

**Implementation of
ISO 3534-3:1985**

Statistics — Vocabulary and symbols —

Part 3: Design of experiments

UDC [311 + 519.2]:[001.4 + 003.62]

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW



Document Sharing Hub

Committees responsible for this British Standard

The preparation of this British Standard was entrusted by the Quality, Management and Statistics Standards Committee (QMS/-) to Technical Committee QMS/1 upon which the following bodies were represented:

- Association of Public Analysts
- British Telecommunications plc
- Cement and Concrete Association
- Chemical Industries Association
- Clay Pipe Development Association Limited
- Department of Industry (Laboratory of the Government Chemist)
- Department of Industry (National Engineering Laboratory)
- Gauge and Tool Makers' Association
- Institute of Petroleum
- Institute of Quality Assurance
- Institution of Production Engineers
- Ministry of Defence
- National Coal Board
- Post Office
- Royal Statistical Society
- Tobacco Advisory Council
- Coopted members

The following bodies were also represented in the drafting of the standard, through subcommittees and panels:

- Institute of Statisticians

This British Standard, having been prepared under the direction of the Quality, Management and Statistics Standards Committee, was published under the authority of the Board of BSI and comes into effect on 31 December 1986

© BSI 03-2000

The following BSI references relate to the work on this standard:
Committee reference QMS/1
Draft for comment 86/67400 DC

ISBN 0 580 15319 3

Amendments issued since publication

Amd. No.	Date of issue	Comments
7962	January 1994	Indicated by a sideline in the margin

Contents

	Page
Committees responsible	Inside front cover
National foreword	ii
Background information on the design of experiments	1
Introduction	5
0 Scope and field of application	5
1 General terms	5
2 Arrangements of experiments	13
3 Methods of analysis	27
English alphabetical index	36
French alphabetical index	37
Publications referred to	Inside back cover

National foreword

This British Standard reproduces verbatim ISO 3534-3:1985 and implements it as the UK national standard.

This British Standard is published under the direction of the Quality Management and Statistics Standards Policy Committee whose Technical Committee QMS/11 has the responsibility to:

- aid enquirers to understand the text;
- present to the responsible national committee any enquiries on interpretation, or proposals for change, and keep UK interests informed;
- monitor related international and European developments and promulgate them in the UK.

NOTE International and European Standards, as well as overseas standards, are available from Customer Services, Publications, BSI, Linford Wood, Milton Keynes, MK14 6LE.

The terminology relating to statistical methods has, over the years, presented a barrier to uniformity in the application of principles in this field. A major unification was carried out by M G Kendall and W R Buckland in their “Dictionary of Statistical Terms”, published for the International Statistical Institute by Longman Group Ltd., and this is still the authoritative reference over the broad field of statistical terminology. R A Fisher and F Yates “Statistical tables for biological, agricultural and medical research” is referred to in the text and is published by Longman Group Ltd., London (previously published by Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh).

On a more limited scale, pertaining to standardization, two series of terms were published by ISO, under the direction of Technical Committee 69, Application of statistical methods; the first of these, ISO/R 645, was published in 1967 and the second, ISO/R 1786, was published in 1970. Both these ISO recommendations were superseded in 1977 by ISO 3534.

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

- *Part 1: Probability and general statistical terms*;
- *Part 2: Statistical quality control*;
- *Part 3: Design of experiments*.

This glossary has been aimed at meeting practical and experimental needs by providing definitions that are precise from the statistical point of view together with detailed comments and examples.

Terminology and conventions. The text of the International Standard has been accepted as suitable for publication as a British Standard without deviation. Some terminology and certain conventions are not identical with those used in British Standards; attention is drawn especially to the following.

The comma has been used as a decimal marker. In British Standards it is current practice to use a full point on the baseline as the decimal marker.

Wherever the words “International Standard” appear, referring to this standard, they should be read as “British Standard”.

Additional information. Throughout the ISO text the words “version” and “level” have been used interchangeably. In the UK the word “version” is a general term applied to both quantitative and qualitative factors. The more restricted term “level” is used to express more precisely the quantitative characteristic (see 1.3).

The term “assumed model” is defined in 1.20. In the UK this term would be defined more precisely, as follows.

assumed model. An equation that purports to provide a functional description of the value of the response variable in terms of random errors and assignable causes of variation.

Textual errors. When adopting the text of the International Standard, the textual errors listed below were discovered. They have been marked in the text and have been reported to ISO in a proposal to amend the text of the International Standard.

Clause **1.16**. In the English text, at the end of the first sentence the words “and at least one coefficient is not zero” should be inserted.

At the end of the second sentence the words “and $\alpha_i \neq 0$ for some i ” should be inserted.

In the note to example 2, in line 2, after the equation “ $\sum \alpha_i = 0$ ” the words “and $\alpha_i \neq 0$ for some i ” should be inserted.

Clause **3.2**. In the equations at the top of page 29, the second equation ‘ $\hat{\alpha}_i = Y_{i.} - Y_{..} = \sum_j Y_{ij}/r$ ’ should be read as ‘ $\hat{\alpha}_i = Y_{i.} - Y_{..} = \sum_j Y_{ij}/r - Y_{..}$ ’ and the third equation ‘ $\hat{\beta}_j = Y_{.j} - Y_{..} = \sum_i Y_{ij}/t$ ’ should be read

as ‘ $\hat{\beta}_j = Y_{.j} - Y_{..} = \sum_i Y_{ij}/t - Y_{..}$ ’.

A British Standard does not purport to include all the necessary provisions of a contract. Users of British Standards are responsible for their correct application.

Compliance with a British Standard does not of itself confer immunity from legal obligations.

Summary of pages

This document comprises a front cover, an inside front cover, pages i to iv, pages 1 to 38, an inside back cover and a back cover.

This standard has been updated (see copyright date) and may have had amendments incorporated. This will be indicated in the amendment table on the inside front cover.

Background information on the design of experiments

Design of experiments is essentially a strategy for experimentation that accounts for environmental conditions surrounding the experiments and for arranging the experiments so as to provide the answer to the questions of interest in an efficient, clear manner. Variability exists, and it must be taken into consideration. Studies of some factors under conditions of isolation where all other factors are held "constant" or at some "ideal" level, usually are not representative of what happens to that factor in the "real" world where there is simultaneous variation of many things.

Experimentation may take place in a laboratory where there is a high degree of freedom to change the levels of the factors of interest because the test specimens are not to be used after the experiment is over. In other cases, experimentation takes place in an existing process where there is a restriction to relatively small changes per step because the unit being studied (a person or a product) must be able to behave in a normal fashion following the experiment. The experiments may be run on "laboratory model" equipment requiring further work to relate to "production" status or they may be run in routine type environments.

While "design of experiments" (see clause 2) is independent in a sense from the analysis and interpretation of the data collected, frequently used analysis methods should be considered because they help in the understanding of design differences. The combination of design and methods of analysis (see clause 3) reflects how the design is effective.

In planning an experiment, it is necessary to limit biases introduced by the environment. For example, if those parts of the experiment using low dosage of a drug were conducted in the morning and those with high dosage in the afternoon, would the environmental factor of time of day be confounded with the levels of dosage? Topics such as "randomization" (see 1.12) and "blocking" deal with issues of how to minimize the unwanted effects of these "noise" elements that are usually so numerous they could not be eliminated even if it were economical or realistic to do so. Arrangements into "blocks" (see 2.1.2), "incomplete blocks" (see 2.1.5), "Latin squares" (see 2.1.3) and "split-plots" (see 2.1.7) provide mechanisms that let the experimenter consider beforehand how to reduce the effects of unwanted variability and how to get more meaningful answers.

The area of "factorial experimentation" (see 2.2) deals with the interrelationships between multiple factors of interest to the experimenter. One-factor-at-a-time studies may be useful in some instances to gain insight into that factor, but they can also be misleading if that factor behaves differently in the presence, absence or at other levels of other factors. Frequently the "breakthrough" that permits a step forward comes from the synergism revealed in a study of "interactions" (see 1.14), or a failure may stem from unknown interaction effects.

Information de base concernant les plans d'expérience

Les plans d'expérience constituent essentiellement une stratégie pour l'expérimentation qui, prenant en compte d'une part les conditions d'environnement des expériences et d'autre part la combinaison de ces expériences, permet de fournir des réponses à des questions importantes, de manière efficace et claire. La variabilité étant une réalité, il est nécessaire de la prendre en considération. Les études de certains facteurs qu'on isole en maintenant tous les autres facteurs « constants » ou à une variante « idéale » ne sont généralement pas représentatives de ce qui se produit sur ce facteur en milieu « réel » où il existe une variation simultanée de plusieurs choses.

L'expérimentation peut se dérouler dans un laboratoire où les changements des variantes des facteurs se font avec un grand degré de liberté car les échantillons n'ont plus à être utilisés lorsque l'expérience est terminée. Dans d'autres cas, l'expérimentation concerne un procédé existant pour lequel les changements des variantes sont limités à des modifications relativement petites réalisées par seuil, car durant l'expérience l'unité étudiée (une personne ou un produit) doit se comporter de manière normale. Les expériences peuvent aussi être effectuées soit dans un « laboratoire pilote », ce qui exige un travail supplémentaire pour les relier aux conditions de production, soit dans des environnements de routine.

Alors que les « plans d'expérience » (voir chapitre 2) sont en un sens, indépendants de l'analyse et de l'interprétation des résultats obtenus, les méthodes d'analyse fréquemment utilisées devraient être prises en compte car elles aident à comprendre les différences entre plans d'expérience. La combinaison des plans d'expérience et des méthodes d'analyse (voir chapitre 3) reflète l'efficacité de ces plans.

Il est nécessaire, en planifiant une expérience, de limiter les biais introduits par l'environnement. Par exemple, si certaines parties d'une expérience utilisant le dosage simplifié d'un médicament se déroulaient le matin et d'autres parties utilisant un dosage complet en fin d'après-midi, le facteur période de la journée pourrait-il être confondu avec les variantes du dosage? Des sujets tels que la « randomisation » (voir 1.12) et la « mise en bloc » donnent une réponse sur la façon de minimiser les effets indésirables de ces éléments « perturbateurs » qui généralement sont si nombreux qu'ils ne peuvent être éliminés même s'il était économique ou réaliste de le faire. Les arrangements en « blocs » (voir 2.1.2), en « blocs incomplets » (voir 2.1.5), en « carrés latins » (voir 2.1.3) et en « parcelles subdivisées » (voir 2.1.7) donnent les mécanismes qui permettent à l'expérimentateur de considérer d'avance la façon de réduire les effets de variabilité indésirable et d'obtenir des réponses plus significatives.

Le domaine des « expériences factorielles » (voir 2.2) traite des relations entre facteurs multiples importants pour l'expérimentateur. À un moment donné des études, un facteur peut être utile dans certains exemples qui rendent crédible ce facteur, mais qui peuvent aussi tromper si ce facteur se comporte différemment en la présence, en l'absence ou à d'autres niveaux des autres facteurs. Fréquemment le « déclic » qui permet d'avancer provient de la synergie mise en évidence lors d'une étude des « interactions » (voir 1.14) ou alors il se peut qu'un échec résulte de la méconnaissance de l'effet d'« interaction ».

Factorial experiments may be at two versions or levels of each factor, which limits interpretation to linear relationships but may be sufficient for “screening” to determine if there is any apparent interest in the factor. They may also include three or more levels or versions to allow for estimation of “curvilinear” effects. The size of the experiment is an obvious consideration in experiment efficiency, and “fractional replication” (see 2.2.7), a means of selecting specific portions of a complete factorial experiment, is of immense value. For finding out which, if any, of the factors shows greatest promise of a real change, “screening” experiments using small fractional replications can be very effective. For work near the optimum points, curvature effects may be studied by the creation of “composite” designs (see 2.2.10) adding supplementary points to the two-level factorial.

Experimentation is generally carried out to find factors of potential interest or to optimize some effects. For optimization, the data from the experiment is frequently used to create an “assumed model” (see 1.20) of how the factors relate to selected levels. A “response surface” (see 1.22) serves as a map of these models and may be useful in prediction and location of the next phase of experiments.

Good experiment design should:

- a) furnish required information with minimum effort;
- b) lead to pre-experiment determination of whether the questions of interest can be clearly answered in the experiment;
- c) reflect whether an experiment series or a one-shot experiment is desirable;
- d) show the pattern and arrangement of experiment points to avoid misunderstandings in carrying out the experiment;
- e) encourage the use of prior knowledge and experience in describing assumptions and selection of factors and levels.

NOTE — The examples accompanying the definitions of certain terms are generally intended to illustrate simple applications of those definitions. However, the examples given for *regression analysis* (3.3) and *contrast analysis* (3.5) require special comment. These examples are not detailed enough for those unfamiliar with these topics, nor complete enough for those with considerable experience. The purpose of their inclusion is to provide the experienced person with a reference to illustrate the concepts to less experienced practitioners.

L'expérimentation factorielle peut être à deux variantes ou niveaux pour chaque facteur, ce qui limite l'interprétation à des relations linéaires mais peut être suffisant pour le « balayage » qui détermine si un facteur a un quelconque intérêt apparent. Cette expérimentation peut également comporter trois variantes ou niveaux, ou plus, de façon à permettre l'estimation des effets de « courbure ». La dimension de l'expérience est pour l'efficacité de celle-ci une considération importante, et la « réplique fractionnée » (voir 2.2.7), moyen de sélectionner des parties spécifiques de l'expérience factorielle complète, est d'un immense intérêt. Pour découvrir lequel des facteurs, ou si tout facteur, se promet d'être réellement influent, des expériences avec « balayage » utilisant de petites répliques fractionnées peuvent être efficaces. Pour un travail proche des points optima, les effets de courbure peuvent être étudiés en formant des « plans composites » (voir 2.2.10) qui ajoutent des points supplémentaires au plan factoriel à deux niveaux.

L'expérimentation est généralement menée pour trouver les facteurs potentiellement intéressants ou pour optimiser certains effets. Pour une optimisation, l'information à partir de l'expérience est fréquemment utilisée pour créer un « modèle théorique » (voir 1.20) qui présente la nature des relations entre les facteurs et les niveaux choisis. Une « surface de réponse » (voir 1.22) sert de représentation à ces modèles et peut être utile dans la prévision et la définition de la phase d'expérience suivante.

Un bon plan d'expérience devrait :

- a) fournir l'information nécessaire avec un effort minimal ;
- b) conduire avant l'expérience à la détermination qui permet de savoir si l'expérience pourra clairement répondre aux questions intéressantes ;
- c) indiquer si, soit une série d'expériences, soit une expérience ponctuelle est souhaitable ;
- d) mettre en évidence le modèle et l'arrangement des points de l'expérience pour éviter des incompréhensions lors de la réalisation de l'expérience ;
- e) encourager l'utilisation de la connaissance fondamentale et de l'expérience en décrivant les hypothèses et la sélection des facteurs et niveaux.

NOTE — Les exemples accompagnant les définitions de certains termes sont généralement destinés à illustrer des applications simples de ces définitions. Cependant, les exemples donnés en 3.3 *analyse de régression* et 3.5 *analyse de contrastes* nécessitent un commentaire particulier. Ces exemples ne sont ni suffisamment détaillés pour ceux qui ne sont pas familiers de ces sujets, ni suffisamment complets pour ceux qui ont une expérience considérable. L'objet de leur insertion est de donner en référence aux praticiens moins expérimentés une illustration des concepts qui résulte de l'expérience des spécialistes.

Introduction

This International Standard is divided into three parts:

- Part 1: Probability and general statistical terms.¹⁾
- Part 2: Statistical quality control.¹⁾
- Part 3: Design of experiments.

The entries in this part of ISO 3534 are arranged analytically and alphabetical indexes in French and English are provided.

Scope and field of application

This part of ISO 3534 defines the terms used in the field of design of experiments.

1 General terms

1.1 design of experiments; experiment design: The arrangement in which an experimental programme is to be conducted, and the selection of the levels (versions) of one or more factors or factor combinations to be included in the experiment.

NOTE — The purpose of designing an experiment is to provide the most efficient and economical methods of reaching valid and relevant conclusions from the experiment. The selection of an appropriate design for any experiment is a function of many considerations such as the type of questions to be answered, the degree of generality to be attached to the conclusions, the magnitude of the effect for which a high probability of detection (power) is desired, the homogeneity of the experimental units and the cost of performing the experiment. A properly designed experiment will permit relatively simple statistical interpretation of the results, which may not be possible otherwise. The “arrangement” includes the randomization procedure for allocating treatments to experimental units.

The term “experimental design” is also frequently used. See *factor* (1.2), *level or version* (of a factor) (1.3), *treatment* (1.4) and *experimental unit* (1.6).

¹⁾ At present at the stage of draft.

Introduction

La présente Norme internationale comprend trois parties:

- Partie 1: Probabilité et termes statistiques généraux.¹⁾
- Partie 2: Contrôle statistique de qualité.¹⁾
- Partie 3: Plans d'expérience.

La disposition des termes dans la présente partie de l'ISO 3534 est faite de façon analytique et des index alphabétiques français et anglais sont donnés.

Objet et domaine d'application

La présente partie de l'ISO 3534 définit des termes utilisés dans le domaine des plans d'expérience.

1 Termes généraux

1.1 plan d'expérience; plan expérimental: Ensemble des modalités selon lesquelles un programme expérimental doit être réalisé et choix des variantes (niveaux) d'un ou de plusieurs facteurs, ou des combinaisons de facteurs, à introduire dans l'expérience.

NOTE — L'objet de la planification d'une expérience est de fournir les méthodes les plus efficaces et les plus économiques permettant, à partir de cette expérience, d'obtenir des conclusions solides et adéquates. Dans une expérience particulière, le choix du plan approprié dépend de nombreuses considérations telles que la nature des questions auxquelles on désire répondre, le degré de généralité recherché pour les conclusions, l'importance des effets pour lesquels une probabilité élevée de détection est souhaitée, l'homogénéité des unités expérimentales et le coût d'exécution de l'expérience. Une expérience convenablement organisée permettra une interprétation statistique relativement simple des résultats, qui peut ne pas être possible d'une autre façon. L'« ensemble des modalités » inclut la procédure de randomisation pour l'attribution des traitements aux unités expérimentales.

L'expression « plan expérimental » est aussi fréquemment utilisée. Voir 1.2 *facteur*, 1.3 *variante* ou *niveau* (d'un facteur), 1.4 *traitement*, 1.6 *unité expérimentale*.

¹⁾ Actuellement au stade de projet.

1.2 factor: An assignable cause which may affect the responses (test results) and of which different levels (versions) are included in the experiment.

NOTE — Factors may be quantitative, such as temperature, speed of execution and voltage applied, or they may be qualitative, such as the variety of a material, presence or absence of a catalyst, and the type of equipment.

Those factors which are to be studied in the experiment are sometimes called “principal factors”. See *level* or *version* (1.3), *experiment space* (1.5) and *block factors* (1.9).

1.3 level; version (of a factor): A given value, a specification of procedure or a specific setting of a factor.

Example

Two versions of a catalyst may be presence and absence. Four levels of a heat treatment may be 100 °C, 120 °C, 140 °C and 160 °C.

NOTE — “Version” is a general term applied both to quantitative and qualitative factors. The more restrictive term “level” is frequently used to express more precisely the quantitative characteristic.

Responses observed at the various levels (versions) of a factor provide information for determining the effect of the factor within the range of levels of the experiment. Extrapolation beyond the range of these levels is usually inappropriate without a firm basis for assuming model relationships. Interpolation within the range may depend on the number of levels and the spacing of these levels. It is usually reasonable to interpolate, although it is possible to have discontinuous or multimodal relationships that cause abrupt changes within the range of the experiment. The levels (versions) may be limited to certain selected fixed values (whether these values are or are not known) or they may represent purely random selection over the range to be studied. The method of analysis is dependent on this selection. See *model 1 analysis of variance (fixed model)* (3.2.1), *model 2 analysis of variance (random model)* (3.2.2) and *mixed model analysis of variance* (3.2.3).

1.4 treatment: A combination of the levels (versions) of each of the factors assigned to an experimental unit (see 1.6).

1.5 experiment space: The materials, equipment, environmental conditions and so forth which are available for conducting an experiment.

NOTE — That portion of the experiment space restricted to the range of levels (versions) of the factors to be studied in the experiment is sometimes called the “factor space”. Some elements of the experiment space may be identified with *blocks* (1.8) and be considered as *block factors* (1.9).

1.6 experimental unit: A portion of the experiment space to which a treatment is applied or assigned in the experiment.

1.2 facteur: Cause assignable susceptible d’affecter les réponses (résultats d’essai) et dont différentes variantes (niveaux) sont incluses dans l’expérience.

NOTE — Les facteurs peuvent être quantitatifs — par exemple la température, la vitesse d’exécution, le voltage — ou qualitatifs — par exemple la variété d’un matériau, la présence ou l’absence d’un catalyseur, le type d’équipement.

Les facteurs qui doivent être étudiés dans l’expérience sont parfois appelés « facteurs principaux ». Voir 1.3 *variante* ou *niveau* (d’un facteur), 1.5 *espace expérimental*, 1.9 *facteurs blocs*.

1.3 variante; niveau (d’un facteur): Valeur donnée, spécification d’une procédure ou de la mise en œuvre d’un facteur.

Example

Deux variantes d’un catalyseur peuvent être la présence ou l’absence de catalyseur. Quatre niveaux d’un traitement thermique peuvent être 100 °C, 120 °C, 140 °C et 160 °C.

NOTE — « Variante » est un terme général s’appliquant à la fois aux facteurs quantitatifs et qualitatifs. Le terme « niveau », plus restrictif, est fréquemment utilisé lorsqu’il s’agit d’exprimer de façon plus précise un caractère quantitatif.

Les réponses obtenues aux différentes variantes ou aux différents niveaux d’un facteur fournissent une information sur l’effet du facteur à l’intérieur du domaine des niveaux inclus dans l’expérience. Une extrapolation hors de ce domaine est généralement inadéquate à moins que l’on ait de solides raisons d’admettre l’existence d’un modèle de relation fonctionnelle. L’interpolation à l’intérieur du domaine peut dépendre du nombre de niveaux et de leur échelonnement; elle est généralement raisonnable, bien qu’il puisse exister des relations discontinues ou multimodales entraînant des changements brusques à l’intérieur même du domaine étudié. Les variantes ou niveaux peuvent, soit être limités à certaines valeurs délibérément choisies (que celles-ci soient ou non connues), soit résulter d’une sélection purement aléatoire à l’intérieur du domaine à étudier. La méthode d’analyse dépend de l’option choisie. Voir 3.2.1 *analyse de variance de modèle 1 (modèle à effets fixes)*, 3.2.2 *analyse de variance de modèle 2 (modèle aléatoire)*, 3.2.3 *modèle mixte d’analyse de variance*.

1.4 traitement: Combinaison des variantes (niveaux) de chacun des facteurs affectée à une unité expérimentale (voir 1.6).

1.5 espace expérimental: Matériaux, équipements, conditions d’environnement et autres, intervenant dans la conduite d’une expérience.

NOTE — La partie de l’espace expérimental limitée au domaine des variantes (niveaux) des facteurs étudiés dans l’expérience est parfois appelée « espace des facteurs ». Certains éléments de l’espace expérimental peuvent être identifiés comme étant des *blocs* (voir 1.8) et considérés comme des *facteurs blocs* (voir 1.9).

1.6 unité expérimentale: Partie de l’espace expérimental à laquelle un traitement est appliqué ou affecté dans l’expérience.

Example

The unit may be a patient in a hospital, a group of animals, a production batch, a section of a compartmented tray, etc.

1.7 experimental error: The variation in the responses (test results) caused by extraneous variables, other than those due to factors and blocks, the effect of which adds a degree of uncertainty to the observed response value.

NOTE — It is a common characteristic of experiments that, when they are repeated, their results vary from trial to trial, even though the experimental materials, environmental conditions and the experimental operations are carefully controlled. Therefore, the occurrence of experimental error is inevitable in practical experimentation. This variation introduces a degree of uncertainty into conclusions that are drawn from the results, and therefore has to be taken into account in reaching conclusions. See *residual error* (1.21). Experimental error is usually measured in an experiment as a pooled variance of sets of duplicate observations.

1.8 block: A subdivision of the experiment space into groups, each consisting of relatively homogeneous units such that, within each group, the experimental error can be expected to be smaller than would be expected should a similar number of units be randomly located within the entire experiment space.

NOTE — Blocks are usually selected to allow for assignable causes, in addition to those introduced as factors to be studied (principal factors), which it may be difficult, or even impossible, to keep constant for all of the experimental units in the complete experiment. The effect of these assignable causes may be minimized within blocks, thus a more homogeneous experiment sub-space is obtained. The analysis of the experiment results has to account for the effect of blocking the experiment.

Blocks which accommodate a complete set of treatment combinations are called "complete blocks". Those which accommodate only a portion of the complete set are called "incomplete blocks". When two treatments are dealt with in pairs, these pairs are blocks.

Example

The term "block" originated in agricultural experiments in which a field was subdivided into sections having common conditions, such as exposure to the wind, proximity to underground water or thickness of the arable layer. In other situations, blocks are based on batches of raw material, operators, the number of units studied in a day, etc.

1.9 block factors: Those assignable causes which serve as a basis for subdividing the experiment space into blocks.

NOTE — Generally the versions of the block factors are imposed by the available experimental conditions, but sometimes they are selected in order to broaden the interpretation of the results by including a wider range of conditions. It is usually assumed that the block factors do not interact with the principal factors. When the versions are relatively close, this hypothesis is often a reasonable assumption. However, if the versions differ considerably or if there is no *a priori* basis for the assumption, the assumption should be verified so that an appropriate method of analysis will be chosen for the experiment data.

Exemple

L'unité expérimentale peut être: un malade dans un hôpital, un groupe d'animaux, un lot d'une production, une partie d'un plateau compartimenté, etc.

1.7 erreur expérimentale: Variation dans les réponses (résultats d'essai) due à des variables non contrôlées, s'ajoutant à celle qui est imputable aux facteurs et aux blocs, et dont l'effet est d'ajouter une incertitude supplémentaire aux valeurs des réponses observées.

NOTE — La non-constance des résultats est une caractéristique commune à toutes les expériences, lorsque celles-ci sont répétées même si les matériaux expérimentaux, les conditions d'environnement et les opérations expérimentales sont soigneusement contrôlés. En conséquence, l'existence d'une erreur expérimentale est inévitable en expérimentation pratique. Cette erreur, qui introduit un degré d'incertitude dans les conclusions tirées des résultats, devrait donc être prise en considération lorsqu'on énonce les conclusions. Voir 1.21 *erreur résiduelle*. L'erreur expérimentale est généralement mesurée, dans une expérience, par la variance commune à des séries d'observations répétées.

1.8 bloc: Subdivision de l'espace expérimental en groupes, chaque groupe étant constitué d'unités relativement homogènes et dans lequel on peut s'attendre à ce que l'erreur expérimentale soit moindre que pour un même nombre d'unités aléatoirement situées à l'intérieur de la totalité de l'espace expérimental.

NOTE — Les blocs sont généralement choisis pour tenir compte, en addition aux causes assignables définies par les facteurs étudiés (facteurs principaux) d'autres causes assignables qu'il peut être difficile, ou même impossible, de maintenir constantes sur la totalité des unités expérimentales de l'expérience complète. L'effet de ces causes assignables peut être minimisé à l'intérieur des blocs, des sous-espaces expérimentaux plus homogènes étant ainsi obtenus. L'analyse des résultats expérimentaux devrait tenir compte de l'effet entraîné par la constitution de blocs.

Les blocs qui contiennent l'ensemble complet des combinaisons de traitement sont appelés «blocs complets»; ceux qui n'en contiennent qu'une partie sont appelés «blocs incomplets». Quand deux traitements sont étudiés en paires, ces parties constituent des blocs.

Exemple

L'origine du terme «bloc» provient des expériences agronomiques dans lesquelles un champ est subdivisé en sections présentant des conditions communes telles que: exposition au vent, proximité de source souterraine ou épaisseur de la couche de terre arable. Dans d'autres situations, les blocs sont constitués par des lots de matières premières, des opérateurs, le nombre d'unités étudiées dans une même journée, etc.

1.9 facteurs blocs: Causes assignables servant de base à la subdivision de l'espace expérimental en blocs.

NOTE — En général les variantes des facteurs blocs sont imposées par les conditions expérimentales disponibles; parfois cependant elles sont choisies de façon à élargir l'interprétation des résultats par la prise en considération de conditions plus étendues. On admet généralement que les facteurs blocs n'ont pas d'interaction avec les facteurs principaux. Lorsque les variantes sont relativement voisines, cette hypothèse est généralement raisonnable; cependant, si elles diffèrent de façon importante, ou s'il n'y a aucune base *a priori* pour justifier cette hypothèse, il importe de la vérifier, de façon à choisir une méthode d'analyse appropriée des données expérimentales.

1.10 replication: The repetition of a complete set of all the treatments to be compared in an experiment. Each of the repetitions is called a “replicate”.

NOTE — Since experimental error is almost invariably present, replication is required to increase the precision of the estimates of the effects. In order to do this effectively, all elements contributing to the experimental error should be included in the replication process. For some experiments, replication may be limited to repetition under essentially the same conditions, such as the same facility or location, a short time interval or a common batch of materials.

For other experiments requiring more general results, replication may require deliberately different, though similar, conditions, such as different facilities or locations, longer time intervals or different batches of materials.

In some experiments, a “pseudo-replication” occurs when factors which produce no effect (average or differential) are included in the experiment.

When a subset of the treatments within an experiment is repeated, this is generally referred to as “partial replication”.

1.11 duplication: The execution of a treatment more than once under similar conditions.

NOTE — Duplication, as contrasted to replication, refers to a single element of an experiment. Duplication usually involves a fresh experimental unit, such as a new sample, or, when a single unit is involved, an independent resetting of the levels of the factors being studied on that unit. When duplicate observations are made on the same sample or unchanged settings, these should be identified as duplicate observations rather than as “duplicates” to reflect the narrower degree of duplication. Recent usage has broadened the definition of duplication to more than once rather than restricting it to twice.

1.12 randomization: The procedure used to allot treatments at random to the experimental units so as to provide a high degree of independence in the contributions of experimental error to estimates of treatment effects.

NOTE — An essential element in the design of experiments is to provide estimates of effects free from biases due to undetected assignable causes within the experimental space. Randomization is a process to minimize this risk. The operational procedure for assignment “at random” involves the use of Random Numbers or some similar method for assuring that each unit has an equal chance of being selected for each treatment.

1.13 main effect; average effect: A term describing a measure for the comparison of the responses at each level (version) of a factor averaged over all levels (versions) of other factors in the experiment.

NOTE — It should be noted that even though a “main effect” is indicated to be small, this does not necessarily mean that the factor is unimportant. Large effects of the factor may result at various levels (versions) of other factors, but may differ in sign and/or magnitude.

1.10 réplique: Répétition de la totalité des traitements qui doivent être comparés dans une expérience. Chaque répétition est appelée une «réplique».

NOTE — Une erreur expérimentale étant inéluctablement présente, une réplique est nécessaire si l'on veut augmenter la précision des estimations des effets. Pour obtenir effectivement ce résultat, tous les éléments intervenant dans l'erreur expérimentale devraient figurer dans le processus de réplique. Dans certaines expériences, la réplique peut consister en une simple répétition sous des conditions essentiellement identiques, telles que même agencement ou emplacement, court intervalle de temps, ou même lot de matériaux.

Dans d'autres expériences, destinées à fournir des résultats plus généraux, la réplique peut être exécutée sous des conditions volontairement différentes bien que similaires, telles que des agencements ou des emplacements différents, des intervalles de temps plus longs, ou des lots de matériaux différents.

Dans certaines expériences, une «pseudo-réplique» consiste à introduire des facteurs n'ayant aucun effet (moyen ou différentiel).

Lorsqu'un sous-ensemble de traitements est répété à l'intérieur d'une expérience, le terme généralement employé est «réplique partielle».

1.11 réitération; «duplication»: Réalisation d'un traitement plus d'une fois sous des conditions similaires.

NOTE — Par opposition à la «réplique», la réitération ne concerne que des éléments particuliers d'une expérience. Généralement, la réitération utilise de nouvelles unités expérimentales, telles que de nouveaux échantillons, ou, dans le cas d'une seule unité, un réarrangement indépendant des niveaux des facteurs appliqués à cette unité. Lorsque des observations réitérées sont faites sur le même échantillon ou selon des conditions inchangées, il est préférable d'utiliser l'expression «observations réitérées» plutôt que «réitérations», afin de traduire le degré plus étroit de la réitération. L'usage récent a élargi la définition du terme «duplication» à plus d'une fois, plutôt que de le restreindre à deux fois.

1.12 randomisation: Procédure utilisée pour affecter des traitements au hasard aux unités expérimentales, en vue d'obtenir que les éléments qui contribuent à l'erreur expérimentale affectent de façon aussi indépendante que possible les estimations des effets des traitements.

NOTE — Un élément essentiel dans un plan d'expérience est d'obtenir des estimations des effets qui ne soient affectés d'aucun biais dû à des causes assignables non détectées à l'intérieur de l'espace expérimental. La randomisation est une technique permettant de minimiser le risque de biais. La procédure opérationnelle d'affectation «au hasard» comprend l'utilisation de nombres randomisés, ou toute autre méthode similaire permettant d'être sûr que chaque unité a la même chance d'être choisie pour chaque traitement.

1.13 effet principal; effet moyen: Terme utilisé pour comparer les réponses moyennes obtenues aux différentes variantes (niveaux) d'un facteur, les moyennes étant prises pour toutes les variantes (niveaux) des autres facteurs inclus dans l'expérience.

NOTE — Il convient de noter que si l'effet principal d'un facteur apparaît comme petit, cela ne signifie pas que ce facteur soit peu important. Des effets importants d'un facteur peuvent exister lorsque ce facteur