LA VARIABLE REPONSE - LES FACTEURS SURVEILLES OU CONTROLES - LE DOMAINE EXPERIMENTAL - LE PLAN D'EXPERIENCE

Le premier point qu'il faut considérer, concernant une expérience, c'est son résultat. Prenons un exemple dans le domaine de l'agronomie qui a donné lieu à beaucoup d'études expérimentales planifiées. Nous faisons des expériences sur la culture du blé. On peut s'intéresser au rendement en kg/hectare, on peut aussi s'intéresser à la qualité du pain qui peut être préparé : ce sont deux réponses différentes.

Le rendement à l'hectare peut être déterminé assez facilement, (récolte du grain, pesée.) Le rapport entre la nature du blé produit (fin de l'expérience) et le rendement à l'hectare (mesure) est simple. Dans le second cas au contraire la mesure intervient après un parcours plus compliqué (meunier, boulanger, "dégustateur") elle est beaucoup plus subjective et certainement moins reproductible.

Le premier travail, parfois difficile, préalable à la réalisation d'expériences est de préciser la nature de la réponse attendue, la manière dont on la mesurera et la confiance que l'on peut faire aux mesures. Nous désignerons dans la suite cette réponse par **Y**.

La seconde étape est de reconnaître les éléments dont dépend la réponse : <u>ce sont les facteurs</u>. Pour reprendre l'exemple cité plus haut, le blé produit (nature, rendement, qualité du pain) fabriqué dépend en particulier de la semence, du terrain,

des engrais, du temps qu'il fait et peut être d'autres éléments que j'oublie. C'est la responsabilité de l'expérimentateur d'établir la liste des facteurs dont dépend la réponse et de préciser pour chacun d'eux la manière de le mesurer et la fiabilité de ces mesures. Nous désignerons par la suite ces facteurs par la lettre **X**. Les deux réflexions précédentes, sur la réponse étudiée et les facteurs dont elle dépend sont antérieures à l'établissement de tout plan d'expérience. Elles sont de la seule responsabilité de l'expérimentateur. Il est souvent utile de les conduire en groupe, par confrontation des points de vue de plusieurs personnes. Il est très important, au départ, de bien analyser la réponse étudiée ainsi que les divers facteurs dont elle dépend.

La construction du plan d'expérience peut alors commencer. Elle comporte trois étapes :

1. Détermination de l'espace des facteurs : X
2. Définition du domaine expérimental (variab de X)
3. Détermination des expériences à réaliser

1. Détermination de l'espace des facteurs

Cette première étape, assez formelle, consiste à choisir, parmi les facteurs X dont la liste a été dressée, quels sont ceux que l'on fera varier au cours des expériences à venir en vue d'analyser leur influence sur la réponse Y. Ce sont les facteurs contrôlés

Nous les désignerons par $X_1, \dots X_i, \dots X_k$ (k facteurs)

Le plan d'expérience sera bien représenté dans un espace à k dimensions. Les autres facteurs seront maintenus constants au cours de la réalisation du plan. Nous dirons que ce sont des facteurs surveillés, il y en a n.

Il est bien évident que les conclusions qui pourront être tirées en fin d'étude ne seront valables que pour ces valeurs des facteurs surveillés. L'omission d'un facteur de la réponse au cours de l'étape de réflexion devient grave si ce facteur présente au cours de la réalisation des expériences des variations incontrolées. C'est pourquoi on devra porter une attention particulière à ce que <u>seuls les facteurs controlés varient</u>

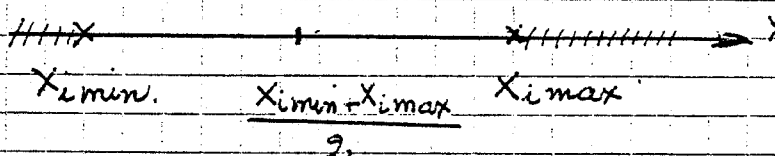
2. Le domaine expérimental

Nous nous interessons aux k facteurs controlés X_i. Ils sont susceptibles de varier de façon discontinue ou continue. (le + courant)

<u>Variation discontinue</u> Un facteur X_i peut prendre une série de valeurs ou niveaux discontinus : $X_{i1}, X_{i2} \dots X_{il}$

Exemples : nature d'un catalyseur, origine d'un produit (fournisseur) etc ... Son domaine de variation est constitué par l niveaux. Nous verrons ultérieurement comment affecter des valeurs numériques à ces niveaux.

<u>Variation continue</u> Le plus souvent un facteur X_i peut varier d'une manière continue entre un minimum et un maximum



Ces limites peuvent être fixées par l'expérimentateur. Il aura intérêt en particulier à définir un domaine de variation qui ne soit ni trop petit, ni trop grand. Dans certains cas, elles sont imposées pour des raisons pratiques (par exemple impossibilité de dépasser une certaine pression).

Il est commode de prendre comme origine le milieu du segment $X_{i\,min}$ $X_{i\,max}$ ce qui introduit la variable centrée

$$X_{ic} = X_i - \frac{X_{i\,min} + X_{i\,max}}{2}$$

X_{ic} varie entre $-\Delta$ et $+\Delta$, Δ étant la demie longueur de l'intervalle de de variation $\Delta = \frac{X_{i\,max} - X_{i\,min}}{2}$

En prenant Δ comme unité de mesure on définit la variable centrée réduite $X_{icR} = \frac{X_{ic}}{\Delta}$ qui varie entre -1 et $+1$ et est sans dimension

Dans la suite, tous les facteurs controlés seront exprimés comme des variables centrées réduites et nous omettrons les lettres CR en indice : $-1 \leq X_i \leq +1$.

Ceci définit les limites du domaine expérimental dans l'espace à k dimensions

3. Détermination des expériences à réaliser

Le choix des expériences à realiser dépend de l'objectif à atteindre).

— L'objectif le plus ambitieux consiste à déterminer l'équation de la surface de réponse $Y = f(X_1, \ldots X_k)$ Cette relation donne en tout point du domaine expérimental la valeur de Y, et répond à toutes les questions qu'on peut se poser. Il existe des plans d'experience appropriés (méthode des surfaces de réponse) mais il est préférable, tout en les prévoyant, de les réserver pour le dernier stade d'une étude. Demande beaucoup de mesures, et est souvent irréalisable. Ex : mesure de qualité

— On se contente souvent de rechercher le maximum ou le minimum de la réponse y dans le domaine expérimental Des plans particuliers (plan Simplex, méthode de la plus grande

pente) permettent d'atteindre ce résultat. Ici encore il est souvent préférable de les mettre en place lorsqu'une étude préliminaire a déjà apporté certains renseignements sur la réponse étudiée et les facteurs concernés.

— C'est le rôle des plans factoriels qui permettent une "exploration" préliminaire du domaine expérimental. Ils sont économiques, efficaces. Les informations qu'ils apportent sont parfois suffisantes et lorsqu'il est nécessaire de poursuivre l'étude, par exemple en recherchant la surface de réponse, les expériences qu'ils ont nécessités sont réutilisables. Une étude expérimentale planifiée débute très souvent par un plan factoriel. On utilise particulièrement les plans factoriels à deux niveaux ou plans 2^k que nous allons étudier. Ils permettent l'exploration du domaine expérimental de façon régulière, et en plus ne sont jamais perdus, par ex pour l'utilisation ultérieure pour l'améliorer ou le faire entrer dans l'autre expérience. En plus, leur traitement mathématique est élémentaire.