

TP1 : Plan factoriel complet 2⁴.

Traitement biologique d'une eau polluée par le phénol :

x_1 : $C_i(\text{phénol})$: 10– 100 mg/L ;

x_2 : pH : 1 – 5 ;

x_3 : T° : 20 – 60 ;

x_4 : m_{ads} : 1 – 4 g/L.

Matrice des expériences :

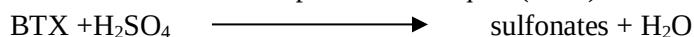
N°	X1	X2	X3	X4	rendement (%)
1	-1	-1	-1	-1	67.938
2	1	-1	-1	-1	73.223
3	-1	1	-1	-1	75.622
4	1	1	-1	-1	84.261
5	-1	-1	1	-1	81.948
6	1	-1	1	-1	86.865
7	-1	1	1	-1	88.380
8	1	1	1	-1	90.302
9	-1	-1	-1	1	81.714
10	1	-1	-1	1	87.055
11	-1	1	-1	1	92.938
12	1	1	-1	1	95.182
13	-1	-1	1	1	89.114
14	1	-1	1	1	91.414
15	-1	1	1	1	91.203
16	1	1	1	1	96.528

Questions :

- 1- Construire une matrice d'expérience.
- 2- Déterminer les coefficients d'un modèle linéaire avec interactions.
- 3- Ecrire l'équation du modèle.
- 4- Représenter les graphiques des effets principaux et d'interactions.
- 5- Tracer les courbes de contours.
- 6- Calculer les paramètres expérimentaux qui permettent d'obtenir un rendement maximal.

TP2 : Plan fractionnel 2⁵⁻².

Réaction de sulfonation des composés aromatiques (BTX) :



Objectif : recherche les conditions opératoires qui permettent de sulfoner le toluène et les xylènes tout en évitant la sulfonation du benzène.

La réponse est le rapport de sulfonation défini par :

$$\rho = \frac{(\text{Toluène} + \text{xylènes}) \text{ sulfonés}}{\text{Benzène sulfoné}}$$

Facteurs retenus et domaine d'étude :

Facteurs	Niveau -1	Niveau +1
Durée de la réaction (1) h	5	9
SO ₃ dans H ₂ SO ₄ (2) %	0	10
Température de la réaction (3) °C	95	110
Elimination de l'eau (4)	sans	avec
Durée d'addition d'acide (5) min	10	30
Rapport (acide/toluène=xylènes) (6)	0,8	1,2

Choix du plan d'expérience : plan fractionnaire 2⁶⁻² = 16 essais.

Aliases : 5 = 124 et 6 = 234.

Modèle mathématique

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + \dots + a_{56}x_5x_6$$

Les 15 **interactions d'ordre 2** se regroupent dans les 7 contrastes suivants :

$$\ell_{12} = \ell_{45} = a_{12} + a_{45}$$

$$\ell_{13} = \ell_{56} = a_{13} + a_{56}$$

$$\ell_{14} = \ell_{25} = a_{14} + a_{25}$$

$$\ell_{15} = \ell_{24} = \ell_{36} = a_{15} + a_{24} + a_{36}$$

$$\ell_{16} = \ell_{35} = a_{16} + a_{35}$$

$$\ell_{23} = \ell_{46} = a_{23} + a_{46}$$

$$\ell_{26} = \ell_{34} = a_{26} + a_{34}$$

Matrice des expériences :

Essai n°	Durée 1	SO ₃ 2	Température 3	Eau 4	Acide 5 = 124	Rapport 6 = 234	Réponse
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	11,76
2	+1	-1	-1	-1	+1	-1	12,55
3	-1	+1	-1	-1	+1	+1	7,89
4	+1	+1	-1	-1	-1	+1	8,20
5	-1	-1	+1	-1	-1	+1	12,35
6	+1	-1	+1	-1	+1	+1	13,98
7	-1	+1	+1	-1	+1	-1	7,25
8	+1	+1	+1	-1	-1	-1	10,10
9	-1	-1	-1	+1	+1	+1	13,06
10	+1	-1	-1	+1	-1	+1	13,40
11	-1	+1	-1	+1	-1	-1	12,10
12	+1	+1	-1	+1	+1	-1	8,91
13	-1	-1	+1	+1	+1	-1	13,65
14	+1	-1	+1	+1	-1	-1	16,10
15	-1	+1	+1	+1	-1	+1	11,09
16	+1	+1	+1	+1	+1	+1	9,86
-1	5	0	95	Sans élim.	10	0,8	
+1	9	10	110	Avec élim.	30	1,2	

Questions :

- 1- Construire une matrice d'expérience.
- 2- Déterminer les coefficients d'un modèle linéaire avec interactions d'ordre 2.
- 3- Ecrire l'équation du modèle.
- 4- Représenter les graphiques à barres des coefficients du modèle de sulfonation et les diagrammes des effets (Pareto et Daniel).
- 5- Tracer les courbes d'interaction des effets les plus importants.
- 6- Conclure.

TP3 : Plan pour surfaces de réponse

Objectif : recherche les conditions opératoires qui permettent de sulfoner le toluène et les xylènes tout en évitant la sulfonation du benzène.

La réponse : rugosité et nombre de pics

– **Rugosité :** Il faut obtenir une valeur inférieure à 0,150.

– **Pics par unité de longueur** : il faut obtenir un nombre de pics inférieur à 50 pics/ unité de longueur.

Facteurs retenus et domaine d'étude :

Facteurs	$-\alpha = -1.21$	Niveau -1	Niveau 0	Niveau+1	$+\alpha = +1.21$
Vitesse d'avancement (1)	0.74	0.9	1.65	2.4	2.56
Vitesse de coupe (2)	13.95	15	20	25	26.5

Choix du plan d'expérience :

1. Plan factoriel complet $2^2 = 4$ essais + 2 essais au centre
Modèle de premier degré avec interaction:
2. Plan pour surface de réponse : ajout de 4 pts axiaux et 2 pts au centre.
Modèle quadratique:

Matrice des expériences :

N	X1	X2	Rug. 10^3	Pics
1	1	1	194	77,8
2	-1	1	282	68,4
3	1	-1	120	65,3
4	-1	-1	91	96,1
5	0	0	233	63,8
6	0	0	235	61,9
7	-1,21	0	14	52,3
8	1,21	0	19	60,4
9	0	-1,21	278	87,0
10	0	1,21	122	95,7
11	0	0	232	61,5
12	0	0	230	60,5

Questions :

- 1- Déterminer les coefficients d'un modèle quadratique avec interactions d'ordre 2.
- 2- Ecrire l'équation du modèle.
- 3- Tracer les courbes de surface de réponses.
- 4- Conclure.