

Programme de Formation

Plans D'expériences

(Durée 2 jours)

Objectifs pédagogiques :	Organisation/moyens mis en œuvre :
<ul style="list-style-type: none"> • Maîtriser de manière pragmatique et théorique la mise en application des plans d'expériences pour : <ul style="list-style-type: none"> ○ l'apprentissage, ○ le pilotage, ○ la maîtrise, ○ la réduction des variabilités des caractéristiques fonctionnelles produit et process. • Maîtriser le fonctionnement et tous les apports de chacune des techniques de plans d'expériences : <ul style="list-style-type: none"> ○ Plans factoriels complets, à un ou plusieurs niveaux. ○ Plans factoriels fractionnaires. ○ Autres plans fractionnaires : <ul style="list-style-type: none"> ○ Plans de Koshal. ○ Plans de Plackett Burmann. ○ Plans de Taguchi. ○ Plans pour surfaces de réponse. ○ Plans de mélanges. ○ Plans booléens. ○ Plans optimaux. ○ Plans pour simulations numériques. • Approche « pragmatique » centrée sur les besoins d'amélioration de productivité ou de qualité produit des participants. • Apport progressif des notions théoriques nécessaires pour atteindre cet objectif; depuis des exemples très simples vers des exemples élaborés faisant intervenir interactions, termes d'ordre > 2, influence des paramètres de bruit... 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation délivrée par formateur disposant de > 19 ans d'expérience en statistiques industrielles, fiabilité, sûreté de fonctionnement, conception mécanique dans l'industrie automobile. • Formation adaptée « sur mesure » sur des exemples Produits / Process de l'entreprise organisatrice (Certains exemples seront aussi fournis par Vertice Engineering). • Pour assurer implication maximale et acquisition optimale des compétences, cette formation est organisée de manière dynamique et interactive via des workshop, des quizz, des mises en application. • Les participants reçoivent un support à la mise en application jusqu'à 12 mois suite à la fin de la formation. Objectif : être capable, grâce aux plans d'expérience, de piloter de manière juste, complète et maîtrisée le comportement de leurs produits ou de leurs process. • Cette formation est organisée sur site client sur une durée de 2 jours. • Chaque participant reçoit, au format papier et électronique, un manuel de formation en langue Française ou Anglaise (selon besoin), ainsi que les fichiers d'exercices. • Chaque participant doit disposer d'un PC durant la formation avec Microsoft Excel (Office 2007 ou ultérieur) installé. • La salle de formation doit être équipée d'un vidéo projecteur et d'un « white board » avec

<ul style="list-style-type: none">• Etude de corrélation avec le comportement réel process/produit et suivi de long terme des participants pour obtenir cette corrélation.• Apport d'éléments permettant de solutionner le problème de la recherche exhaustive des paramètres d'influence.• Mise à disposition aux participants d'outils MS Excel leur permettant de construire eux-mêmes leurs plans d'expériences.	<p>stylos (4 couleurs) en état de fonctionnement.</p> <ul style="list-style-type: none">• Nombre de participants limité à 5.
--	--

Pré requis :

Avoir une expérience en conception ou en fabrication de produits industriels.

Programme détaillé :

(Timing exact de chaque partie à détailler suite à adaptation de la formation sur mesure).

1. Introduction :

- Qu'est-ce qu'un plan d'expériences : Modéliser et maîtriser un phénomène physique à partir d'un nombre d'expériences minimisé.
- Les situations dans lesquelles les plans d'expériences apportent des bénéfices pour le pilotage de la qualité produit/processus.
- Les « fonction de transfert » polynômiales $Y=f(X)$ que l'on construit lorsqu'on réalise un plan d'expériences.
- Introduction aux données techniques et informations fournies par un plan d'expérience :
 - Effets simples et effets principaux : Variation sortie en fonction de chaque entrée.
 - Analyse de la variance : influence variation de chaque entrée sur variations sortie.
 - Variation totale obtenue sur la sortie. Comment minimiser ces variabilités du fait des variabilités des paramètres contrôlables et des paramètres de bruit.
 - Configuration de paramètres d'entrée qui permet d'obtenir une sortie optimale (Mini / Maxi / Cible).
 - Maîtrise des interactions entre paramètres d'entrée et des impacts d'ordre > 1. Mettre en place un pilotage inter-paramètres pour maîtriser la position ou les variabilités de la sortie.
 - Etablissement de cartes de pilotage multi paramètres (surfaces de réponse).
 - Détermination de la linéarité ou de la non linéarité. Détermination des causes de non linéarité (facteurs d'ordre >1, interactions, discontinuités).

2. Exemple de plan d'expériences simplifié :

- Réalisation d'un plan d'expériences factoriel sur un exemple très simple à deux paramètres et deux positions (deux ingrédients dans la constitution d'un mélange).
- Obtention de certains des apports des plans d'expériences sur cet exemple, tels que mentionné au point 1 ci-dessus. (Notamment effets simples, effets principaux, linéarité, optimum).

3. Éléments théoriques de base et plan factoriel complet par méthode matricielle :

- Rappel sur les notions de tolérancement et les notions statistiques de base suivantes :
 - Moyenne, Ecart Type, Médiane.
 - Tolérance, Nominal, Cible.
 - Loi normale (gaussiennes) et lois normales centrées réduites.
- Rappel sur la fonction de transfert construite lors d'un plan d'expérience et de ses différents termes :
 - Constants,
 - Linéaires,
 - Quadratiques,
 - Croisés (interactions),
 - D'ordre > 2 .
- Lien entre les différentes données obtenues au point n°2 ci-dessus et ces différents termes.
- Workshop - Plan d'expérience pour le calcul d'un ressort :
 - Présentation des données du plan factoriel complet obtenu par simulation numérique.
 - Passage des variables en lois centrées réduites.
 - Mise en place et résolution du calcul matriciel pour trouver les termes du polynôme.
 - Test du polynôme avec données expérimentales de test.
 - Calcul des variabilités des paramètres de sortie en fonction des tolérances et capacités des paramètres d'entrée.
 - Etablissement d'une surface de réponse : contrainte mécanique en fonction de la charge et du couple.

4. Choix du type de plan d'expériences, préparation, procédure de réalisation :

- Les limitations des plans factoriels.
- Les apports des tableaux orthogonaux introduits par Taguchi.
 - Simplification du travail à réaliser.
 - Standardisation des plans d'expériences réalisés (& fiabilisation des résultats obtenus).
 - Diminution du nombre d'expérimentations à mener.

- Workshop : mise en application des plans de Taguchi sur un exemple mécanique comportant des interactions (pris parmi les exemples du formateur ou parmi les produits ou processus de l'entreprise organisatrice).
- Autres types de plans d'expériences fractionnaires suivants les besoins applicatifs des participants. Présentation de chaque type de plan et mise en application sous forme de workshop suivant les besoins et applications des participants :
 - Plans de Koshal.
 - Plans de Plackett Burmann.
- Bilan sur les étapes de la réalisation d'un plan d'expériences :
 - Analyse du problème en présence.
 - Définition des objectifs recherchés grâce à la mise en œuvre du plan d'expérience.
 - Choix du type de plan d'expérience le plus adéquat.
 - Détermination des paramètres d'influence à prendre en compte.
 - Réalisation du plan d'expérience.
- Comment solutionner le problème de la recherche des paramètres d'influence à prendre en compte :
 - Brainstorming (Recherche par diagramme cause effet, affinement par 5 pourquoi, priorisation par matrice de hiérarchisation analytique en groupe de travail).
 - Etude historique (identification variations et différences). Confirmation et complément des paramètres identifiés par brainstorming.
 - Etudes de confirmation des paramètres d'influence à prendre en compte.

5. Autres exercices sur les sujets avancés suivants :

- Notions avancées concernant la méthode ANOVA.
- Notions avancées concernant le ratio S/N et son utilisation.
- Notions avancées concernant le « pooling » et les intervalles de confiance (méthode de taguchi).
- Plans pour surfaces de réponse.
- Plans de mélanges.
- Plans booléens.
- Plans optimaux.
- Plans pour simulations numériques.

6. Workshop – Mise en application des plans d’expériences sur l’exemple proposé par les participants :

- Mise en œuvre de toute la démarche sur un exemple de problématique rencontrée en interne dans l’entreprise organisatrice.
- Un suivi post formation (jusqu’à 12 mois) sera mis en place sur cet exemple par Vertice Engineering pour assurer :
 - Que cet exemple est traité entièrement.
 - Qu’il amène des résultats satisfaisants (pilotage efficace, corrélation correcte avec la réalité produit ou process).
 - Que l’ensemble des participants maîtrisent la réalisation du plan d’expérience telle qu’elle a été menée.
 - Suivi post-formation réalisé par Vertice Engineering « à volonté », avec une limitation liée à la disponibilité des équipes de Vertice Engineering.

7. Conclusions, extentions et autres apports des plans d’expériences et des principes de Taguchi :

- Mise en application pour la spécification des tolérances.
- Mise en application pour une utilisation efficace de la maîtrise statistique des processus.
- Mise en application de la stratégie qualité et de la fonction de perte de Taguchi.
- Bénéfices long terme.