
**Caoutchouc et produits à base de
caoutchouc — Lignes directrices pour
l'application des statistiques aux essais
physiques**

*Rubber and rubber products — Guidance on the application of statistics
to physical testing*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19003:2006

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/863abae7-5456-4752-a555-
ed6cc012fd77/iso-19003-2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/863abae7-5456-4752-a555-ed6cc012fd77/iso-19003-2006)



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 19003:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/863abae7-5456-4752-a555-ed6cc012fd77/iso-19003-2006>

© ISO 2006

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.....	vi
Introduction.....	vii
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	4
5 Limites des résultats d'essai	5
5.1 Variabilité	5
5.2 Exactitude, justesse et fidélité	7
5.3 Pertinence et signification	7
6 Distribution de résultats et mesures de la tendance centrale	8
6.1 Principes	8
6.2 Méthodologie	9
6.2.1 Types de distribution	9
6.2.2 Mesures de la tendance centrale	13
6.2.3 Mesures de dispersion	16
6.2.4 Transformation vers une distribution normale	18
6.2.5 Essai d'écart par rapport à la normalité	18
6.3 Applications aux essais du caoutchouc	21
6.3.1 Généralités	21
6.3.2 Essai de traction	21
6.3.3 Fatigue	23
6.3.4 Conversion en une distribution normale	25
6.3.5 Autres usages de la médiane	26
7 Limites de confiance et différence significative	27
7.1 Principes	27
7.2 Méthodologie	27
7.2.1 Limites et intervalles de confiance	27
7.2.2 Différence significative	32
7.3 Applications aux essais du caoutchouc	36
7.3.1 Généralités	36
7.3.2 Limites de confiance et de spécification	36
7.3.3 Comparaison de résultats	37
8 Méthodes de rangement	38
8.1 Principes	38
8.2 Méthodologie	38
8.2.1 Test de Friedman	38
8.2.2 Test basé sur le dénombrement des valeurs extrêmes	40
8.3 Applications aux essais du caoutchouc	40
9 Critères de rejet des valeurs aberrantes	42
9.1 Principes	42
9.2 Méthodologie	42
9.2.1 Généralités	42
9.2.2 Essai de Dixon	42
9.2.3 Essai de Cochran de la variance	44
9.3 Applications aux essais du caoutchouc	47
9.3.1 Généralités	47

9.3.2	Application de l'essai de Dixon à des résultats individuels.....	47
9.3.3	Essai de Cochran de la variance.....	48
9.3.4	Essai de Dixon appliqué à un groupe de valeurs moyennes.....	49
10	Analyse de variance (ANOVA).....	50
10.1	Principes.....	50
10.2	Méthodologie.....	50
10.2.1	Généralités.....	50
10.2.2	Un facteur avec un nombre égal de répétitions.....	50
10.2.3	Un facteur avec un nombre variable de répétitions.....	52
10.2.4	Analyse de variance à deux facteurs (et plus).....	52
10.3	Applications aux essais du caoutchouc.....	52
11	Analyse de régression.....	56
11.1	Principes.....	56
11.2	Méthodologie.....	57
11.2.1	Généralités.....	57
11.2.2	Moindres carrés linéaires.....	57
11.2.3	Moindres carrés quadratiques.....	58
11.2.4	Moindres carrés cubiques.....	58
11.3	Applications aux essais du caoutchouc.....	59
11.3.1	Généralités.....	59
11.3.2	Effet de la température sur la déformation rémanente après compression.....	59
11.3.3	Effet du vieillissement sur la résistance à la traction.....	61
11.3.4	Essai température-retrait.....	62
12	Incertitude de mesure.....	63
12.1	Principes.....	63
12.2	Méthodologie.....	63
12.2.1	Compilation d'une valeur unique pour l'incertitude.....	63
12.2.2	Incertitude aléatoire (U_r).....	64
12.2.3	Incertitude systématique (U_s).....	64
12.2.4	Écart d'une valeur unique d'incertitude totale.....	66
12.2.5	Établissement du rapport des résultats.....	66
12.3	Applications aux essais du caoutchouc.....	67
13	Échantillonnage.....	67
13.1	Principes.....	67
13.2	Méthodologie.....	68
13.2.1	Généralités.....	68
13.2.2	Niveau de qualité acceptable et qualité limite.....	68
13.2.3	Évaluation de la non-conformité.....	68
13.2.4	Niveaux de contrôle.....	69
13.2.5	Plans d'échantillonnage par attributs.....	70
13.2.6	Échantillonnage aléatoire.....	71
13.3	Applications aux essais du caoutchouc.....	72
14	Nombre d'éprouvettes.....	72
14.1	Principes.....	72
14.2	Méthodologie.....	72
14.3	Applications aux essais du caoutchouc.....	73
14.3.1	Généralités.....	73
14.3.2	Affinage des limites de confiance.....	73
14.3.3	Affinage de l'état conforme/non conforme.....	74
15	Expression des résultats.....	74
15.1	Principes.....	74
15.2	Méthodologie.....	74
15.2.1	Rapport d'essai.....	74
15.2.2	Arrondi.....	76
15.3	Applications aux essais du caoutchouc.....	77
15.3.1	Généralités.....	77
15.3.2	Construction d'un histogramme.....	77

15.3.3	Exemples d'arrondi.....	78
16	Déclarations relatives à la fidélité	79
16.1	Généralités	79
16.2	Principes.....	79
16.3	Méthodologie.....	80
16.4	Applications aux essais du caoutchouc	81
17	Plans d'expériences	82
17.1	Généralités et principes	82
17.1.1	Généralités	82
17.1.2	Principes.....	84
17.2	Méthodologie.....	97
17.2.1	Généralités	97
17.2.2	Expériences descriptives.....	98
17.2.3	Expériences comparatives	99
17.2.4	Expériences de réponse	101
17.3	Applications aux essais du caoutchouc	101
17.3.1	Expériences descriptives.....	101
17.3.2	Expériences comparatives	103
17.3.3	Expériences de réponse	107
18	Maîtrise statistique de la qualité	112
18.1	Principes.....	112
18.2	Méthodologie.....	112
18.2.1	Généralités	112
18.2.2	Cartes de contrôle utilisant des attributs.....	112
18.2.3	Cartes de contrôle utilisant des mesures.....	112
18.3	Applications aux essais du caoutchouc.....	114
18.3.1	Généralités	114
18.3.2	Cartes de contrôle	114
18.3.3	Carte à somme cumulée	117
Annexe A (informative)	Forme mathématique des fonctions de distribution référencées dans la présente Norme internationale.....	121
Annexe B (informative)	Autres formes de la valeur moyenne.....	123
Annexe C (informative)	Interrelations relatives aux mesures de la tendance centrale dans la loi doublement exponentielle et la loi de Weibull.....	124
Annexe D (informative)	Équation pour le calcul de l'écart-type	125
Annexe E (informative)	Construction du papier à échelle fonctionnelle de Weibull.....	127
Annexe F (informative)	Équations pour le calcul des valeurs t de Student	128
Annexe G (informative)	Analyse de la variance	129
Annexe H (informative)	Équations pour le calcul des coefficients de régression	133
Annexe I (informative)	Méthode intercal	135
Bibliographie	136

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 19003 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 45, *Élastomères et produits à base d'élastomères*, sous-comité SC 2, *Essais et analyses*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 19003:2006
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/863abae7-5456-4752-a555-ed6cc012fd77/iso-19003-2006>

Introduction

Les méthodes statistiques jouent un rôle majeur au cours des différentes phases du processus d'essai, de la conception de l'expérience à l'interprétation des résultats. Par conséquent, tous les acteurs intervenant dans les essais doivent disposer de connaissances élémentaires des principes statistiques et appréhender les techniques statistiques à mettre en œuvre.

Il existe de nombreux ouvrages et Normes internationales qui décrivent des méthodes statistiques mais il semble judicieux de pouvoir disposer d'un guide qui puisse être utilisé comme source de référence unique et conviviale pour les méthodes et les formules les plus communément appliquées, et qui s'attache également à leur application particulière aux diverses méthodes d'essai du caoutchouc. En conséquence, la présente Norme internationale complète à la fois les normes génériques sur les statistiques et les normes traitant des méthodes d'essai applicables aux caoutchoucs.

L'approche adoptée dans la présente Norme internationale est telle que, pour chaque thème abordé, le texte est subdivisé en principes, méthodologie et applications aux essais du caoutchouc. Les concepts de base du thème en question sont brièvement décrits sous l'intitulé «Principes». Le volet «Méthodologie» s'attache aux techniques statistiques qui peuvent être appliquées et présente quelques procédures de base et formules, les questions plus spécifiques étant placées en annexe, et pour les méthodes moins couramment utilisées ou les traitements plus avancés, il est fait référence à d'autres publications. Le volet «Applications aux essais du caoutchouc» précise le mode et les modalités d'application de ces méthodes, et donne des exemples propres aux propriétés et aux essais du caoutchouc.

(standards.iteh.ai)

ISO 19003:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/863abae7-5456-4752-a555-ed6cc012fd77/iso-19003-2006>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19003:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/863abae7-5456-4752-a555-ed6cc012fd77/iso-19003-2006>

Caoutchouc et produits à base de caoutchouc — Lignes directrices pour l'application des statistiques aux essais physiques

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices sur l'application des statistiques aux essais du caoutchouc. Elle est destinée à éviter tout conflit avec des Normes internationales existantes traitant de techniques statistiques de base et ne vise en aucun cas à se substituer à ces normes, son unique objectif étant de compléter ces dernières et d'illustrer par des exemples les techniques appliquées à des situations d'essai particulières du caoutchouc.

2 Références normatives

La présente Norme internationale fait référence à d'autres publications qui fournissent des informations ou des lignes directrices. Ces normes sont répertoriées dans la Bibliographie.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE Ces définitions, qui sont autant que possible exprimées en termes non mathématiques, s'appliquent à la terminologie statistique essentielle utilisée. Des listes plus complètes et plus rigoureuses peuvent être trouvées dans les diverses parties de l'ISO 3534 et dans les normes traitant de techniques statistiques spécifiques mentionnées dans la Bibliographie.

3.1 population

totalité des données qui pourraient (en théorie) être obtenues pour caractériser la propriété du caoutchouc, de l'ingrédient de mélange ou du processus mesuré

3.2 échantillon

données effectivement disponibles au départ de la population résultant d'un programme d'essai expérimental mis en œuvre

3.3 variabilité

tendance qu'ont des éprouvettes nominalement identiques à produire des résultats d'essai différents

3.4 moyenne arithmétique

somme des données (de la population ou de l'échantillon) divisée par le nombre de valeurs utilisées

NOTE La «moyenne» est la statistique la plus fréquemment utilisée pour décrire un groupe de données. Il existe plusieurs types de moyenne qui sont fréquemment utilisés en langage courant sans en préciser le type, ce qui peut être source de confusion. Les moyennes sont classées en deux catégories: celles définies par un calcul et celles définies par un rang. La moyenne arithmétique est la moyenne définie par un calcul la plus fréquemment utilisée. D'autres moyennes

sont examinées dans l'Annexe B. Les moyennes définies par un rang sont la médiane et le mode. Le calcul de la moyenne arithmétique est donné dans les Équations (1) et (2) au 6.2.2.2.

**3.5
médiane**

valeur centrale (ou moyenne des deux valeurs centrales) lorsque les données d'un échantillon sont classées par ordre numérique croissant

**3.6
mode**

valeur de la propriété mesurée qui survient avec la fréquence maximale

**3.7
résidu**

différence (+ ou -) entre chaque valeur et la moyenne

NOTE La somme des résidus doit être égale à 0.

**3.8
variance**

moyenne arithmétique du carré des résidus

**3.9
écart-type**

racine carrée de la variance

NOTE Le calcul de l'écart-type est donné dans les Équations (5) et (6) au 6.2.3.2.1.

**3.10
coefficient de variation**

rapport de l'écart-type à la moyenne, généralement exprimé en pourcentage

NOTE Le calcul du coefficient de variation est donné dans l'Équation (8) au 6.2.3.4.

**3.11
étendue**

valeur maximale moins la valeur minimale

**3.12
erreur type**

écart-type de l'estimation de la moyenne d'une population

NOTE Le calcul de l'erreur type est donné dans l'Équation (7) au 6.2.3.2.3.

**3.13
biais**

différence entre la statistique moyenne et la valeur vraie du paramètre qu'elle estime, résultant d'une ou plusieurs erreurs systématiques

**3.14
exactitude**

étroitesse de l'accord entre le résultat d'essai et la valeur de référence acceptée

**3.15
justesse**

étroitesse de l'accord entre la valeur moyenne d'un grand nombre de résultats d'essai et la valeur de référence acceptée ou vraie

NOTE Elle est généralement exprimée en termes de biais.

3.16**fidélité**

étroitesse d'accord entre des résultats d'essai

3.17**répétabilité**

fidélité obtenue sous des conditions où les résultats d'essai indépendants sont obtenus par la même méthode sur un matériau d'essai identique dans le même laboratoire, par le même opérateur, utilisant le même équipement et pendant un court intervalle de temps

3.18**reproductibilité**

fidélité obtenue sous des conditions où les résultats d'essai indépendants sont obtenus par la même méthode sur un matériau d'essai identique dans différents laboratoires, avec différents opérateurs et utilisant des équipements différents

3.19**niveau de signification**

probabilité d'erreur associée à un test de niveau de signification

3.20**fonction de répartition**

fonction décrivant la probabilité qu'une variable aléatoire prenne une valeur inférieure ou égale à un nombre x

3.21**distribution en densité**

pente de la fonction de répartition à chaque valeur, c'est-à-dire la dérivée première de la fonction de répartition

3.22**distribution normale**

distribution en densité de probabilité «en cloche» symétrique qui est totalement définie par sa moyenne et son écart-type

NOTE Elle est également connue comme distribution de Laplace-Gauss ou distribution gaussienne.

3.23**loi doublement exponentielle**

distribution asymétrique, totalement définie par un unique paramètre «forme», qui a été utilisé pour caractériser la distribution des résistances à la traction dans les mélanges de caoutchouc

3.24**loi de Weibull**

distribution symétrique totalement définie par trois paramètres et généralement utilisée pour caractériser les essais de durée de vie, tels que les essais de fatigue

3.25**degrés de liberté**

nombre de différences indépendantes entre les lectures disponibles pour une estimation de l'écart-type

3.26**intervalle de confiance**

étendue dans laquelle une valeur ou un paramètre peut être supposé(e) se trouver avec une probabilité donnée

3.27**limites de confiance**

valeurs extrêmes de l'intervalle de confiance

4 Symboles

a, b, c, \dots	Coefficients constants d'une droite de régression
C	Coefficient de concordance dans le test de Friedman, ou quotient de Cochran lors du test des variances visant à établir la présence de valeurs aberrantes
C_i	i^{e} valeur à somme cumulée
C_{pq}	Facteurs utilisés dans la dérivée des coefficients de régression
C_v	Coefficient de variation
$f(x)$	Propriété ou paramètre qui est une fonction de x ou une distribution en densité
F	Valeur observée du rapport F de Snedecor dans une situation donnée
F_{cr}	Valeur statistiquement critique pour « F » à un niveau de confiance donné et pour les degrés de liberté donnés pour les valeurs quadratiques moyennes inférieures et supérieures
F_r	Valeur F pour une droite de régression
H_0/H_a	Paramètre d'une hypothèse nulle/alternative
K	Statistique de Friedman pour un test de corrélation de rang
M_z	Valeur quadratique moyenne pour le facteur z
n	Nombre de valeurs dans une série
$p(x)$	Fonction de répartition de probabilité
P_m	Positions graphiques pour la représentation graphique d'une série de valeurs
Q	Quotient de Dixon lors du test de valeurs ou de moyennes pour les valeurs aberrantes
r	Répétabilité d'une méthode d'essai pour un test particulier ou une série de tests
(r)	Répétabilité exprimée en pourcentage de la moyenne à partir d'un test ou d'une série de tests
R	Reproductibilité d'une méthode d'essai pour un test particulier ou une série de tests
(R)	Reproductibilité exprimée en pourcentage de la moyenne à partir d'un test ou d'une série de tests
s	Estimation de l'écart-type de population à partir de l'échantillon disponible
s'	Écart-type d'une série de nombres
S	Erreur type pondérée pour la combinaison de deux séries de valeurs, ou somme des rangs pour un échantillon dans le test de Friedman
S_t	Somme totale des carrés des différences entre des valeurs individuelles et leur moyenne
S_z	Somme des carrés pour le facteur z
t_α	Valeur t de Student pour une probabilité donnée (ou niveau de confiance) α
U_r	Incertitude aléatoire d'une mesure
U_s	Incertitude systématique d'une mesure
v_z	Degrés de liberté pour le facteur z
x	Valeur numérique individuelle, telle que la résistance à la traction d'une seule éprouvette
x_i	Valeur unique d'une série de valeurs, telle que la résistance à la traction dans un ensemble de cinq répétitions

x_{ij}	Valeur unique d'une série de valeurs dans laquelle deux facteurs sont présents, tels que la résistance à la traction dans des ensembles de répétitions obtenues à différentes températures
\bar{x}	Moyenne arithmétique d'une série de nombres, x_i
Z	Note Z du test d'hypothèse
α, β	Probabilité d'occurrence d'un événement
μ	Moyenne de population d'une distribution
$\hat{\mu}$	Estimation de la moyenne de population à partir de l'échantillon disponible
σ	Écart-type de population d'une distribution

5 Limites des résultats d'essai

5.1 Variabilité

5.1.1 Toutes les mesures sont sujettes à variabilité. Il est donc nécessaire de connaître les sources de variabilité et d'établir une estimation fiable de son ampleur. À partir de ces informations, il devrait alors être possible d'apprécier la fiabilité des résultats obtenus et, par conséquent, leur incertitude et leur signification.

5.1.2 La notion de population, exprimée simplement, est le nombre total d'objets dans un groupe important (voir 3.1). En termes d'essais, une population peut, par exemple, correspondre au nombre total de résultats possibles de résistance à la traction qui pourraient être obtenus sur un mélange de caoutchouc particulier si chaque élément du matériau était soumis à essai.

5.1.3 Un échantillon est un nombre sélectionné, par exemple, d'individus ou de résultats d'essai en traction prélevés à partir de la population.

NOTE 1 Pour éviter toute confusion, il convient de ne pas utiliser le terme «échantillon» pour faire référence à une éprouvette.

NOTE 2 «Échantillon» peut avoir deux sens:

- au sens physique, prélèvement de cinq individus dans une boîte;
- au sens statistique, prélèvement de cinq résultats d'essai.

5.1.4 Le Tableau 1 présente un exemple des résultats susceptibles d'être obtenus, dans l'hypothèse où il est procédé à cinq mesurages de la résistance à la traction à partir d'une feuille prélevée au départ d'un lot de caoutchouc.

Tableau 1 — Mesurages de la résistance à la traction réalisés à partir d'un lot de caoutchouc

Numéro de mesurage	Résistance à la traction MPa
1	16,8
2	15,4
3	16,3
4	17,7
5	17,6

Les sources de variabilité sont:

- a) la variabilité intrinsèque du caoutchouc en feuilles imputable au fait que celui-ci n'est pas parfaitement homogène;
- b) la variabilité imputable au mode opératoire d'essai, y compris la préparation des éprouvettes, l'exactitude de la machine et l'erreur opératoire.

Si plusieurs feuilles sont soumises à essai, les variations de moulage constituent une source supplémentaire de variabilité.

Si plusieurs lots sont mélangés, deux sources complémentaires de variation viennent s'ajouter:

- 1) la variation résultant de l'opération de mélangeage;
- 2) toute variation des ingrédients de mélange.

Si des feuilles, nominale-ment identiques, sont confiées à plusieurs opérateurs, il y a variabilité en raison de ces opérateurs.

De même, s'il est fait usage de plusieurs appareillages d'essai différents, ces machines sont autant de sources de variabilité. En poursuivant le raisonnement, il est possible que les feuilles soient mises à essai dans différents laboratoires, auquel cas il y a introduction d'une variabilité interlaboratoires.

5.1.5 En pratique, l'ampleur de la variabilité est réduite par une maîtrise minutieuse des opérations de traitement ainsi que de l'appareillage et des modes opératoires d'essai. La variabilité ne peut cependant jamais être totalement éliminée; à cet égard, des comparaisons interlaboratoires ont révélé que, pour un grand nombre d'essais de caoutchouc, elle peut être nettement supérieure aux valeurs autrefois communément supposées.

Quel que soit l'essai réalisé, une véritable variation due au matériau et également la variation imputable aux erreurs d'essai non maîtrisées ne peuvent être évitées. Il est souvent très difficile de distinguer ces deux variations. Par exemple, les erreurs d'essai peuvent être le résultat de:

- a) variations aléatoires de la géométrie des éprouvettes en raison des limites de précision de coupe;
- b) variations de la réponse de l'appareillage d'essai;
- c) fluctuations des performances de l'opérateur.

Ces erreurs peuvent être importantes ou minimales et de sens indéterminé, de sorte qu'elles tendent finalement à s'annuler. Plus sérieux est l'erreur systématique ou le biais qui est unidirectionnel, par exemple l'erreur due à un étalonnage incorrect d'une machine ou le fait qu'un opérateur lise invariablement une échelle de façon erronée.

5.1.6 L'erreur d'essai mise à part, l'échantillon de résultats ne sera pas représentatif de l'ensemble de la population si l'échantillon physique n'est pas représentatif. Il y a lieu de s'attendre à des différences entre des mélanges répétés et entre des moulages répétés en raison d'une certaine variation des quantités et de la qualité des ingrédients utilisés, de l'efficacité du mélangeage, du temps de durcissement, etc. Si des erreurs grossières sont commises, quelques résultats très atypiques sont enregistrés et il est dangereux de se fier excessivement à un seul petit échantillon à moins d'être assuré que celui-ci est représentatif.

L'évaluation d'un ingrédient de substitution par comparaison avec la formulation normalisée peut être envisagée. Les mélanges sont uniformes, le formulateur suit correctement les procédures et il est conclu, au moyen de méthodes statistiques, que le nouvel ingrédient est une amélioration. Il est aisément omis que cette conclusion suppose que les échantillons de chaque mélange étaient véritablement représentatifs de la population. Si la variabilité résultant de mélanges répétés est relativement plus importante que l'erreur d'essai, comme cela est souvent le cas, il est possible que les essais réalisés sur une série de mélangeages répétés ne montrent aucune différence entre les ingrédients ou qu'ils indiquent que le nouvel ingrédient est un retour en arrière.

5.2 Exactitude, justesse et fidélité

L'exactitude est l'étroitesse de l'accord entre un résultat d'essai et la valeur de référence acceptée (voir 3.14), tandis que la justesse correspond à l'étroitesse de l'accord entre la valeur moyenne obtenue à partir d'une grande série de résultats et la valeur de référence acceptée ou vraie (voir 3.15). En revanche, la fidélité est l'étroitesse de l'accord entre les résultats d'essai (voir 3.16), indépendamment de toute valeur de référence susceptible d'exister. Pour maintenir la variabilité à un minimum, il convient que la méthode d'essai soit aussi reproductible que possible, c'est-à-dire présente une bonne fidélité. Toutefois, cette fidélité élevée ne présente qu'un faible intérêt si l'essai est caractérisé par un biais important et, de ce fait, par une exactitude médiocre. Ces deux éléments sont obligatoires et étroitement corrélés en ce sens qu'une faible fidélité (faible reproductibilité) contribuera à une réduction de l'exactitude.

La reproductibilité (voir 3.18) est le terme généralement réservée à la description de la variation observée entre différents laboratoires et, éventuellement, aussi à différents moments. La répétabilité (voir 3.17) est quant à elle utilisée pour décrire la variation entre les répétitions dans un même laboratoire à un moment pratiquement identique. Il s'ensuit que des laboratoires peuvent faire preuve d'une très bonne répétabilité, mais que la reproductibilité entre ces laboratoires est médiocre en raison du biais.

5.3 Pertinence et signification

5.3.1 Si l'exactitude ou la répétabilité étaient les seuls éléments présentant de l'intérêt, les essais se limiteraient aux méthodes les plus exactes ou fidèles. Il convient cependant que l'essai soit pertinent au sens où les résultats ont une signification utile en termes de performances du matériau ou du produit. Tous les essais ne sont pas égaux, certains ont une pertinence supérieure à d'autres en termes de performances du produit, de résistance du matériau ou de valeur caractéristique utile à la conception. Le vocable «signification» est parfois utilisé pour faire référence à la pertinence et appliqué à l'essai réel ou à la propriété mesurée; toutefois, la signification évoquée dans la présente Norme internationale est prise au sens statistique comme dans l'exemple suivant: un matériau est significativement plus résistant qu'un autre.

Le sens ainsi donné à «signification» s'assimile à la question de savoir si les différences de résultat observées sont susceptibles d'être réelles ou si elles peuvent être raisonnablement attribuées au seul hasard. Si la probabilité d'obtenir par pur hasard la différence observée est faible (par exemple inférieure à une chance sur 20), alors la différence est dite significative.

5.3.2 L'ensemble de résultats des essais de résistance à la traction mentionnés en 5.1 peut être comparé à d'autres ensembles obtenus sur différents matériaux à la même occasion, donnant par exemple les trois ensembles illustrés dans le Tableau 2.