
**Illustrations choisies de plans
d'expériences factoriels fractionnaires**

Selected illustrations of fractional factorial screening experiments

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 12845:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 12845:2010](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2010

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et termes abrégés	4
5 Description générique des plans factoriels fractionnaires	5
5.1 Vue d'ensemble de la structure des exemples donnés dans les Annexes A à F	5
5.2 Objectifs généraux de l'expérience (Étape 1)	5
5.3 Variable(s) de réponse (Étape 2)	5
5.4 Facteurs ayant une incidence sur la ou les réponses (Étape 3)	6
5.5 Sélection d'un plan factoriel fractionnaire (Étape 4)	6
5.6 Analyse des résultats — Synthèses numériques et affichages graphiques (Étape 5)	8
5.7 Présentation des conclusions (Étape 6)	8
5.8 Réalisation des essais de confirmation (Étape 7)	8
6 Description des Annexes A à F	8
6.1 Comparaison et différentiation des exemples	8
6.2 Synthèse des expériences	8
Annexe A (informative) Campagne de commercialisation directe par la poste	10
Annexe B (informative) Optimisation d'une émulsion de polymère	21
Annexe C (informative) Étude de formulations de mousse PVC	35
Annexe D (informative) Validation de fabrication de l'insuline	49
Annexe E (informative) Expérience portant sur des machines à laver	61
Annexe F (informative) Bactérie de taret agrégée	73
Bibliographie	81

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TR 12845 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 69, *Applications des méthodes statistiques*, sous-comité SC 7, *Applications de techniques statistiques ou de techniques associées pour la mise en œuvre de Six Sigma*.

Introduction

La communauté Six Sigma¹⁾ et la communauté des concepteurs de normes statistiques internationales ont en commun une philosophie d'amélioration continue et partagent bon nombre d'outils d'analyse. La communauté Six Sigma privilégie une démarche pragmatique régie par les contraintes de temps et de ressources. La communauté des concepteurs de normes statistiques internationales élabore des documents rigoureux sur la base d'un consensus international de long terme. Les disparités en termes de contraintes de temps, de rigueur mathématique et de logiciels statistiques utilisés ont fini par bloquer les échanges, la synergie et l'appréciation mutuelle entre les deux groupes.

Le présent document s'intéresse à un outil statistique particulier (le plan factoriel fractionnaire à deux niveaux) et développe le sujet de manière relativement générique (dans l'esprit des Normes internationales) pour ensuite le caractériser dans des exemples d'utilisation de six applications détaillées et distinctes. La description générique se fonde sur les points communs existant entre les plans. Les annexes comprenant les six illustrations suivent le cadre de base mais identifient également les nuances et les écarts que l'on observe dans les applications spécifiques. Chaque exemple présente au moins une «facette» du problème qui se pose généralement aux applications Six Sigma réelles. Cela devrait permettre aux intervenants intéressés de se reconnaître dans au moins l'un des six exemples, ne serait-ce que pour leur rappeler les éléments de base applicables aux plans factoriels fractionnaires qu'ils ont étudiés au cours de leur formation Six Sigma. Chacun des six exemples est développé et analysé à l'aide d'un logiciel statistique d'utilisation courante. Les explications données tout au long du document sont dépourvues de détails mathématiques; ces détails peuvent être obtenus sans difficultés dans bon nombre d'ouvrages sur les plans d'expériences et leur analyse (tels que ceux indiqués dans la Bibliographie).

[ISO/TR 12845:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010>

1) Six Sigma est une marque commerciale de Motorola, Inc.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 12845:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010>

Illustrations choisies de plans d'expériences factoriels fractionnaires

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique décrit les étapes nécessaires à l'utilisation et à l'analyse des plans factoriels fractionnaires à deux niveaux en les caractérisant par six applications distinctes de cette méthodologie.

NOTE 1 Chacune de ces six illustrations est fondée sur le fait similaire que des contraintes de ressource ne permettent pas d'exécuter tout simplement les plans factoriels complets. D'autres éléments communs parmi les six exemples sont relevés [par exemple objectif de l'étude, deux niveaux pour les facteurs, variable(s) de réponse, facteurs ayant une incidence sur la réponse]. Par ailleurs, les illustrations présentent chacune des caractéristiques notables qui les distinguent.

NOTE 2 Les exemples illustrent le spectre des possibilités que proposent tant le domaine d'application que le choix des plans factoriels fractionnaires. Les plans factoriels fractionnaires peuvent être utilisés pour identifier les facteurs importants à appliquer pour un examen ultérieur (plan de criblage) et peuvent dans certains cas permettre une compréhension pratique du processus étudié. Les plans factoriels fractionnaires comprennent les plans de criblage et les plans vulgarisés par Genichi Taguchi.

NOTE 3 Les plans d'expériences factoriels fractionnaires sont parfois utilisés par des personnes (désignées «ceintures noires» ou «ceintures vertes») associées aux méthodes Six Sigma. Les méthodes Six Sigma concernent la résolution de problème et l'amélioration continue. Un plan d'expériences factoriel fractionnaire peut constituer un outil économique pour obtenir une amélioration régulière des processus ou des produits. Des discussions détaillées concernant d'autres outils, et leur traitement, utilisés par les opérateurs Six Sigma peuvent être trouvés dans divers documents de l'ISO TC 69/SC 7.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document.

ISO 3534-1, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 1: Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*

ISO 3534-2, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 2: Statistique appliquée*

ISO 3534-3, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 3: Plans d'expériences*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 3534-1, l'ISO 3534-2, l'ISO 3534-3 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

analyse de la variance

ANOVA

méthode consistant à séparer la variation totale d'une variable de réponse en composantes associées à des sources spécifiques de variation

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—²⁾, définition 3.3.8. (Les notes et les exemples ne sont pas inclus ici.)

2) À publier. (Révision de l'ISO 3534-3:1999)

3.2

loi binomiale

distribution discrète avec pour fonction de masse de probabilité

$$P(X = x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x}$$

où $x = 0, 1, \dots, n$ et avec les paramètres d'indexation $n = 1, 2, \dots$, et $0 < p < 1$

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-1:2006, définition 2.46. (L'exemple et les notes ne sont pas inclus ici.)

3.3

bloc

groupement d'unités expérimentales

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.1.23. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.4

point central

vecteur des valeurs de niveau des facteurs de la forme (a_1, a_2, \dots, a_k) , où tous les éléments a_i sont nuls, comme notation des niveaux codés des facteurs

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.1.38. (La note et l'exemple ne sont pas inclus ici.)

3.5

matrice de plan

matrice dotée de lignes représentant les traitements individuels (potentiellement transformés selon le modèle présumé), éventuellement étendus par les niveaux déduits des autres fonctions des niveaux de facteur (interactions, termes quadratiques, etc.), mais qui dépendent du modèle présumé

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.2.24. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.6

plan factoriel complet

plan factoriel

expérience planifiée composée de tous les traitements potentiels formés de deux facteurs ou plus, chacun étant étudié à deux niveaux ou plus

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.2.1. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.7

interaction

combinaison de deux facteurs ou plus

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.1.15. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.8

niveau de facteur

mise en œuvre, valeur ou affectation d'un facteur conformément au domaine expérimental

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.1.10. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.9**loi normale
loi de Gauss**

distribution continue avec pour fonction de densité de probabilité:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

où $-\infty < x < \infty$ et avec les paramètres $-\infty < \mu < \infty$ et $\sigma > 0$

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-1:2006, définition 2.50. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.10**variable de prédiction
facteur**

variable susceptible de contribuer à l'explication du résultat d'une expérience

NOTE 1 Le degré auquel une variable de prédiction donnée peut être maîtrisée détermine son rôle potentiel dans une expérience planifiée. Les variables de prédiction sont susceptibles d'être maîtrisées (fixes), modifiables (maîtrisées uniquement pendant une courte période ou à un coût considérable) ou non maîtrisées (aléatoires).

NOTE 2 Une variable de prédiction peut comporter un élément aléatoire ou peut être, par exemple, un ensemble de classes de qualité qui peuvent être observées ou affectées sans erreur aléatoire.

NOTE 3 Le terme variable de prédiction est généralement utilisé dans des contextes impliquant une relation mathématique entre la variable de réponse et une (des) variable(s) de prédiction ou des fonctions de variables de prédiction. Le terme facteur a tendance à être utilisé dans la pratique comme un moyen d'évaluer la variable de réponse lorsque des facteurs particuliers varient.

NOTE 4 Un facteur peut être associé à la création de blocs.
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-52c57b3781452010>

NOTE 5 Le terme «variable indépendante» n'est pas recommandé comme synonyme en raison de la confusion possible avec «indépendance» (voir l'ISO 3534-1:2006, 2.4). Les autres termes parfois utilisés en remplacement de variable de prédiction comprennent «variable d'entrée», «variable descriptive» et «variable explicative».

[ISO 3534-3:—, définition 3.1.4]

3.11**randomisation**

stratégie dans laquelle chaque unité expérimentale a une chance égale de se voir affecter un traitement particulier

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.1.26. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.12**réplique**

(expérience) occurrences multiples d'une combinaison de traitements donnée ou de valeurs de variables de prédiction

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.1.35. (Les notes ne sont pas incluses ici.)

3.13**répétition**

réalisation répétée d'une expérience pour un ensemble donné de variables de prédiction mais pas nécessairement avec une configuration complète des variables de prédiction

3.14
plan en parcelles subdivisées

plan d'expériences dans lequel le groupe des unités expérimentales (parcelles) auquel le même niveau de facteur que celui affecté au facteur principal est subdivisé de telle sorte qu'un ou plusieurs facteurs principaux supplémentaires puissent être étudiés à l'intérieur de chaque niveau de ce facteur

NOTE Adaptée de l'ISO 3534-3:—, définition 3.2.16. (L'exemple et les notes ne sont pas inclus ici.)

3.15
résolution de plan

(plans d'expériences; factoriels fractionnaires) longueur du terme le plus court de la relation de définition

NOTE 1 La résolution de plan indique l'étendue de l'alias entre les effets principaux et les interactions doubles et d'ordre supérieur.

NOTE 2 La résolution de plan décrit l'alias dans un plan d'expériences particulier. La longueur numérique est généralement donnée par des chiffres romains en majuscule. Les trois situations pratiques les plus courantes sont les résolutions III, IV et V.

— Pour un plan de **résolution III**, les effets principaux ne sont pas confondus avec d'autres effets principaux. Cette observation peut être faite en examinant les expressions de la relation de définition. Par exemple, $I = ABD = BCE = ACDE$ inclut les expressions I, ABD, BCE et $ACDE$ et le décompte du nombre de lettres pour chaque terme (respectivement 1, 3, 3 et 4 pour cet exemple). La plus courte longueur, à part 1 (correspondant à I), est 3, qui est connu comme la longueur de la plus courte «chaîne de caractères». Au moins un effet principal est confondu avec une interaction double. Par exemple, dans le cas où $I = ABD$, A est confondu avec BD , B est confondu avec AD et D est confondu avec AB .

iTeh STANDARD PREVIEW

— Pour un plan de **résolution IV**, les effets principaux ne sont pas confondus avec d'autres effets principaux ou interactions doubles. Au moins une interaction double est confondu avec une autre interaction double. Par exemple, la relation de définition $I = ABCE = BCDF = ADEF$ inclut les expressions $I, ABCE, BCDF$ et $ADEF$ et le décompte du nombre de lettres pour chaque terme (respectivement 1, 4, 4 et 4). La plus petite valeur, à part 1 (correspondant à I), est 4, qui est connue comme la longueur de la plus courte «chaîne de caractères» pour ce plan. Par exemple, dans le cas où $I = ABCE$, AB est confondu avec CE , AC avec BE , AE avec BC , alors que A est confondu avec BCE , B est confondu avec ACE , C est confondu avec ABE et E est confondu avec ABC .

— Pour un plan de **résolution V**, les effets principaux et les interactions doubles ne sont pas confondus avec d'autres effets principaux ou interactions doubles. Par exemple, avec $I = ABCDE$, il est clair que chaque effet principal est confondu avec une interaction quadruple (A est confondu avec $BCDE$) et chaque interaction double est confondu avec une interaction triple (AB est confondu avec CDE).

NOTE 3 Plus la résolution est élevée, plus les effets (principaux ou interactions) peuvent être estimés sans ambiguïté à condition que les interactions d'ordre élevé soient négligeables. En présence d'un choix entre deux plans potentiels faisant intervenir le même nombre de facteurs et d'unités expérimentales, il convient de choisir le plan ayant la résolution la plus élevée. Heureusement, pour la plupart des cas de k et de p ayant un intérêt pratique, les relations de définition les mieux appropriées sont disponibles.

NOTE 4 Les plans factoriels complets n'ont pas de concomitance. Pour la plupart des applications pratiques, un plan de résolution V est excellent et un plan de résolution IV peut être adéquat. Les plans de résolution III sont utilisés comme plans de criblage économiques.

[ISO 3534-3:—, définition 3.2.6]

4 Symboles et termes abrégés

Les symboles et abréviations utilisés dans le présent Rapport technique sont les suivants:

Y	Variable de réponse
A, B, C, D	Facteurs
AB, AC, AD, BC, BD, CD	Interactions doubles

<i>ABC, ACD, BCD</i>	Interactions triples
<i>ABCD</i>	Interactions quadruples
+1, -1	Niveaux haut et bas des facteurs
2 ⁴	Plan factoriel complet à quatre facteurs, chacun à deux niveaux
σ	Écart-type

5 Description générique des plans factoriels fractionnaires

5.1 Vue d'ensemble de la structure des exemples donnés dans les Annexes A à F

Le présent Rapport technique donne des lignes directrices générales sur la conception, l'exécution et les analyses des plans factoriels fractionnaires à deux niveaux et en illustre les étapes avec six applications distinctes données dans les annexes. Chacun des six exemples donnés dans les Annexes A à F suit la structure de base définie dans le Tableau 1.

Les étapes données dans le Tableau 1 s'appliquent à la conception et à l'analyse des plans de criblage de manière générale. Chacune des sept étapes est expliquée ci-dessous.

Tableau 1 — Étapes de base d'un plan d'expérience

Étape 1	Détermination du ou des objectifs généraux de l'expérience
Étape 2	Description de la ou des variables de réponse
Étape 3	Énumération des facteurs susceptibles d'avoir une incidence sur la ou les réponses
Étape 4	Sélection d'un plan factoriel fractionnaire
Étape 5	Analyse des résultats - synthèses numériques et affichages graphiques
Étape 6	Présentation des conclusions
Étape 7	Réalisation d'un essai de validation

5.2 Objectifs généraux de l'expérience (Étape 1)

Les expériences sont réalisées pour de nombreuses raisons. Il convient de clairement déterminer la raison principale motivant l'expérience et d'en convenir avec toutes les parties impliquées dans la conception, l'exécution, l'analyse et les implications du travail expérimental. Des objectifs secondaires peuvent être traités par cette expérience mais en règle générale le centre d'intérêt porte sur l'identification d'un sous-ensemble des facteurs ayant une incidence sur la variable de réponse.

Le résultat final de l'expérience peut donner lieu à une action immédiate sur les niveaux des facteurs ou permettre d'établir un modèle de prédiction, mesures qui dans les deux cas régissent certains éléments des analyses. L'expérience peut ultérieurement être considérée comme la première étape d'une séquence continue d'expériences réalisées pour déterminer les améliorations à apporter au produit ou au processus.

5.3 Variable(s) de réponse (Étape 2)

L'objectif associé à celui de l'expérience réalisée est de parvenir à un résultat mesurable ou une mesure de performance. On peut souhaiter maximiser une réponse, la minimiser ou atteindre une valeur cible. Il convient que la variable de réponse (exprimée ici par la variable *Y*) soit étroitement (si elle ne l'est pas directement) liée à l'objectif de l'expérience. Dans certaines situations, il peut exister plusieurs caractéristiques d'intérêt à prendre en compte, bien que de manière générale une variable de réponse principale soit associée à l'expérience. Dans d'autres cas, il faut considérer plusieurs réponses.

5.4 Facteurs ayant une incidence sur la ou les réponses (Étape 3)

La variable de réponse dépend très probablement et de façon inconnue d'un grand nombre de conditions. Ces conditions peuvent être établies lors de la génération d'un résultat de variable de réponse tel qu'un paramètre de température ou de temps. Ces conditions sont supposées liées à des facteurs contrôlables qui peuvent être continus (température, concentration) ou discrets (deux lignes d'ensemble A ou B, deux vendeurs, deux modèles d'emballage, etc.). Pour les plans d'expériences factoriels fractionnaires considérés dans le présent Rapport technique, le processus du plan d'expériences est simplifié en sélectionnant deux niveaux pour chaque facteur qui varie au cours de l'expérience.

- Pour les facteurs discrets ayant uniquement deux modalités possibles, les niveaux correspondent à ces deux modalités.
- Pour les facteurs continus, le choix des deux valeurs spécifiques est laissé à l'appréciation des personnes connaissant le mieux le phénomène à étudier. Dans certains cas, l'un des paramètres peut être constitué de la valeur historique, l'autre étant une valeur proposée. Dans d'autres cas, les deux niveaux peuvent être des ajustements nominaux issus des valeurs historiques. Dans tous les cas, il convient que les niveaux soient suffisamment séparés pour pouvoir détecter une incidence liée à l'incertitude propre sans pour autant être trop éloignés au risque de devenir inacceptables du point de vue pratique ou en termes de sécurité ou de sensibilité. Les niveaux des facteurs continus sont d'autant plus fiables qu'ils sont établis en collaboration avec un expert participant à l'expérience.

Des facteurs supplémentaires peuvent avoir une incidence sur la variable de réponse mais ils peuvent être considérés comme beaucoup moins importants que les facteurs choisis ou se révéler trop difficiles ou onéreux à contrôler. Enfin, les facteurs doivent varier indépendamment les uns des autres. Il est cependant possible de constater une interaction entre les facteurs (le paramètre d'un facteur a une incidence sur la manière dont un deuxième facteur affecte la réponse).

5.5 Sélection d'un plan factoriel fractionnaire (Étape 4)

ISO/TR 12845:2010

Le nombre de facteurs considérés comme importants pour l'expérience est généralement important, par exemple 10 ou davantage. Un plan d'expériences conçu pour étudier tous les facteurs possibles ainsi que leurs interactions impliquerait un nombre d'expériences trop élevé. Par exemple, pour l'étude de seulement huit facteurs à deux niveaux chacun, le nombre d'essais nécessaire est de 256. Pour trois niveaux, le nombre d'essais atteindrait 6 561! Pour la plupart des organismes, cela représente un gaspillage de ressources. Il s'agit par conséquent de planifier les expériences sur la base d'un nombre moins important d'essais permettant cependant à l'expérimentateur d'obtenir tous les résultats expérimentaux importants. Tout en donnant des informations complètes sur les effets des facteurs, cela fournit également des informations sur des combinaisons de facteurs d'ordre supérieur présentant une utilité pratique mineure. Il s'agit par conséquent de parvenir à un équilibre permettant de réduire la tâche expérimentale sans sacrifier les informations sur les principaux facteurs d'intérêt lors de la réalisation d'un plan d'expériences factoriel fractionnaire.

Les exemples donnés dans les annexes considèrent de 6 à 15 facteurs en utilisant au maximum 40 essais pour identifier les facteurs critiques.

Un plan classique comprend 16 essais obtenus en considérant toutes les combinaisons de quatre facteurs avec deux niveaux potentiels. Voir l'ISO/TR 29901 pour une description. Le Tableau 3 ci-après fournit la configuration de base dans un ordre de construction standard afin d'en faciliter la compréhension. Chaque ligne du tableau représente un ensemble de conditions expérimentales qui, lorsqu'elles sont appliquées, fournissent une valeur de la variable de réponse Y . Les quatre facteurs sont respectivement désignés A , B , C et D . Pour un facteur individuel, la valeur «-1» est le niveau «bas», ou l'un des deux niveaux si le facteur est catégoriel (codé). La valeur «+1» est le niveau «haut», ou l'autre niveau du facteur catégoriel. La colonne « Y » est un paramètre fictif pour la valeur de la réponse après réalisation de l'essai.

Cela fournit des informations non ambiguës sur les facteurs suivants et leurs interactions, à savoir:

A , B , C , D , AB , AC , AD , BC , BD , CD , ABC , ABD , ACD , BCD et $ABCD$.

Pour la plupart des applications pratiques, les interactions d'ordre supérieur, par exemple ABC , sont souvent considérées comme négligeables et on peut, de ce fait, ne pas les prendre en compte dans le modèle. Par conséquent, cela favorise l'intégration possible d'un plus grand nombre de facteurs dans les plans factoriels complets, bien que pour un nombre réduit de facteurs.

L'expérimentateur doit être parfaitement conscient des aliasés créés par la diminution du nombre d'essais, et des interactions doubles associées, en fractionnant le plan factoriel à deux niveaux. Une sélection imprudente peut annuler l'identification claire des effets (principaux ou interactions doubles). Ces aspects peuvent être observés dans les six différents exemples donnés dans les annexes.

Le Tableau 2 fournit une synthèse utile des lacunes de certains plans. Le tableau décrit les trois types de résolutions de plan les plus courants. Les exemples donnés dans les annexes (voir Tableau 4) font référence à ces résolutions.

Tableau 2 — Résolutions de plan sélectionnées

Résolution	Description
III	Les effets principaux ne sont pas aliasés à d'autres effets principaux, mais au moins un effet principal est aliasé à une ou des interactions doubles.
IV	Les effets principaux ne sont pas aliasés aux autres effets principaux ou autres interactions doubles, mais au moins une interaction double est aliasée à au moins une autre interaction double et au moins un effet principal est aliasé à au moins une interaction triple.
V	Les effets principaux et les interactions doubles sont tous identifiables sans ambiguïté, mais au moins une interaction double est aliasée à au moins une interaction triple et au moins un effet principal est aliasé à au moins une interaction quadruple.

En dernier lieu, le choix du plan dépend des considérations susmentionnées ainsi que des contraintes de ressource. Des recommandations d'ordre général peuvent être obtenues dans les ouvrages de référence indiqués dans la Bibliographie. De plus en plus de logiciels contiennent des aides utiles pour la sélection de plan et des algorithmes permettant d'optimiser le plan lorsque le problème est bien défini.

Tableau 3 — Configuration d'un plan factoriel complet 2^4 générique

Numéro de ligne	A	B	C	D	Y	Ordre d'exécution
1	-1	-1	-1	-1	y_1	6
2	+1	-1	-1	-1	y_2	14
3	-1	+1	-1	-1	y_3	4
4	+1	+1	-1	-1	y_4	11
5	-1	-1	+1	-1	y_5	9
6	+1	-1	+1	-1	y_6	2
7	-1	+1	+1	-1	y_7	3
8	+1	+1	+1	-1	y_8	1
9	-1	-1	-1	+1	y_9	8
10	+1	-1	-1	+1	y_{10}	13
11	-1	+1	-1	+1	y_{11}	7
12	+1	+1	-1	+1	y_{12}	10
13	-1	-1	+1	+1	y_{13}	15
14	+1	-1	+1	+1	y_{14}	16
15	-1	+1	+1	+1	y_{15}	5
16	+1	+1	+1	+1	y_{16}	12

5.6 Analyse des résultats — Synthèses numériques et affichages graphiques (Étape 5)

À l'issue de l'expérience, les valeurs y_i peuvent être remplacées par les réponses réelles observées. De nombreux progiciels statistiques permettent d'obtenir des informations pour mieux comprendre les résultats de l'expérience. Il s'agit en premier lieu de déterminer l'effet de chacun des facteurs sur la variable de réponse. La nature des plans factoriels fractionnaires laisse espérer, voire supposer, que les effets principaux estimés sont bien liés au facteur principal bien qu'il puisse exister un aliase avec des interactions.

La plus grande part de l'analyse réalisée pour des plans factoriels complets 2^4 (voir l'ISO/TR 29901) se fonde dans le cas présent sur les dispositions selon lesquelles les modèles d'aliase doivent être pris en compte et correctement évalués. En particulier, les tracés des effets principaux, les tracés d'interaction, les graphiques de Pareto, les tracés de loi normale et/ou semi-normale constituent des instruments d'analyse appropriés. Bien que la nature même de l'analyse spécifie de la représenter de manière graphique, il convient de l'accompagner d'une documentation supplémentaire, par exemple un tableau des effets.

5.7 Présentation des conclusions (Étape 6)

Les conclusions tirées d'un plan de criblage constituent de toute évidence une description de la phase suivante de l'expérimentation. Le plan d'expériences est, par nature, essentiellement séquentiel et un plan de criblage constitue fréquemment la première phase de l'étude, le plus souvent suivie d'expériences complémentaires réalisées avec un nombre réduit de facteurs et parfois avec plus de niveaux. Dans certains cas, le plan de criblage prend en charge un modèle de prédiction qui peut proposer d'autres paramètres pour les facteurs importants. Bien que le processus n'ait pas été totalement optimisé, des paramètres d'ordre supérieur peuvent entre-temps avoir été identifiés.

Par ailleurs, le plan d'expériences peut révéler d'importantes interactions qui peuvent, malheureusement, être inséparables des autres. Un exemple de ce cas est donné à l'Annexe C.

5.8 Réalisation des essais de confirmation (Étape 7)

Les expériences de confirmation sont considérées comme étant une règle de bonne pratique dans la mesure où elles devraient garantir à l'expérimentateur :

- a) que le plan d'expériences initial a été correctement réalisé;
- b) que les conclusions sont toujours applicables dans le temps;
- c) qu'il n'existe aucune variable «masquée» qui aurait été ignorée dans le plan d'expériences initial.

Cela étant dit, il existe des circonstances qui empêchent de réaliser un essai de confirmation, par exemple des contraintes de temps dues à des problèmes commerciaux, à des questions de coût (ressources) ou d'acceptation par la direction du risque d'un plan de criblage erroné.

6 Description des Annexes A à F

6.1 Comparaison et différenciation des exemples

Les Annexes A à F illustrent six exemples distincts de plans factoriels fractionnaires. Chaque exemple suit le modèle général donné dans le Tableau 1.

6.2 Synthèse des expériences

Le Tableau 4 résume les six exemples détaillés dans les annexes et indique les aspects relatifs aux analyses qui sont uniques pour l'expérience considérée.

Tableau 4 — Synthèse des expériences décrites dans les Annexes

Annexe	Expérience	Domaine d'activité	Résolution	Aspects spécifiques au problème
A	Campagne de publicité directe par la poste	Commercialisation	IV	La variable de réponse est une proportion, erreurs-types basées sur une loi binomiale.
B	Optimisation d'émulsion de polymère	Génie chimique	IV	Effet de bloc, transformation de réponse, deux réponses.
C	Formulation de mousse PVC	Génie chimique	III	Analyse de trois réponses avec différents niveaux de réussite du fait d'une importante confusion des effets.
D	Validation de fabrication de l'insuline	Médication	IV	Huit réponses, effet de bloc, niveaux des facteurs exprimés par une étendue de mesure, intérêt d'aucun effet significatif.
E	Robustesse de machine à laver	Génie mécanique	—	Tableaux orthogonaux de Taguchi, tableaux intérieur/extérieur.
F	Bactérie de taret agrégée	Génie biologique	III, IV	Plan de Plackett-Burman.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 12845:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/10d61f6b-8205-44fe-be5b-4694ea90deba/iso-tr-12845-2010>