

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
3534-3

NORME
INTERNATIONALE

Third edition
Troisième édition
2013-04-15

Statistics — Vocabulary and symbols —

Part 3:
Design of experiments

Statistique — Vocabulaire et symboles —

Partie 3:
Plans d'expériences



Reference number
Numéro de référence
ISO 3534-3:2013(E/F)

© ISO 2013



COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT
DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

The reproduction of the terms and definitions contained in this International Standard is permitted in teaching manuals, instruction booklets, technical publications and journals for strictly educational or implementation purposes. The conditions for such reproduction are: that no modifications are made to the terms and definitions; that such reproduction is not permitted for dictionaries or similar publications offered for sale; and that this International Standard is referenced as the source document.

With the sole exceptions noted above, no part of this publication may be reproduced or utilized otherwise in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, or posting on the internet or an intranet, without prior written permission. Permission can be requested from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

La reproduction des termes et des définitions contenus dans la présente Norme internationale est autorisée dans les manuels d'enseignement, les modes d'emploi, les publications et revues techniques destinés exclusivement à l'enseignement ou à la mise en application. Les conditions d'une telle reproduction sont les suivantes: aucune modification n'est apportée aux termes et définitions; la reproduction n'est pas autorisée dans des dictionnaires ou publications similaires destinés à la vente; la présente Norme internationale est citée comme document source.

À la seule exception mentionnée ci-dessus, Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au 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

Published in Switzerland/Publié en Suisse

Contents

Page

Foreword	v
Introduction.....	vii
1 Scope.....	1
2 Normative references.....	1
3 Terms and definitions	2
3.1 General terms.....	2
3.2 Arrangements of experiments.....	25
3.3 Methods of analysis	54
Annex A (informative) Concept diagrams	66
Annex B (informative) Methodology used to develop the vocabulary	82
Annex C (informative) Experimental design checklists	85
Annex D (informative) Experimental design from the system model perspective.....	88
Bibliography.....	93
Alphabetical index.....	94

Sommaire

Page

Avant-propos	vi
Introduction	viii
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
3.1 Termes généraux	2
3.2 Dispositifs expérimentaux	25
3.3 Méthodes d'analyse	54
Annexe A (informative) Schémas conceptuels	66
Annexe B (informative) Méthodologie utilisée pour élaborer le vocabulaire	82
Annexe C (informative) Listes de contrôle d'un plan expérimental	85
Annexe D (informative) Plan d'expériences du point de vue du modèle de système	88
Bibliographie	93
Index alphabétique	96

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO 3534-3 was prepared by Technical Committee ISO/TC 69, *Applications of statistical methods*, Subcommittee SC 1, *Terminology and symbols*.

This third edition cancels and replaces the second edition (ISO 3534-3:1999), which has been technically revised.

ISO 3534 consists of the following parts, under the general title *Statistics — Vocabulary and symbols*:

- *Part 1: General statistical terms and terms used in probability*
- *Part 2: Applied statistics*
- *Part 3: Design of experiments*
- *Part 4: Survey sampling*

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.

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 3534-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 69, *Application des méthodes statistiques*, sous-comité SC 1, *Terminologie et symboles*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 3534-3:1999), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 3534 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Statistique — Vocabulaire et symboles*:

- *Partie 1: Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*
- *Partie 2: Statistique appliquée*
- *Partie 3: Plans d'expériences*
- *Partie 4: Échantillonnage pour sondages*

Introduction

Design of experiments (DOE) catalyses innovation, problem solving and discovery. DOE comprises a strategy and a body of methods that are instrumental in achieving quality improvement in products, services and processes. Although statistical quality control, management resolve, inspection and other quality tools also serve this goal, experimental design represents the methodology of choice in complex, variable and interactive settings. Historically, design of experiments has evolved and thrived in the agricultural area. Medicine has also enjoyed a long history of careful experimental design. Industrial settings particularly benefit from the methodology — due to the ease of initiating efforts (user-friendly software packages), improved training, influential advocates, and accumulating successes with experimental design.

Design of experiments is fundamental to continuous improvement and product development. Experimentation often evolves sequentially with improvements taking place following each stage of the learning process. If the objective is to optimize a response, then **response surface designs** (3.2.19) play a critical role. Multiple levels of factors recognized to be important are considered to accommodate neatly curvilinear effects, for example in the vicinity of the optimum settings.

Factorial experiments (3.2.1) and **fractional factorial experiments** (3.2.3) provide a methodology for studying the interrelationships among multiple factors of interest to the experimenter. These types of experiments can be far more resource efficient and effective than intuitive one-factor-at-a-time experiments. Factorial experiments are particularly well-suited for determining that a factor behaves differently (as reflected in the experimental response) at different levels of other factors. Frequently, the “breakthrough” in quality comes from the synergism revealed in a study of “**interactions**” (3.1.17). If the number of factors under consideration is large, then factorial experiments could exceed resources. However, fractional factorial experiments offer a possible compromise. Actually, if the initial goal is to identify factors warranting further investigation, then **screening designs** (3.2.8) can be useful.

In planning an experiment, it is necessary to limit biases introduced by the experimental conditions or in the assignment of treatments to experimental units. Topics such as “**randomization**” (3.1.30) and “**blocking**” (3.1.26) deal with minimizing the effects of nuisance or extraneous elements. Specific blocking strategies include **randomized block designs** (3.2.10), **Latin square designs** (3.2.11) and variants, and **balanced incomplete block designs** (3.2.14).

Designs for experiments with mixtures [**mixture designs** (3.2.20)] apply in situations where factors constitute proportions of a total, such as ingredients in an alloy. **Nested designs** (3.2.21) are particularly useful in inter-laboratory testing and in measurement system analyses.

Methods of analysis of the collected data are straightforward, if the experiment has been carried out according to the plan. **Graphical methods** (3.3.1) can be particularly effective in revealing overall conclusions. Estimation of parameters from a model is commonly handled using **regression analysis** (3.3.7). Regression analysis methods can also handle difficulties with missing data, identification of outliers, and other problems.

Annex A provides associated Concept Diagrams that relate the various terms. To assist users of this part of ISO 3534, an explanation of Concept Diagrams is provided in Annex B.

Design of experiments consists of a complex process to implement **experimental plans** (3.1.29). Annex C provides checklists that are intended to identify key items to be considered in designing and implementing a **designed experiment** (3.1.27). Annex D describes experimental design from the systems model perspective.

Introduction

Les plans d'expériences (DOE, *design of experiments*) catalysent l'innovation, la résolution de problèmes et la découverte. Les DOE comprennent une stratégie et un corps de méthodes qui sont les instruments permettant d'améliorer la qualité des produits, des services et des processus. Bien que la maîtrise statistique de la qualité, les solutions managériales, les inspections et autres outils de qualité remplissent également cet objectif, les plans d'expériences représentent la méthodologie par excellence dans le cas d'un environnement de paramètres complexes, variables et interactifs. D'un point de vue historique, les plans d'expériences ont évolué et se sont développés dans le secteur de l'agriculture. La médecine a également bénéficié d'une longue histoire de plans d'expériences élaborés avec soin. Les environnements industriels tirent particulièrement profit de la méthodologie, en raison de la facilité d'initiation des efforts (logiciels d'application conviviaux), d'une meilleure formation, de défenseurs influents et des nombreux succès obtenus grâce aux plans d'expériences.

Les plans d'expériences sont indispensables à l'amélioration continue et au développement de produit. L'expérimentation évolue souvent de manière séquentielle, les améliorations intervenant après chaque étape du processus d'apprentissage. Si l'objectif est d'optimiser une réponse, alors les **plans à surface de réponse** (3.2.19) jouent un rôle critique. De multiples niveaux de facteurs jugés importants sont pris en compte pour s'adapter parfaitement aux effets curvilignes, par exemple à proximité des valeurs optimales.

Les **plans factoriels** (voir 3.2.1) et les **plans factoriels fractionnaires** (3.2.3) fournissent une méthodologie d'étude des interrelations entre les multiples facteurs d'intérêt pour la personne qui réalise l'expérience. Ces types de plans d'expériences peuvent être bien plus efficaces et économes en ressources que les plans d'expériences intuitifs du type «un facteur à la fois». Les plans d'expériences factoriels conviennent particulièrement pour déterminer le fait qu'un facteur se comporte différemment (comme reflété dans la réponse expérimentale) avec des niveaux différents d'autres facteurs. La «percée» de qualité provient fréquemment de la synergie révélée par une étude d'«**interactions**» (3.1.17). Lorsque le nombre de facteurs considérés est important, les plans d'expériences factoriels peuvent alors dépasser les ressources. Cependant, les plans factoriels fractionnaires offrent un compromis possible. En effet, lorsque le but initial est d'identifier les facteurs justifiant d'autres analyses, les **plans de criblage** (3.2.8) peuvent être utiles.

La planification d'une expérience nécessite de limiter les biais dus aux conditions expérimentales ou à l'affectation des traitements aux unités expérimentales. Les sujets tels que «**randomisation**» (3.1.30) et «**mise en blocs**» (3.1.26) traitent de la réduction des effets de nuisance ou des éléments étrangers. Les stratégies spécifiques de mise en blocs comprennent les plans en **blocs randomisés** (3.2.10), les **plans en carré latin** (3.2.11) et leurs variantes, ainsi que les plans en **blocs incomplets équilibrés** (3.2.14).

Les **plans pour l'étude de mélanges** (3.2.20) s'appliquent aux situations dans lesquelles les facteurs constituent les proportions d'un ensemble, telles que les ingrédients d'un alliage. Les **plans emboîtés** (3.2.21) sont particulièrement utiles dans les essais interlaboratoires et dans les analyses des systèmes de mesure.

Les méthodes d'analyse des données recueillies sont directes lorsque l'expérience est effectuée selon le plan. Les **méthodes graphiques** (3.3.1) peuvent être particulièrement efficaces pour révéler des conclusions générales. L'estimation des paramètres d'un modèle s'effectue communément en utilisant l'**analyse de régression** (3.3.7). Les méthodes d'analyse de régression peuvent également traiter des difficultés rencontrées avec les données manquantes, l'identification de valeurs aberrantes et autres problèmes.

L'Annexe A fournit des schémas conceptuels qui précisent les différents termes. Afin d'aider les utilisateurs de la présente partie de l'ISO 3534, une explication des schémas conceptuels est fournie à l'Annexe B.

Un plan d'expériences est un processus complexe pour mettre en œuvre des **plans expérimentaux** (3.1.29). L'Annexe C fournit des listes de contrôle destinées à identifier les points clés à prendre en considération lors de la conception et de la mise en œuvre d'une **expérience planifiée** (3.1.27). L'Annexe D décrit les plans d'expériences du point de vue des modèles.

Statistics — Vocabulary and symbols —

Part 3: Design of experiments

Statistique — Vocabulaire et symboles —

Partie 3: Plans d'expériences

1 Scope

This part of ISO 3534 defines the terms used in the field of design of experiments and may be used in the drafting of other International Standards.

More specifically, it defines terms used in the field of design of experiments for which the response variable is one-dimensional and continuous and for which the expectation of the response variable is linear in the parameters. The terms with regard to the statistical analysis are based on the assumption that the error term follows a normal distribution with constant variance.

2 Normative references

The following referenced documents are indistinguishable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 3534-1:2006, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability*

ISO 3534-2:2006, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics*

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 3534 définit les termes utilisés dans le domaine des plans d'expériences et peut être utilisée pour l'élaboration d'autres Normes internationales.

Plus spécifiquement, elle définit les termes utilisés dans le domaine des plans d'expériences pour lesquels la variable de réponse est unidimensionnelle et continue et pour lesquels l'espérance mathématique de la variable de réponse est linéaire dans les paramètres. Les termes relatifs à l'analyse statistique sont fondés sur l'hypothèse que le terme d'erreur suit une loi normale avec une variance constante.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 3534-1:2006, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 1: Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*

ISO 3534-2:2006, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 2: Statistique appliquée*