

Travaux dirigés sur les plans optimaux

Module de plan d'expériences - F. Husson - Agrocampus

Exercice 1 : PLAN OPTIMAL POUR RETROUVER UN PLAN FRACTIONNAIRE

On s'intéresse à l'effet de 6 facteurs A, B, C, D, E et F sur une réponse Y. Chaque facteur à 2 modalités.

1. Sur R, construire un plan complet (fonction `fac.design` du package `DoE.base`) puis construire un plan optimal en 8 essais (fonction `optFederov` du package `AlgDesign`).
2. Avec 8 essais, quel modèle d'analyse peut-on considérer? Donner les degrés de libertés associés à chaque facteur.
3. Calculer la matrice des effets associée à votre modèle et votre plan, puis calculer la matrice de dispersion. Commenter les propriétés de ce plan (orthogonalité?). Comparer à un plan fractionnaire 2^{6-2} .

Exercice 2 : CONSTRUCTION DE PLANS OPTIMAUX

On s'intéresse à l'effet de 5 facteurs A B C D E sur une réponse Y. Le facteur A a 2 modalités, B et C ont 3 modalités, D et E ont 4 modalités.

1. Quel est le nombre d'essais associé au plan complet? Combien faut-il d'essais au minimum si on veut l'orthogonalité entre les facteurs 2 à 2?
2. Après avoir construit un plan complet (fonction `fac.design` du package `DoE.base`), construire un plan optimal en 12 essais (fonction `optFederov` du package `AlgDesign`).
3. Avec 12 essais, quel modèle d'analyse peut-on considérer? Donner les degrés de libertés associés à chaque facteur.
4. Calculer la matrice des effets associée à votre modèle et votre plan, puis calculer la matrice de dispersion. Commenter les propriétés de ce plan (orthogonalité?).
5. Essayer de faire la même chose, construction du plan d'expériences et de la matrice de dispersion pour le plan en 144 essais. Comme le plan orthogonal n'est pas disponible dans le logiciel, vous réalisez un plan optimal en 144 essais. Les résultats sont-ils en accord avec vos attentes?

Exercice 3 : CONSTRUCTION D'UN PLAN POUR FAIRE DE LA FARINE D'INSECTES

La transformation technologique des insectes en farines comprend une étape de cuisson. Cette étape fait intervenir les facteurs temps et température, et le but est de minimiser la dégradation des protéines. Les plages de variation des deux facteurs sont les suivantes :

- temps 3h - 5h
- température 90°C - 120°C

On sait que des températures trop élevées pendant une durée trop longue dénaturent trop les protéines (par exemple le couple 120°C / 5h n'est pas réalisable), et que des températures faibles pendant des courtes durées ne détruisent pas assez les micro-organismes potentiellement présents (le couple 90°C / 3h n'est pas non plus envisageable). Nous n'avons pas de règle qui nous permettrait de savoir si un essai est possible ou non, c'est assez subjectif...

Le nombre d'expérimentation est limité, 6 expériences seraient réalisables, 10 seraient également envisageables si cela permet d'avoir une meilleure précision. Le but est également de minimiser le coût énergétique de cette étape. En effet, il s'agit de trouver une combinaison temps/température qui minimise le coût énergétique de la solution optimale de cuisson afin que le coût de cette étape ne soit pas trop élevé. Toutefois, le coût énergétique n'a pas besoin d'être calculé précisément, il servira plutôt à trancher entre 2 solutions optimales : la plus économe sera retenue.

1. Proposer un plan d'expériences

Exercice 4 : MISE EN PLACE D'UN PLAN D'EXPÉRIENCE POUR DES ÉMULSIONS (EXEMPLE RÉEL, PAULINE HENRIET)

On cherche à réaliser des émulsions (huile dans l'eau) stabilisées par de la gélatine de peau de poisson. En effet, la gélatine est connue de façon générale pour ses propriétés stabilisantes et émulsifiantes. On veut donc former des émulsions avec les plus petites gouttelettes, qui sont supposées être les plus stables dans le temps. Pour cela, on évalue l'impact des traitements mécaniques appliqués pour former des émulsions. Deux traitements mécaniques sont utilisés pour former ces émulsions :

- La dispersion mécanique (facteur A) : à 8000 rpm ou 13500 rpm
- Les ultrasons (facteur B) : pendant 20 ou 30 minutes

On peut également faire varier :

- La concentration en huile (facteur C) : 2 % ou 5 %
- La concentration en gélatine dans la phase aqueuse (facteur D) : 2 % ou 4 %
- Le mode d'incorporation de l'huile (facteur E) : en une seule fois ou goutte par goutte.

Une phase expérimentale est lancée, le traitement le plus efficace étant celui permettant d'obtenir les plus petits globules d'huiles (réponse Y).

1. Les matières premières étant coûteuses et en quantité limitée, seulement 16 essais sont possibles, mais idéalement 12 essais. Construire le plan en 16 essais sur R et préciser la résolution du plan obtenu.

Une nouvelle stagiaire arrive lors de la phase expérimentale et va également travailler sur les émulsions, mais sur la synergie possible entre la gélatine de peau de poisson et de pois. Le facteur D est supprimé et remplacé par le facteur F, ratio gélatine de poisson/protéine de pois, qui peut prendre 4 modalités (25-75, 50-50, 75-25, 0-100). De plus, devant former la nouvelle stagiaire, les essais doivent être répartis équitablement entre elle et moi (facteur G).

2. Construire le plan en 16 essais puis le plan en 12 essais. Quel plan choisiriez-vous et ce plan est-il acceptable ?

3. Comment auriez-vous construit le plan d'expériences si pour le traitement mécanique il fallait choisir l'un des 2 traitements : soit la dispersion mécanique (facteur A) à 8000 rpm ou 13500 rpm, soit les ultrasons (facteur B) pendant 20 ou 30 minutes ?