



## Plans factoriels avec Design Expert

**Objectifs pédagogiques:** Apprendre à créer et analyser des Plans d'Expériences Factoriels avec Design Expert

**Niveau :** Débutant

**Prérequis :** Formation de base en statistique : moyenne, écart-type.  
La connaissance des tests d'hypothèse (Student ; Fisher ; ...) est préférable.  
Aisance avec les outils informatiques.

**Public cible :** Expérimentateurs dans tous domaines : physique, chimie, mécanique, métallurgie, agro-alimentaire, pharmacie, cosmétique, électronique, etc.

**Durée :** (en heures totales de formation)

**Modalités de formation envisageables (plusieurs cases possibles à cocher)**

- Inter-entreprise
- Intra-entreprise
- Coaching
- Présentiel
- Distanciel (classe virtuelle)

### FRANCE

72, rue des Archives  
75003 PARIS  
[formation@ritme.com](mailto:formation@ritme.com)  
+33 (0)1 42 46 00 42

### BELGIQUE

40, rue des Anciens Étangs  
1190 BRUXELLES  
[info@ritme-be.com](mailto:info@ritme-be.com)  
+32 (0)2 203 90 48

### SUISSE

21, rue Saint-Laurent  
1003 LAUSANNE  
[info@ritme.ch](mailto:info@ritme.ch)  
+41 (0)21 711 15 20

## Programme détaillé de la formation

### Jour 1 :

1. Principes : modélisation locale empirique par un polynôme ; degré d'un polynôme ; erreur de modélisation ; hypothèse de hiérarchie des degrés ; effets & coefficients ;
2. Notions : facteurs (quantitatifs & qualitatifs) ; domaine expérimental ; norme ; réponses ; expériences ; économie d'essais ; erreur expérimentale ; efficacité
3. Stratégies : hypothèse de hiérarchie des degrés : alternative Plan Factoriel / Plan en Surface de Réponse ; Plan Factoriel : alternative Complet / Fractionnaire ; principes du fractionnement
4. Utilité : disposer d'un modèle empirique de fonctionnement du système étudié dans un domaine de variation prédéfini permettant de comprendre l'impact des facteurs sur les réponses
5. Estimation des coefficients d'un polynôme :
  - Cas général : effets plus ou moins fortement redondants ; régression linéaire multiple nécessaire ;
  - Orthogonalité : effets parfaitement indépendants ; estimation directe possible
6. Typologie des plans d'expériences proposés par Design-Expert :
  - Plans « standards » (généralement orthogonaux) :
    - Pas de contrainte sur : le domaine expérimental, le nombre d'essais, ...
  - Plans factoriels à 2 niveaux (effets des facteurs quantitatifs **supposés rectilignes**) :
    - Plans factoriels à 2 niveaux complets et fractionnaires / Concomitances – Résolution
    - Plans de Plackett & Burman (matrices de Hadamard)
  - Plans factoriels complets quelconques : problèmes comportant des facteurs qualitatifs à plus de deux niveaux
  - Revue des Plans en « Surface de réponse » (effets des facteurs quantitatifs supposés curvilignes) :
  - plans Optimaux préconstruits : "Min Run Res V" ; "Min Run Res IV"

#### FRANCE

72, rue des Archives  
75003 PARIS  
[formation@ritme.com](mailto:formation@ritme.com)  
+33 (0)1 42 46 00 42

#### BELGIQUE

40, rue des Anciens Étangs  
1190 BRUXELLES  
[info@ritme-be.com](mailto:info@ritme-be.com)  
+32 (0)2 203 90 48

#### SUISSE

21, rue Saint-Laurent  
1003 LAUSANNE  
[info@ritme.ch](mailto:info@ritme.ch)  
+41 (0)21 711 15 20

## Jour 2 :

Avec Design Expert :

### 1. Plan Factoriel – Traitement d'exemple(s) :

- Création d'un Plan Factoriel avec Design Expert :
- Catalogue – Guide – Résumé
- Evaluation : modèle - ddl ; VIF ;  $R^2$  ; puissance ; leviers - graphes d'erreur
- Comparaison des divers types de plans pour un problème donné :
  - Plan de Plackett & Burman (criblage de facteurs influents)
  - Plan factoriel fractionnaire (modèle avec interactions)
  - Plans Optimaux préconstruits (en général meilleur rapport Qualité/Prix) :
    - "Min Run Res V" (modèle avec interactions)
    - "Min Run Res IV" (modèle sans interaction)
- Principes de construction de ces plans – Justification théorique.

### 2. Analyse des résultats avec Design Expert :

- Analyse de corrélation entre Réponses
- Modélisation « Factorielle » de chaque Réponse :
- Commentaires – Interprétation – Rappel des concepts statistiques nécessaires à la compréhension

*Définition d'un modèle : Significatif - Parcimonieux - Déterminatif - Valide*

Faut-il transformer la réponse ? Voir *Validation* du modèle ; Box-Cox

*Significativité des Effets* : graphes de normalité ; graphe de Pareto ; listes ; analyse de variance (ANOVA) : tests de Fisher ; coefficients ; équations

*Parcimonie* du modèle : sélection des Effets réellement influents (significatifs) ; manuelle : interactive sur graphiques d'effets ou par liste ; automatique

*Détermination (coefficients de)* du modèle : ANOVA :  $R^2$  ;  $R^2$  ajusté ;  $R^2$  de prédiction

*Validation* du modèle : ANOVA : courbure (si points au centre) ; amplitude du Résidu : écart-type ; structure du Résidu : graphes de diagnostic (normalité ; ordre ; Box-Cox)

*Utilisation du modèle* : graphes de visualisation et de compréhension du modèle

#### FRANCE

72, rue des Archives  
75003 PARIS  
[formation@ritme.com](mailto:formation@ritme.com)  
+33 (0)1 42 46 00 42

#### BELGIQUE

40, rue des Anciens Étangs  
1190 BRUXELLES  
[info@ritme-be.com](mailto:info@ritme-be.com)  
+32 (0)2 203 90 48

#### SUISSE

21, rue Saint-Laurent  
1003 LAUSANNE  
[info@ritme.ch](mailto:info@ritme.ch)  
+41 (0)21 711 15 20

Jour 3 :

1. Analyse des résultats avec Design Expert :

- Suite et fin
- Commentaires – Interprétation – Rappel des concepts statistiques nécessaires à la compréhension

2. Optimisation des réponses avec Design Expert :

- Numérique : Critères de désirabilité – Solutions – Graphes
- Graphique : Critères de plage – Graphes
- Prédictions : Intervalles de Confiance et de Prédition
- Commentaires – Interprétation – Rappel des concepts statistiques nécessaires à la compréhension

3. Augmentation d'un plan factoriel (ajouts d'essais) avec Design Expert :

- de la résolution en cours à une résolution supérieure (clarification de concomitances)
- (Fold / Semifold / Optimal factorial)
- d'un plan de résolution V ou plus à un plan en Surface de Réponse (caractérisation de courbure)  
Introduction aux plans en Surface de Réponse
- Questions et réponses.
- Présentation et commentaires de problématiques « participants ».

**FRANCE**

72, rue des Archives  
75003 PARIS  
[formation@ritme.com](mailto:formation@ritme.com)  
+33 (0)1 42 46 00 42

**BELGIQUE**

40, rue des Anciens Étangs  
1190 BRUXELLES  
[info@ritme-be.com](mailto:info@ritme-be.com)  
+32 (0)2 203 90 48

**SUISSE**

21, rue Saint-Laurent  
1003 LAUSANNE  
[info@ritme.ch](mailto:info@ritme.ch)  
+41 (0)21 711 15 20



#### **Moyens pédagogiques et d'encadrement :**

Plateforme digitale de formation dédiée (LMS).

Séances avec le formateur, Exposés théoriques, Supports pédagogiques format numérique, Travail approfondi sur les données.

Etudes de cas concrets :

- Inter-entreprise : fournis par le formateur
- Intra-entreprise : fournis par le formateur ou au préalable par l'entreprise si elle a déjà réalisé des Plans d'Expériences.

#### **Dispositif de suivi et d'évaluation des acquis:**

Mise en pratique et exercices, évaluation à chaud.

#### **Résultats & compétences attendus à l'issue de la formation :**

Savoir créer et analyser des Plans d'Expériences Factoriels avec Design Expert

**Mis à jour le : 28/04/2021**

#### **FRANCE**

72, rue des Archives  
75003 PARIS  
[formation@ritme.com](mailto:formation@ritme.com)  
+33 (0)1 42 46 00 42

#### **BELGIQUE**

40, rue des Anciens Étangs  
1190 BRUXELLES  
[info@ritme-be.com](mailto:info@ritme-be.com)  
+32 (0)2 203 90 48

#### **SUISSE**

21, rue Saint-Laurent  
1003 LAUSANNE  
[info@ritme.ch](mailto:info@ritme.ch)  
+41 (0)21 711 15 20