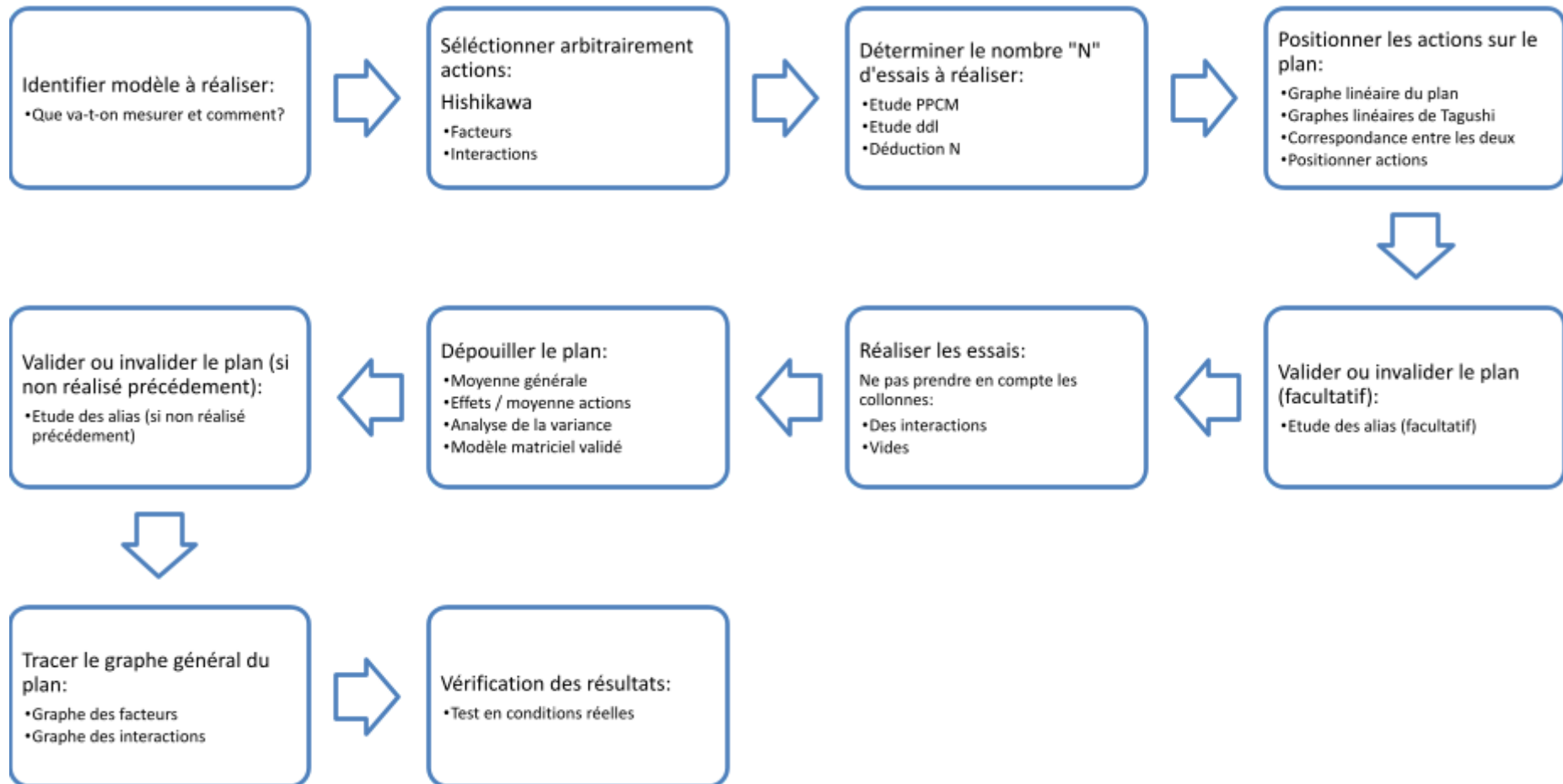
✓ Quelle est alors la combinaison optimale

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 40/67

IX- Annexes

A - *Processus général de réalisation d'un plan d'expérience fractionnaire :*

16/03/2011 16:00	E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	---	---------------------------



BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 42/67

B - *Tables de Tagushi*

Les tables de TAGUCHI reproduites ici le sont avec l'aimable autorisation de « American Supplier Institute » de Dearborn, Michigan (USA), organisme ayant pour vocation d'améliorer la qualité industrielle dans le monde entier.

En outre, l'ensemble des tables de Tagushi ne sont pas toutes représentées ici. American Supplier Institute étant le propriétaire de ces tables, il conviendra de se rapprocher de cet organisme pour obtenir la totalité de celles-ci.

1) *Rappel des symboles utilisés*

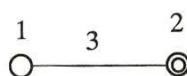
Symbole	Groupe	Difficulté de modification des niveaux
○	1	Difficile
⊙	2	Assez difficile
●	3	Assez facile
●	4	Facile

2) *Table $L_4 (2^3)$*

a) *Table orthogonale*

N°	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1
	a	b	a
			b
Groupe	1	2	

b) *Graphe des effets*



3) *Table $L_8 (2^7)$*

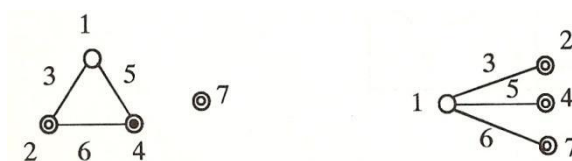
a) *Table orthogonale*

N°	1	2	3	4	5	6	7
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
	a	b	a	c	a	b	a
			b		c	c	b
							c
Groupes	1	2		3			

b) *Triangle des interactions entre les colonnes*

	1	2	3	4	5	6	7
(1)		3	2	5	4	7	6
(2)			1	6	7	4	5
(3)				7	6	5	4
(4)					1	2	3
(5)						3	2
(6)							1

c) *Graphe des effets*



BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 44/67

4) **Table L_{12} (2^{11})**

La table L_{12} est une table spéciale dans laquelle les interactions sont distribuées plus ou moins uniformément dans toutes les colonnes. Il n'y a pas de graphe pour cette table, elle ne peut donc pas être utilisée pour étudier des interactions.

a) **Table orthogonale**

N°	1	2	3	4	5	6	7
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
	a	b	a	c	a	b	a
			b		c	c	b
							c
Groupes	1	2		3			

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 45/67

5) *Table $L_{16} (2^{15})$*

a) *Table orthogonale*

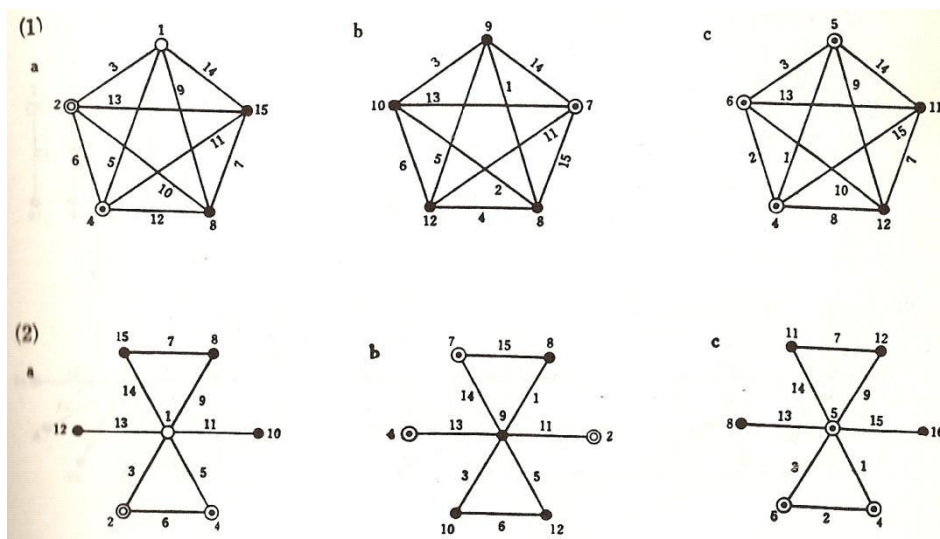
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1
	a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	c	a	b	a
			b		c	c	b		d	d	b	d	c	c	b
							c				d		d	d	c
													d		d
Groupe	1	2		3							4				

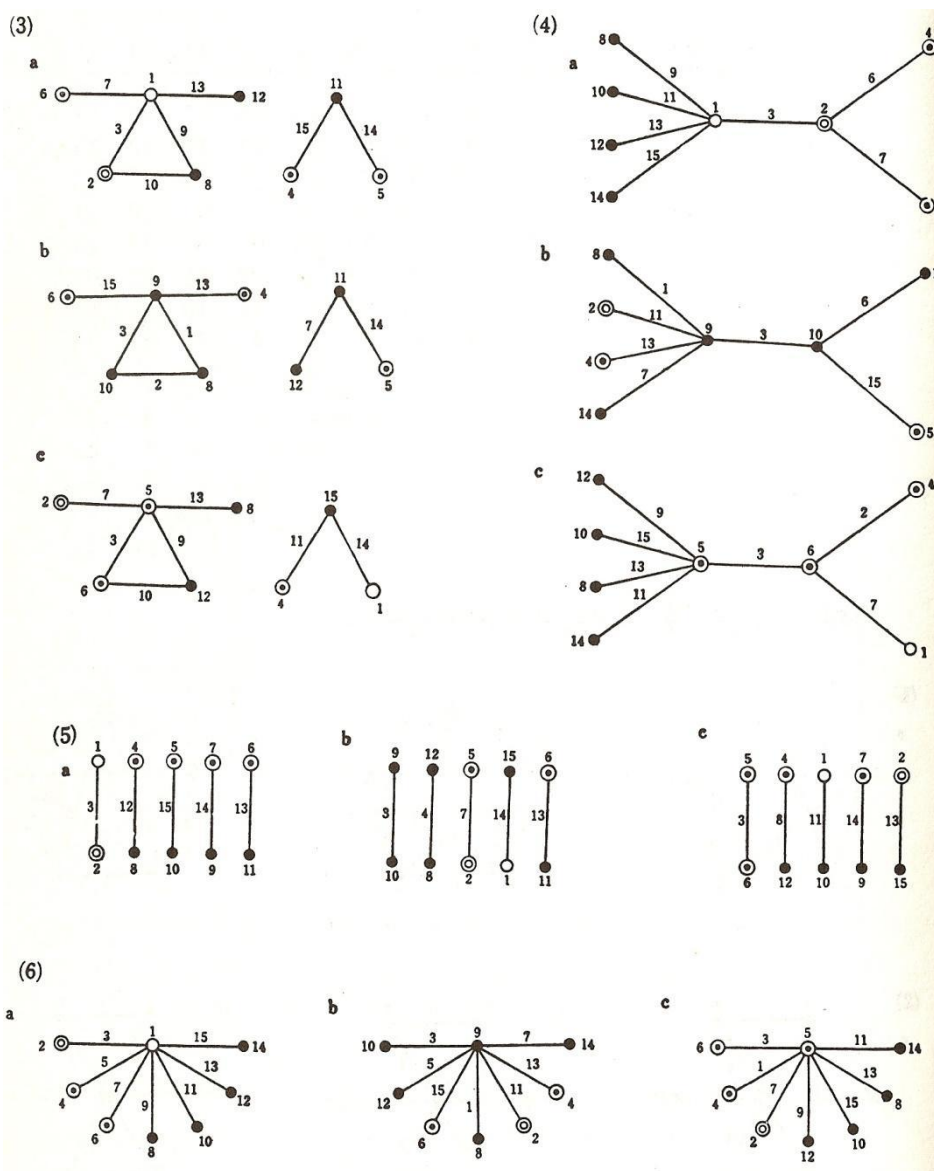
b) *Triangle des interactions entre les colonnes*

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 46/67

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(1)	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	13	12	15	14
(2)	1	6	7	4	5	10	11	8	9	14	15	12	13	
(3)		7	6	5	4	11	10	9	8	15	14	13	12	
(4)		1	2	3	12	13	14	15	8	9	10	11		
(5)			3	2	13	12	15	14	9	8	11	10		
(6)				1	14	15	12	13	10	11	8	9		
(7)					15	14	13	12	11	10	9	8		
(8)						1	2	3	4	5	6	7		
(9)							3	2	5	4	7	6		
(10)								1	6	7	4	5		
(11)									7	6	5	4		
(12)										1	2	3		
(13)											3	2		
(14)												1		

c) Graphe des effets





6) Table $L_{32} (2^{31})$

a) Table orthogonale

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 48/67

No.	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
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
27	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
30	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
31	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
32	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	
Gr.	1	2	3	4	5																											

b) *Triangle des interactions entre les colonnes*

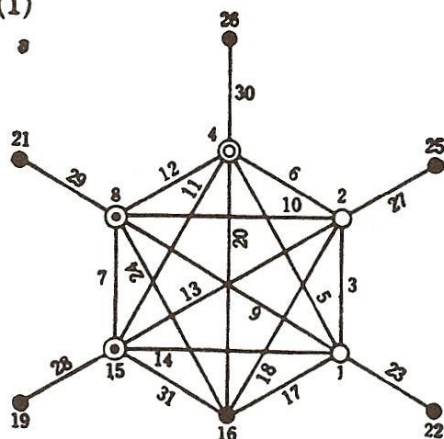
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
(1)	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	13	12	15	14	17	16	19	18	21	20	23	22	25	24	27	26	29	28	31	30
(2)	1	6	7	4	5	10	11	8	9	14	15	12	13	18	19	16	17	22	23	20	21	26	27	24	25	30	31	28	29	26
(3)	7	6	5	4	11	10	9	8	15	14	13	12	19	18	17	16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

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 50/67

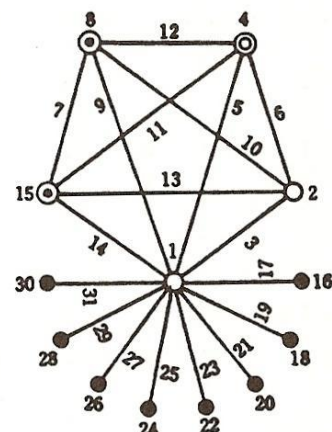
c) *Graphe des effets (quelques graphes)*

16/03/2011 16:00	E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx	Edité par : O.B / O.G.
------------------	---	---------------------------

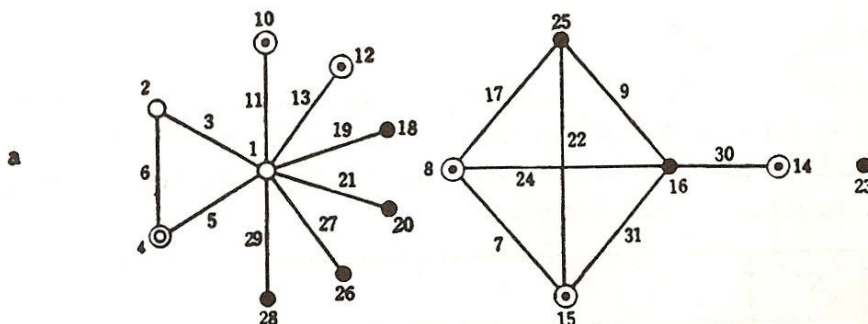
(1)



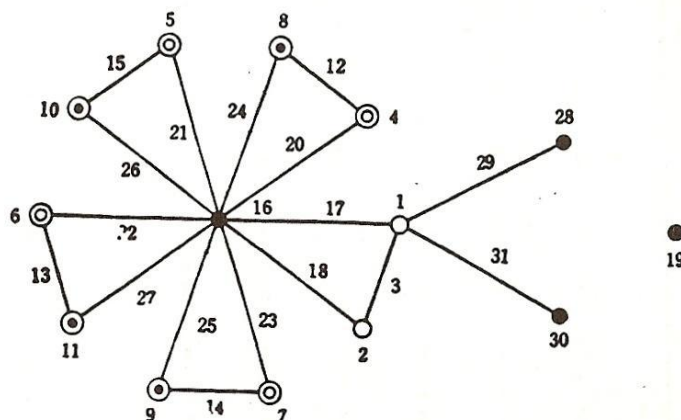
(2)



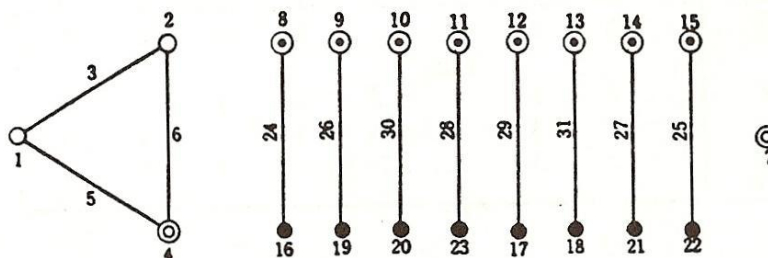
(3)



(4)



(5)

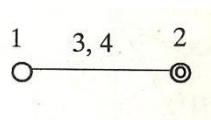


7) *Table $L_9 (3^4)$*

a) *Table orthogonale*

N°	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1
	a	b	a	a
			b	b ²
Groupe	1	2		

b) *Graphe des effets*



8) *Table $L_{18} (2^3 \times 3^7)$*

De même que la table $L_{12} (2^{11})$ cette table est une table spéciale. Une interaction peut-être étudiée entre les deux premières colonnes sans sacrifier une autre colonne. Les interactions entre les colonnes à trois niveaux sont réparties plus ou moins uniformément sur toutes les autres colonnes à 3 niveaux.

a) *Table orthogonale*

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 53/67

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
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

b) *Graphe des effets*

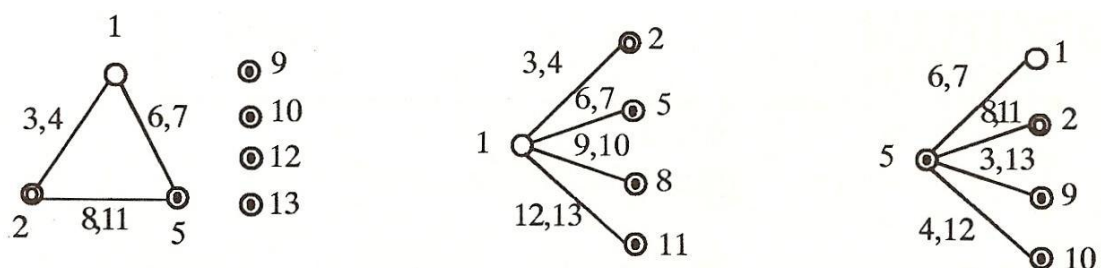


9) *Table $L_{27} (3^{13})$*

a) *Table orthogonale*

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2
	a	b	a	a	c	a	a	b	a	a	b	a	a
			b	b ²		c	c ²	c	b	b ²	c ²	b ²	b
									c	c ²		c	c ²
Groupe	1	2			3								

b) Graphe des effets



c) Triangle des interactions entre les colonnes

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience										QU 620	
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire										Page 55/67	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
(1)	3 4	2 4	2 3	6 7	5 7	5 6	9 10	8 10	8 9	12 13	11 13	11 12
(2)	1 4	1 3	8 11	9 12	10 13	5 11	6 12	7 13	5 8	6 9	7 10	
(3)		1 2	9 13	10 11	8 12	7 12	5 13	6 11	6 10	7 8	5 9	
(4)			10 12	8 13	9 11	6 13	7 11	5 12	7 9	5 10	6 8	
(5)			1 7	1 6	2 11	3 13	4 12	2 8	4 10	3 9		
(6)				1 5	4 13	2 12	3 11	3 10	2 9	4 8		
(7)					3 12	4 11	2 13	4 9	3 8	2 10		
(8)						1 10	1 9	2 5	3 7	4 6		
(9)							1 8	4 7	2 6	3 5		
(10)								3 6	4 5	2 7		
(11)									1 13	1 12		
(12)										1 11		

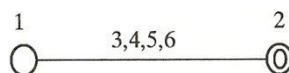
BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 56/67

10) *Table $L_{25}(5^6)$*

a) *Table orthogonale*

N°	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4	4
5	1	5	5	5	5	5
6	2	1	2	3	4	5
7	2	2	3	4	5	1
8	2	3	4	5	1	2
9	2	4	5	1	2	3
10	2	5	1	2	3	4
11	3	1	3	5	2	4
12	3	2	4	1	3	5
13	3	3	5	2	4	1
14	3	4	1	3	5	2
15	3	5	2	4	1	3
16	4	1	4	2	5	3
17	4	2	5	3	1	4
18	4	3	1	4	2	5
19	4	4	2	5	3	1
20	4	5	3	1	4	2
21	5	1	5	4	3	2
22	5	2	1	5	4	3
23	5	3	2	1	5	4
24	5	3	2	1	5	4
25	5	5	4	3	2	1
	a	b	a b	a b ²	a b ³	a b ⁴
Groupe	1			2		

b) *Graphe des effets*



BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 57/67

11) **Table $L_{36} (2^{11} \times 3^{12})$ et Table $L_{36} (2^3 \times 3^{13})$**

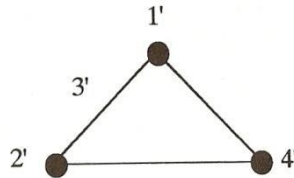
a) **Table orthogonale $L_{36} (2^{11} \times 3^{12})$: colonnes 1 à 23**

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	1'	2'	3'	4'
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
4	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	2	2
5	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	2	2
6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2
7	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	2	3	3	2	1	2
8	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1	2	3	1	1	2	3	3	1	1	2	1	2
9	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	2	2	1	2
10	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	3	2	1	3	2	3	2	1	3	2	2	2	1	1
11	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	3	2	1	3	1	3	2	1	3	2	2	1	1
12	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	2	1	2	2	1	1
13	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	3	1	3	2	1	3	3	2	1	2	2	1	1	2
14	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	3	2	1	1	3	2	3	2	1	1	2
15	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	3	1	2	3	2	1	3	2	2	1	3	1	2	1	1	2
16	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1	3	2	3	3	2	1	2	2	2	2
17	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	3	1	3	2	2	1	3	1	1	3	2	2	1	2	2
18	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	3	1	2	1	3	3	2	1	2	2	1	3	2	2	1	2
19	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	3	3	3	1	2	2	1	2	3	2	2	1	2
20	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	3	2	1	1	1	2	3	3	2	3	1	2	2	1	2
21	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	3	1	3	2	2	2	3	1	1	3	1	2	2	2	1	2
22	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	3	3	1	2	1	1	3	3	2	2	2	1	2
23	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	3	1	1	2	3	2	2	1	1	3	2	2	1	2
24	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	3	1	1	2	2	3	1	3	3	2	2	1	2	2	1	2
25	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	3	2	1	2	3	3	1	3	1	2	2	2	1	1	3
26	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	3	2	3	1	1	2	1	2	3	3	2	2	1	3
27	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	3	2	1	3	1	2	2	3	2	3	1	1	2	2	1	3
28	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	3	2	2	2	1	1	3	2	3	1	3	2	2	1	3
29	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	3	3	3	2	2	1	3	1	2	1	2	2	1	3
30	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	3	2	1	1	1	3	3	2	1	2	3	2	2	2	1	3
31	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	3	3	3	2	3	2	2	1	2	1	1	2	2	1	3
32	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3	1	3	3	2	3	2	2	2	2	1	3
33	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	3	2	2	2	1	2	1	1	3	1	3	3	2	2	1	3
34	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	3	1	2	3	2	3	1	2	2	3	1	2	2	1	3
35	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	3	1	3	1	2	3	3	1	2	2	2	1	3
36	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	3	2	3	1	2	1	2	3	1	1	2	3	2	2	1	3
Gr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	1'	2'	3'	4'

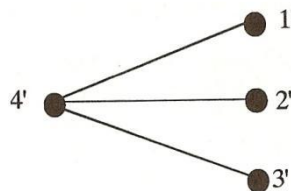
BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 58/67

b) *Pour construire la table $L_{36} (2^3 \times 3^{13})$*

1. Remplacer les colonnes 1 à 11 par les colonnes 1' à 4'
2. Dans la table $L_{36}(2^{11} \times 2^{12})$, les interactions ne sont pas orthogonales aux autres colonnes. On ne peut donc pas utiliser cette table pour calculer les interactions.
3. Les graphes linéaires de la tables $L_{36} (2^3 \times 3^{13})$ sont donnés ci-dessous.



Note : 1' x 4' et 2' x 4' peuvent être déterminées sans sacrifier d'autres colonnes



Note : Ces interactions peuvent être déterminées sans sacrifier d'autres colonnes

c- Formules pour la valeur de F (valeur Fisher calculée)

Source	$\sum$ des carrés	ddl	variances	Fexp	Fthéo	Sign ?
A	$S_A = \frac{N \sum E_A^2}{n_a}$	$n_a - 1$	$V_A = \frac{S_A}{V_R}$	$\frac{V_A}{V_R}$	$V_1 = n_a - 1$ $V_2 = V_R$	O/N
B	$S_B = \frac{N \sum E_B^2}{n_b}$	$n_b - 1$	$V_B = \frac{S_B}{V_R}$	$\frac{V_B}{V_R}$	$V_1 = n_b - 1$ $V_2 = V_R$	O/N
C	$S_C = \frac{N \sum E_C^2}{n_c}$	$n_c - 1$	$V_C = \frac{S_C}{V_R}$	$\frac{V_C}{V_R}$	$V_1 = n_c - 1$ $V_2 = V_R$	O/N
AB	$S_{AB} = \frac{N \sum E_{AB}^2}{n_A n_B}$	$(n_A - 1)(n_B - 1)$	$V_{AB} = \frac{S_{AB}}{(n_A - 1)(n_B - 1)}$	$\frac{V_{AB}}{V_R}$	$V_1 = n_A n_B - 1$ $V_2 = V_R$	O/N
Résidus	$S_R = \sum r^2$	$v_r = N - ddl_{modèle}$	$V_R = \frac{S_R}{v_r}$			
Total	$S_T = \sum (Y - \bar{Y})^2$	$N - 1$				

N Nombre total d'essais réalisés lors de l'expérimentation
 E_A Effet par rapport à la moyenne du facteur A
 ddl degré de liberté
 V Variance
 F Valeur Fisher calculée
 V_r Nombre de degrés de liberté des résidus
 O/N Oui ou Non
 σ_{N-1} Ecart type de l'ensemble des essais réalisés lors de l'expérimentation

n Nombre de niveaux de l'action
 I_{AB} Effet par rapport à la moyenne de l'interaction AB
 r résidu
 Y Résultat d'un essai réalisé
 $\bar{Y}$ Moyenne de tous les essais réalisés
 V₁ Premier degré de liberté pour la table de SNEDECOR
 V₂ Second degré de liberté pour la table de SNEDECOR
 $ddl_{modèle} \quad \sum ddl_{facteurs \text{ et interactions}} + 1$

Remarque :

$$S_T = (N - 1) * V_T$$

$$S_R = S_T - (S_A + S_B + S_C + S_{AB})$$



Cette dernière remarque nous permettra de gagner beaucoup de temps dans le cas des plans d'expérience à essais multiples pour une même position des actions (= pour une même ligne du plan). Ainsi, en calculant d'abord V_T (formule n°(1)) puis (N-1) (formule n° (2)), nous pouvons alors, grâce à la remarque ci-dessus, calculer S_T (formule n° (3)) puis S_R (formule n° (4)) de manière

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 60/67

nettement plus rapide que les formules initialement proposées dans la table ! Pour tous les cas de plan d'expérience, il est donc préférable de suivre cette démarche !

D - *Tables de SNEDECOR pour $p=0.950$ et $p=0.99$*

Les plans d'expérience

Plan d'expérience fractionnaire

BTS2 Prod.

Qualité

Table de SNEDECOR pour $p = 0,950$

v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,2
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99
120	3,92	3,00	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91

v2 - Degrés de liberté du dénominateur

Table de SNEDECOR pour $p = 0,99$

v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	405,2	499,5	540,3	562,5	576,4	585,9	592,8	598,2	602,2	605,6
2	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,37	99,39	99,40
3	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,35	27,23
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,55
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,46	10,29	10,16	10,05
6	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63	4,54
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39	4,30
13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78	3,69
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	3,60	3,51
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,43
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,46	3,37
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,64	3,51	3,40	3,31
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,26	3,17
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,46	3,32	3,22	3,13
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,18	3,09
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,39	3,26	3,15	3,06
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,36	3,23	3,12	3,03
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,09	3,00
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07	2,98
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89	2,80
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63
120	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,79	2,66	2,56	2,47

v2 - Degrés de liberté du dénominateur

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience	QU 620
Qualité	Plan d'expérience fractionnaire	Page 62/67

X- Exercice

Une entreprise décide de développer un concept de table multifonction. La solution envisagée pour la fabrication du plateau de cette table est le bois massif et plus précisément le « Wengué ». Ce plateau est constitué de 15 lames d'une épaisseur de 21 mm collées à plat joint avec applicateur automatique d'un adhésif (les pièces à encoller sont déplacées par tapis). Le prototype réalisé présente des points critiques qui nécessitent des modifications. Le plus grave problème est le décollement des lames. L'entreprise désire remédier à ce problème en menant un plan d'expérience fractionnaire dont les caractéristiques sont les suivantes :

Les facteurs à 2 niveaux retenus pour l'expérimentation sont :

facteur	désignation	Niveau 1	Niveau 2
A	Grammage	100 g/m2	200 g/m2
B	Vitesse d'application	10 m/min	18 m/min
C	Sens de l'application	avalant	opposition
D	Humidité du bois	8%	14%
E	Mode d'usinage des lames	Dégauchissage Rabotage	Corroyage

Les autres facteurs susceptibles d'influencer le décollement des lames ont été bloqués ou aléarisés.

Les interactions envisagées sont :

- ✓ La vitesse d'application et le sens de l'application de l'adhésif
- ✓ La vitesse d'application et l'humidité des bois

La réponse mesurée correspond à la longueur en millimètre de décollement des lames sous l'action d'une force (machine d'essai)

1. Déterminer le nombre d'essais de ce plan et positionner les actions sur la table correspondante

Pour la suite de l'exercice, on considérera que l'entreprise a sélectionné le plan ci-dessous et positionné ses facteurs comme suit :

Essai n°	Facteurs							Réponse mesurée en mm				Moyenne des essais
	A	B	C	D	E	BC	BD	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	
1	1	1	1	1	1	1	1	20	23	22	19	
2	2	1	1	2	2	1	2	59	58	52	51	
3	1	2	1	1	2	2	2	36	35	32	33	
4	2	2	1	2	1	2	1	47	45	53	51	
5	2	1	2	1	2	2	1	61	61	54	60	
6	1	1	2	2	1	2	2	45	49	44	42	
7	2	2	2	1	1	1	2	53	54	57	56	
8	1	2	2	2	2	1	1	38	36	38	40	

- Déterminer le modèle matriciel validé du plan fractionnaire ci-dessous
- Tracer le graphe linéaire de tous les facteurs et interactions validées
- Déterminer la combinaison optimale de ce plan
- Enfin, déterminer la présence éventuelle d'alias et conclure sur l'utilité ou non de refaire un plan

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 64/67

16/03/2011 16:00	<i>E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx</i>	Edité par : O.B / O.G.
------------------	--	---------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 65/67

16/03/2011 16:00	<i>E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx</i>	Edité par : O.B / O.G.
------------------	--	---------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 66/67

16/03/2011 16:00	<i>E:\LEGTP\Cours\QU - Qualité\QU 620 - Les plans d'expérience - Plan fractionnaire.docx</i>	Edité par : O.B / O.G.
------------------	--	---------------------------

BTS2 Prod.	Les plans d'expérience Plan d'expérience fractionnaire	QU 620
Qualité		Page 67/67