

TP 01 : Initiation au logiciel JMP + Obtention des coefficients d'un plan complet et leurs signification ainsi que les graphiques des effets principaux et des interactions + ANOVA

Introduction :

L'expérimentateur, quel que soit son domaine d'étude, est toujours confronté au problème difficile de l'organisation optimale de ses essais. Comment obtenir les bonnes informations dans les meilleurs délais et pour le moindre coût ?

Les scientifiques n'ont abordé ce sujet que depuis peu d'années. Les premiers qui se sont penchés sur ce problème sont des agronomes et des statisticiens. Les techniques et les notions qu'ils ont développées sont si générales qu'elles peuvent être utilisées dans tous les domaines. En particulier, l'environnement et leur offre un vaste champ d'applications.

Les essais de mise au point d'un produit ou d'un processus font partie intégrante du métier des ingénieurs. Ceux-ci sont souvent amenés à rechercher des valeurs des paramètres qui définissent les produits ou les paramètres de réglage des moyens de production afin d'obtenir les performances désirées. Pour cela on utilise la technique du plan d'expériences qui est une suite d'essais entièrement organisée à l'avance de manière à déterminer, en un minimum d'essais et un maximum de précision, l'influence des différents paramètres possibles, pour optimiser les performances du système étudié.

Les plans d'expériences ont d'abord été utilisés en agronomie. Puis, peu à peu, ils ont été utilisés dans d'autres domaines techniques. Les chimistes les ont adaptés à leurs problèmes. Depuis la fin des années 1980, les responsables de la qualité ont découvert ces techniques et ils en font maintenant grand usage. L'universalité de ces méthodes devrait les faire employer dans de nombreux domaines. Nous pouvons déjà signaler des réussites en recherche fondamentale, en recherche appliquée, en développement industriel et même en fabrication. Personnellement, nous avons préconisé leur emploi pour réduire le nombre des passages informatiques lors de simulation sur ordinateur.

La plupart des logiciels qui traitent des plans d'expériences sont inclus dans des logiciels de statistiques. Cette introduction s'est faite petit à petit sous la pression de la demande. Les premiers logiciels de plans d'expériences étaient très pauvres et mal adaptés aux besoins des expérimentateurs. Depuis peu, un effort considérable a été entrepris par les informaticiens et les statisticiens pour que ces logiciels répondent mieux à l'esprit et aux besoins des expérimentateurs. Ces logiciels sont encore très marqués par leur origine statistique et peuvent rebuter certains utilisateurs. Mais l'on constate un progrès constant vers l'amélioration, c'est-à-dire vers une meilleure prise

en compte des exigences des expérimentateurs. Néanmoins, ces logiciels nécessitent tous une bonne connaissance de la méthode des plans d'expériences et ne peuvent pas être utilisés sans une formation solide aux plans d'expériences.

Ces logiciels comportent, en général, les points suivants :

- construction des plans d'expériences : plans factoriels complets, plans factoriels fractionnaires, plans à plus de deux niveaux (surface de réponse), plans de mélanges, plans D-optimaux,...
- calcul, interprétation,...

But :

- Présentation générale du Logiciel JMP 8
- Constitution le tableau d'expérimentation (la matrice d'expérimentation)
- Coefficient de détermination (R^2)
- Analyse de la variance (ANOVA)
- Analyse des coefficients (t student)
- Recherche d'un domaine optimal (les courbes isoréponses)

Problème :

Au 21^{ème} siècle, les rejets des industries, sont lourdement chargés en polluants organiques. Les eaux de ces rejets se trouvent fortement concentrées et peuvent poser des effets dangereux sur les systèmes vivants selon la nature : cancérigènes, mutagènes, allergènes et toxiques. La présence de très petites quantités dans l'eau est très visible et indésirable, dont la faible biodégradabilité rend les traitements biologiques difficilement applicables, ce qui constitue une source de dégradation de l'environnement.

Pour optimiser le rendement d'élimination d'un polluant organique (colorant azoïque : Méthyle orange) par le procédé connu, Adsorption sur charbon actif en fonction des paramètres opératoires, tels que : le pH, la masse du charbon et la concentration initiale du colorant, nous avons choisi d'utiliser une méthode par plan factoriel complet à deux niveaux. Cette méthode présente l'avantage non seulement de quantifier et de comparer les effets de différents paramètres, mais aussi de distinguer les interactions possibles entre ces paramètres qui ne peuvent pas être révélés par les méthodes classiques.

Les valeurs minimales et maximales des paramètres étudiés sont groupées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Facteurs et niveaux des facteurs.

Paramètres	X_i	Niveau -1	Niveau 0	Niveau +1
pH de la solution	X_1	3	5	7
Masse du charbon (g)	X_2	0,5	1,5	2,5
Concentration initiale en polluant organique (mg/L)	X_3	30	115	200

Le plan factoriel obtenu est du type 2^3 qui est représenté par une matrice de 8 inconnues à 8 équations. Le plan d'expériences est construit avec 3 points centraux, la répétition du point central permettant l'estimation de la variance expérimentale.

Le modèle mathématique illustré par le plan, définit la réponse y qui n'est autre que le rendement d'adsorption (Tableau 2), comme suit :

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + a_{123} X_1 X_2 X_3$$

Avec :

X_i : Variable réduite du paramètre i ($i = 1, 2, 3$).

a_0 : Coefficient du polynôme représentant la moyenne des réponses.

a_i : Coefficient du paramètre i ($i = 1, 2, 3$).

a_{12}, a_{13}, a_{23} : Coefficients représentant les effets d'interaction de deux paramètres.

a_{123} : Coefficient représentant les effets d'interaction de trois paramètres.

Tableau 2 : Plan d'expériences et résultats expérimentaux.

Essais (n)	pH (X_1)	m (g) (X_2)	C_0 (mg/L) (X_3)	y (rendement) (%)
1	-1	-1	-1	75,4
2	1	-1	-1	93
3	-1	1	-1	96,52
4	1	1	-1	98,64
5	0	0	0	87,27
6	0	0	0	87,23
7	0	0	0	87,87
8	-1	-1	1	71
9	1	-1	1	80,32
10	-1	1	1	86,12
11	1	1	1	93,09

Pour cela, une première évaluation permettra de cerner les principaux facteurs qui affectent le rendement de ce procédé, suivie d'une estimation de l'importance et de la signification de l'effet de chacun des facteurs influant le procédé d'adsorption du polluant se basant sur les résultats obtenus au tableau 2, le deuxième lieu à la détermination de coefficient de détermination R^2 et R^2 ajusté, ensuite, le tableau d'ANOVA pour le test de Fisher. A la fin, on étudiera les courbes d'isoréponses pour déterminer les conditions optimales.

Questions

- Construire le modèle (Plan Factoriel Complet à deux niveaux 2^3) avec 03 points au centre par JMP ?
- Déterminer le coefficient de détermination R^2 et R^2 ajusté ?
- déterminer le tableau de la variance (ANOVA) ?
- Estimer les coefficients du modèle et déterminer leurs significations, puis simplifier les coefficients non significatifs.
- Etablir les courbes d'isoréponses (2D et 3D) et déduire les conditions optimales ?