

---

# Norme internationale



# 3951

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

## Règles et tables d'échantillonnage pour les contrôles par mesures des pourcentages de défectueux

*Sampling procedures and charts for inspection by variables for percent defective*

Première édition — 1981-08-15

---

CDU 311.213.2 : 620.113.4 : 658.562.012.7

Réf. n° : ISO 3951-1981 (F)

**Descripteurs** : contrôle statistique de qualité, échantillonnage, table d'échantillonnage, contrôle par nombre de défauts, contrôle par mesures, courbe d'efficacité.

Prix basé sur 105 pages

## 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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 3951 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 69, *Application des méthodes statistiques*, et a été soumise aux comités membres en février 1976.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Hongrie	Royaume-Uni
Allemagne, R.F.	Inde	Suède
Autriche	Israël	Suisse
Belgique	Mexique	Tchécoslovaquie
Bésil	Nouvelle-Zélande	Turquie
Chili	Pays-bas	URSS
Corée, Rép. de	Pologne	USA
France	Roumanie	Yougoslavie

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvée pour des raisons techniques :

Italie  
Japon

## Sommaire

	Page
<b>Section un : Généralités</b> .....	1
1 Objet et domaine d'application .....	1
2 Références .....	1
3 Définitions et symboles .....	1
4 Niveau de qualité acceptable (NQA) .....	3
5 Règles pour la modification du contrôle normal, renforcé et réduit .....	4
6 Relations avec l'ISO 2859 .....	4
7 Production non continue .....	5
<b>Section deux : Choix d'un plan d'échantillonnage</b> .....	6
8 Généralités sur le choix d'un plan .....	6
9 Choix entre mesures et attributs .....	6
10 Choix d'une méthode .....	6
11 Choix du niveau de contrôle et du NQA .....	7
12 Choix d'un plan d'échantillonnage .....	7
<b>Section trois : Mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage par mesures</b> ..	8
13 Opérations préliminaires indispensables .....	8
14 Procédure normalisée pour l'application de la méthode «s» .....	8
15 Procédure normalisée pour l'application de la méthode « $\sigma$ » .....	13
16 Déroulement d'un contrôle continu .....	16
17 Normalité et aberrants .....	16
18 Enregistrements des résultats .....	17
19 Mise en œuvre des règles pour la modification du contrôle .....	17
20 Suspension du contrôle .....	17
21 Courbes d'acceptation dans le cas du contrôle renforcé et du contrôle réduit	17
22 Passage à la méthode « $\sigma$ » .....	18

**Section quatre : Tables et graphiques** ..... 18

**Tables**

I-A	Lettres-code et niveaux de contrôle	19
I-B	Lettres-code et effectif des échantillons dans un contrôle normal	20
II-A	Plans d'échantillonnage simples pour le contrôle normal (table générale) : méthode «s»	21
II-B	Plans d'échantillonnage simples pour le contrôle renforcé (table générale) : méthode «s»	22
II-C	Plans d'échantillonnage simples pour le contrôle réduit (table générale) : méthode «s»	23
III-A	Plans d'échantillonnage simples pour le contrôle normal (table générale) : méthode «σ»	24
III-B	Plans d'échantillonnage simples pour le contrôle renforcé (table générale) : méthode «σ»	25
III-C	Plans d'échantillonnage simples pour le contrôle réduit (table générale) : méthode «σ»	26
IV	Valeurs de «f» pour l'écart-type maximal (ETM) : méthode «s»	27
V (V-B à V-P)	Tables et courbes d'efficacité des plans d'échantillonnage (lettres-code B à P)	28

**Graphiques**

A	Effectifs des échantillons des plans d'échantillonnage normalisés tels que, pour des qualités spécifiées, les probabilités d'acceptation soient de 95 % et 10 %	42
s-D à s-P	Courbes d'acceptation pour des limites de spécification doubles combinées : méthode «s»	43
σ-C à σ-P	Courbes d'acceptation pour des limites de spécification doubles combinées : méthode «σ»	55

**Annexes**

A	Calcul de s	68
B	Théorie statistique	71
C	Plans d'échantillonnage par la méthode «R»	82

<b>Bibliographie</b>	.....	105
----------------------	-------	-----

# Règles et tables d'échantillonnage pour les contrôles par mesures des pourcentages de défectueux

## Section un : Généralités

### 1 Objet et domaine d'application

#### 1.1 Objet

1.1.1 La présente Norme internationale présente les plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par mesures. Elle complète l'ISO 2859. Les cahiers des charges, les contrats, les instructions de contrôle ou autres textes peuvent se référer à la présente Norme internationale et à l'ISO 2859 lorsque l'autorité responsable le prescrit, et les dispositions qu'elles contiennent doivent être respectées. L'autorité responsable doit être désignée dans l'un de ces textes.

1.1.2 Le but des méthodes présentées dans la présente Norme internationale est d'assurer que les lots de qualité acceptable ont une forte probabilité d'être acceptés et que la probabilité de rejeter les lots de qualité inférieure est aussi élevée que possible.

1.1.3 En accord avec l'ISO 2859, le pourcentage de produits non conformes, ou **pourcentage de défectueux**, dans les lots est utilisé pour définir la qualité de ces lots et des procédés de fabrication en question.

#### 1.2 Domaine d'application

La présente Norme internationale est principalement destinée à être utilisée dans les conditions suivantes :

a) lorsque les règles de contrôle doivent être appliquées à des **séries continues de lots** de produits individualisés tous fournis par un seul producteur utilisant un seul procédé de fabrication. S'il y a différents producteurs, la présente Norme internationale doit être appliquée à chacun d'eux séparément;

b) lorsqu'un seul caractère de qualité,  $x$ , de ces produits est pris en considération, il doit être **mesurable sur une échelle continue**. Si plusieurs caractères du produit sont importants, la présente Norme internationale doit être appliquée à chacun d'eux séparément;

c) lorsque la fabrication est stable (sous contrôle statistique) et que le caractère de qualité  $x$  est distribué suivant une loi normale ou voisine d'une loi normale;

d) lorsqu'un contrat ou une norme définit une **limite supérieure de spécification**  $L_s$ , une **limite inférieure de spécification**  $L_i$ , ou les deux; un produit est qualifié de non conforme ou **défectueux**, si la mesure de son caractère de qualité  $x$  satisfait l'une des inégalités suivantes :

$$x > L_s \quad \dots(1)$$

$$x < L_i \quad \dots(2)$$

$$\text{soit } x > L_s, \text{ soit } x < L_i \quad \dots(3)$$

Les inégalités (1) et (2) répondent aux cas d'une **limite unique de spécification** et (3) au cas d'une **limite double de spécification**. Dans cette dernière situation, une distinction supplémentaire est apportée entre les limites doubles séparées ou combinées, selon que le NQA est appliqué à chaque limite séparément ou aux deux limites combinées (voir chapitre 4).

### 2 Références

ISO 2854, *Interprétation statistique des données — Techniques d'estimation et tests portant sur des moyennes et des variances.*

ISO 2859, *Règles et tables d'échantillonnage pour les contrôles par attributs.*

ISO 3534, *Statistique — Vocabulaire et symboles.*

ISO 5725, *Fidélité des méthodes d'essai — Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité par essais interlaboratoires.*

### 3 Définitions et symboles

#### 3.1 Définitions

Les définitions données dans l'ISO 3534 et l'ISO 2859 sont applicables à la présente Norme internationale. Il en est de même pour les termes supplémentaires suivants :

**3.1.1 contrôle par mesures** (inspection by variables) : Contrôle dans lequel on mesure un caractère quantitatif lié à chacun des individus d'une population ou d'un échantillon prélevé dans cette population.

**3.1.2 échantillonnage par mesures en vue d'acceptation** (acceptance sampling by variables) : Procédure selon laquelle un caractère spécifié est mesuré pour établir statistiquement l'acceptabilité du lot à partir des résultats obtenus sur les individus d'un échantillon.

**3.1.3 niveau de qualité acceptable (NQA)** [acceptable quality level (AQL)] : Pourcentage maximal de défectueux, qui, pour le contrôle par échantillonnage, peut être considéré comme satisfaisant en tant que caractéristique moyenne de la qualité de la production.

**3.1.4 qualité limite** (limiting quality) : Dans un plan d'échantillonnage, niveau de qualité qui correspond à une probabilité d'acceptation spécifiée et relativement faible (dans la présente Norme internationale : 10 %). (Voir 12.1.)

**3.1.5 défectueux** (defective) : Tout individu non conforme à la spécification.

**3.1.6 méthode «s»** ("s" method) : Méthode permettant de décider si un lot est acceptable en utilisant l'estimation de l'écart-type de ce lot obtenue à partir des mesures effectuées sur tous les individus d'un même échantillon. (Voir chapitre 14.)

**3.1.7 méthode «σ»** ("σ" method) : Méthode permettant de décider si un lot est acceptable, en utilisant la connaissance préalable de son écart-type. (Voir chapitre 15.)

**3.1.8 méthode «R»** ("R" method) : Méthode permettant de décider si un lot est acceptable en utilisant l'estimation de l'écart-type de ce lot obtenue à partir de l'étendue moyenne des mesures effectuées sur les individus des sous-groupes d'un échantillon. (Voir annexe C.)

**3.1.9 limite de spécification (ou de tolérance)** (specification limit) : Valeur spécifiée acceptable, minimale ou maximale, pour le caractère étudié.

**3.1.10 limite inférieure de spécification** ( $L_i$ ) [lower specification limit ( $L$ )] : Valeur spécifiée acceptable minimale pour le caractère étudié.

**3.1.11 limite supérieure de spécification** ( $L_s$ ) [upper specification limit ( $U$ )] : Valeur spécifiée acceptable maximale pour le caractère étudié.

**3.1.12 limite unique de spécification** (single specification limit) : Terme utilisé lorsqu'il n'est spécifié qu'une seule limite.

**3.1.13 limites de spécification doubles séparées** (separate double specification limits) : Terme utilisé lorsque sont spécifiées à la fois une limite supérieure et une limite inférieure

et quand des NQA distincts sont appliqués à chacune des limites individuellement. (Voir 4.3.)

**3.1.14 limite de spécification double combinée** (combined double specification limit) : Terme utilisé lorsque sont spécifiées à la fois la limite supérieure et la limite inférieure et quand un NQA donné s'applique à l'ensemble des deux limites et correspond au pourcentage total de défectueux. (Voir 4.3.)

**3.1.15 constante d'acceptabilité** ( $K$ ) (acceptability constant) : Constante dépendant de la valeur assignée au niveau de qualité acceptable et de l'effectif de l'échantillon. (Voir 14.2 et 15.2, éventuellement chapitre C.5 de l'annexe C.)

**3.1.16 paramètre de qualité** ( $q$ ) (quality parameter) : Fonction de la limite de spécification, de la moyenne et de l'écart-type du lot. (Voir chapitre B.3 de l'annexe B.)

**3.1.17 statistique de qualité** ( $Q$ ) (quality statistic) : Fonction de la limite de spécification, de la moyenne de l'échantillon et de l'estimation de l'écart-type du lot. La décision sur le lot est prise en comparant  $Q$  avec la constante d'acceptabilité  $K$ . (Voir 14.2 et 15.2, éventuellement chapitre C.5 de l'annexe C.)

**3.1.18 statistique de qualité correspondant à la limite inférieure** ( $Q_i$ ) [lower quality statistic ( $Q_L$ )] : Fonction de la limite inférieure de spécification, de la moyenne de l'échantillon et de l'estimation de l'écart-type du lot. La décision sur le lot est prise en comparant  $Q_i$  avec la constante d'acceptabilité  $K$ . (Voir 14.2.)

**3.1.19 statistique de qualité correspondant à la limite supérieure** ( $Q_s$ ) [upper quality statistic ( $Q_U$ )] : Fonction de la limite supérieure de spécification, de la moyenne de l'échantillon et de l'estimation de l'écart-type du lot. La décision sur le lot est prise en comparant  $Q_s$  avec la constante d'acceptabilité  $K$ . (Voir 14.2.)

**3.1.20 écart-type maximal** (ETM) [maximum standard deviation (MSD)] : Dans des conditions données, plus grand écart-type acceptable. (Voir 14.4 et paragraphe B.5.2 de l'annexe B.)

**3.1.21 règles de modification du contrôle** (switching rules) : Règles régissant la décision d'augmenter ou de diminuer la sévérité d'un contrôle. (Voir chapitre 19.)

## 3.2 Symboles

Les symboles employés sont les suivants :

$f$  Facteur, donné dans la table IV, qui relie l'écart-type maximal à la différence entre  $L_i$  et  $L_s$ .

$K$  Constante d'acceptabilité (d'une manière générale).

$k$  Constante d'acceptabilité quand on utilise la méthode «s», «σ» ou «R».

$L_i$  Limite inférieure de spécification («i»), en indice à une variable, signifie valeur de cette variable à  $L_i$ .

$L_s$  Limite supérieure de spécification («s», en indice à une variable, signifie valeur de cette variable à  $L_s$ ).

$n$  Effectif d'un échantillon.

$N$  Effectif du lot.

$P$  Fonction de probabilité cumulative (fonction de répartition).

$p$  Estimation du pourcentage ou de la proportion totale de défectueux dans le lot

$$p = p_s + p_i$$

$p_i$  Estimation de la proportion de défectueux au-dessous de  $L_i$ .

$p_s$  Estimation de la proportion de défectueux au-dessus de  $L_s$ .

$q$  Paramètre de qualité; il est égal à  $z_s$  ou  $-z_i$ .

$Q_i$  Statistique de qualité correspondant à la limite inférieure.

$Q_s$  Statistique de qualité correspondant à la limite supérieure.

$s$  Estimation, d'après l'échantillon, de l'écart-type du lot

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(Voir aussi annexe A.)

$x$  Valeur mesurée d'un caractère dans l'échantillon.

$\bar{x}$  Moyenne arithmétique de  $x$  pour un échantillon de  $n$  individus.

$z$  Valeur de la variable normale réduite

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$z_i$  Valeur de  $z$  à la limite inférieure de spécification

$$z_i = \frac{L_i - \mu}{\sigma}$$

$z_s$  Valeur de  $z$  à la limite supérieure de spécification

$$z_s = \frac{L_s - \mu}{\sigma}$$

$\mu$  Moyenne du lot.

$\sigma$  Écart-type du processus (ou du lot) ( $\sigma^2 =$  variance).

$\Sigma$  «Somme de» (par exemple,  $\Sigma x =$  somme de tous les  $x$ ).

$\sum_{i=1}^n x_i$  Somme de tous les  $x_i$  quand  $i$  prend toutes les valeurs entières de 1 à  $n$ .

> «Supérieur à» (par exemple,  $a > b$  signifie que  $a$  est supérieur à  $b$ ).

> «Supérieur ou égal à» (par exemple,  $a \geq b$  signifie que  $a$  est au moins égal à  $b$ ).

< «Inférieur à» (par exemple,  $a < b$  signifie que  $a$  est inférieur à  $b$ ).

< «Inférieur ou égal à» (par exemple,  $a \leq b$  signifie que  $a$  est au plus égal à  $b$ ).

### 3.3 Bibliographie

Une bibliographie des documents utilisés pour l'élaboration de la présente Norme internationale est donnée dans l'annexe D.

## 4 Niveau de qualité acceptable (NQA)

### 4.1 Définition

Pourcentage maximal de défectueux qui, pour le contrôle par échantillonnage, peut être considéré comme satisfaisant en tant que caractéristique moyenne de la qualité de la production.

### 4.2 Utilisation

Le NQA est utilisé en même temps que la lettre-code pour repérer les plans d'échantillonnage décrits dans la présente Norme internationale.

### 4.3 Spécification du NQA

Le ou les NQA utilisé(s) doivent être fixé(s) dans le contrat de spécification du produit ou par l'autorité responsable. Si des limites de spécification supérieure et inférieure sont données, des NQA séparés peuvent être attribués aux limites individuelles, qui sont alors considérées comme des limites de spécification doubles séparées. Alternativement, un seul NQA peut être spécifié pour le pourcentage total de défectueux s'appliquant à la fois à la limite supérieure et à la limite inférieure; on a alors affaire à une limite de spécification double combinée.

### 4.4 NQA recommandés

Les valeurs des NQA données dans la présente Norme internationale sont dites «valeurs recommandées» du NQA. Si, pour un produit quelconque, on spécifie une valeur du NQA autre qu'une valeur recommandée, la présente Norme internationale n'est pas applicable. (Voir 12.2.)

### 4.5 Remarque

D'après la définition du NQA rappelée en 4.1, il s'ensuit que la protection désirée peut seulement être obtenue si une série continue de lots est présentée au contrôle.

## 4.6 Limitation

La fixation d'un NQA n'implique pas pour le fournisseur le droit de livrer sciemment des individus défectueux.

## 5 Règles pour la modification du contrôle normal, renforcé et réduit

**5.1** Afin d'éviter que la qualité moyenne de fabrication ne devienne plus mauvaise que celle caractérisée par le NQA, la présente Norme internationale prescrit de passer au contrôle renforcé dans le cas où les résultats du contrôle font présumer que cette qualité moyenne est inférieure à celle qui est caractérisée par le NQA, et un arrêt complet du contrôle par échantillonnage dans le cas où le contrôle renforcé n'encourage pas à temps le producteur à améliorer son procédé de fabrication.

**5.2** Le contrôle renforcé et la règle d'arrêt font partie intégrante de la présente Norme internationale et, par conséquent, constituent des procédures d'application obligatoire pour maintenir la protection obtenue pour un NQA donné.

**5.3** La présente Norme internationale prévoit aussi la possibilité de passer à un contrôle réduit si les résultats du contrôle montrent que la qualité moyenne de fabrication est stable et meilleure que le NQA. Cette méthode est cependant facultative (à la discrétion de l'autorité responsable).

**5.4** S'il existe des preuves suffisantes d'après les cartes de contrôle (voir 18.1) que la variabilité est sous contrôle, il peut être envisagé de passer à la méthode « $\sigma$ ». Si cette méthode est effectivement avantageuse, la valeur à adopter pour  $\sigma$  est la valeur stable de  $s$ .

**5.5** S'il a été nécessaire d'interrompre le contrôle par échantillonnage, le contrôle renforcé ne peut pas être repris avant que des actions aient été prises par le fabricant pour améliorer la qualité du produit.

**5.6** Des détails relatifs aux règles de modification du contrôle sont donnés dans le chapitre 19.

## 6 Relations avec l'ISO 2859

### 6.1 Similitudes

a) La présente Norme internationale complète l'ISO 2859; les deux documents ont une philosophie commune et, autant que possible, leurs règles et vocabulaire sont identiques.

b) Tous deux utilisent le NQA pour indexer les plans d'échantillonnage, et les valeurs recommandées utilisées dans ce document sont identiques à celles qui sont données dans l'ISO 2859 pour la même étendue de valeurs (c'est-à-dire de 0,1 % à 10 %).

c) Dans les deux documents, l'effectif du lot et le niveau de contrôle (le niveau II étant recommandé à défaut d'autres instructions) déterminent une lettre-code. Des

tables générales donnent ensuite, en fonction de la lettre-code et du NQA fixé, l'effectif de l'échantillon à prélever et le critère d'acceptabilité suivant la méthode adoptée (« $s$ », « $\sigma$ », ou éventuellement, « $R$ »). Des tables distinctes sont données pour le contrôle normal, le contrôle renforcé et le contrôle réduit.

d) Les règles pour la modification du contrôle sont presque identiques.

e) Les définitions des défauts critiques, majeurs et mineurs sont les mêmes, mais dans le contrôle par variables, ces notions sont moins utiles du fait que les caractères ne peuvent pas être groupés pour la décision à prendre. Cependant, ces notions facilitent le choix du NQA pour les différents caractères.

### 6.2 Différences

a) **Détermination de l'acceptabilité.** L'acceptabilité, dans un plan d'échantillonnage par attributs de l'ISO 2859, est déterminée par le nombre de défectueux trouvé dans l'échantillon; le critère d'acceptabilité dans le contrôle par mesures est basé sur les estimations de la tendance centrale et de la variabilité de la distribution des mesures dans le lot, en relation avec les limites de spécification. Ces notions sont traduites en termes de moyenne et d'écart-type. Dans la présente Norme internationale, deux méthodes d'estimation de l'écart-type sont présentées : la méthode « $s$ » et la méthode « $\sigma$ » (une troisième méthode, la méthode « $R$ », est donnée dans l'annexe C). Dans le cas d'une limite unique de spécification ou de deux limites séparées, l'acceptabilité peut être calculée à partir d'une formule (voir 14.2 et 15.2), mais elle est établie plus facilement par une méthode graphique (voir 14.3). Dans le cas d'une limite double combinée, la présente Norme internationale prévoit une méthode graphique (voir 14.4 et 15.3).

b) **Normalité.** Dans l'ISO 2859, aucune exigence relative à la distribution des caractères n'est stipulée; par contre dans la présente Norme internationale, il est nécessaire, pour l'application correcte du plan, que les mesures soient distribuées suivant une loi normale ou voisine de la normale.

c) **Courbes d'efficacité (OC curves).** Bien que l'on puisse concevoir un plan d'échantillonnage par mesures dont la courbe d'efficacité corresponde étroitement à celle d'un plan par attributs, il ne serait pas possible d'établir, dans la présente Norme internationale, toutes les courbes d'efficacité correspondant à celles de l'ISO 2859 (indexées selon la même lettre-code et le même NQA) car l'effectif de l'échantillon pour une lettre-code donnée devrait augmenter avec le NQA. Cela ne serait pas souhaitable pour l'application pratique de cette méthode d'échantillonnage.

d) **Probabilité d'acceptation pour un NQA.** La probabilité qu'un lot, dont la qualité est égale à celle qui est caractérisée par le NQA, soit accepté augmente avec l'effectif de l'échantillon et suit une loi analogue mais non identique à celle qui est utilisée dans l'ISO 2859.

e) **Effectifs de l'échantillon.** Les effectifs d'échantillon pour le contrôle par mesures correspondant à des lettres-code données sont généralement plus petits que les effectifs

tifs d'échantillon pour le contrôle par attributs correspondant aux mêmes lettres-code.

f) **Plans d'échantillonnage doubles.** Aucun plan d'échantillonnage double n'est donné dans la présente Norme internationale.

g) **Limite de la qualité moyenne après contrôle (AOQL).** Étant donné que, *a priori*, les plans d'échantillonnage par mesures seront principalement utilisés lors d'essais destructifs pour lesquels le contrôle à 100 % et le remplacement des défectueux dans les lots refusés n'est pas possible, le concept d'AOQL ne peut pas être appliqué et, par conséquent, les tables correspondantes n'ont pas été introduites.

## 7 Production non continue

**7.1** La méthode d'échantillonnage contenue dans la présente Norme internationale n'est pas destinée à être appliquée dans des conditions différentes de celles qui sont spécifiées en 1.2, par exemple pour un lot isolé ou un nombre limité de lots pour lesquels le *contrôle renforcé* et les *règles d'arrêt* ne peuvent pas être appliqués.

**7.2** Lorsqu'on se trouve dans de telles conditions, le concept de NQA définissant la qualité moyenne d'une fabrication pour laquelle une grande majorité des lots serait acceptée n'est plus

valable et le NQA ne peut plus être interprété comme une mesure du degré de protection du client contre la réception de lots de mauvaise qualité moyenne. Le NQA indique seulement le pourcentage de défectueux correspondant à une grande probabilité d'acceptation et sert au repérage du plan d'échantillonnage.

**7.3** Le degré de protection du client obtenu pour chacun des différents plans d'échantillonnage peut néanmoins être évalué à partir des courbes d'efficacité données sur les graphiques V-B à V-P et dans les tables V-B-1 à V-P-1 qui doivent être consultés pour le choix d'un plan d'échantillonnage.

Les courbes d'efficacité calculées pour la méthode «s» sont applicables à la méthode « $\sigma$ » (et, avec une précision moindre, à la méthode «R»). Elles sont identifiées par les lettres-code et les valeurs du NQA.

NOTE — Les courbes d'efficacité des graphiques V-B à V-P ont été tracées pour le contrôle normal. Il ne figure pas, dans la présente Norme internationale, de courbes spécifiques aux contrôles réduits et renforcés.

Le graphique A permet de trouver plus facilement la courbe d'efficacité convenable. Sur ce graphique, l'intersection de la ligne verticale passant par la valeur choisie de la qualité limite et de la ligne horizontale passant par la qualité acceptable pour laquelle la probabilité d'acceptation est de 95 % (approximativement égale au NQA) se situera sur ou au-dessous d'une ligne inclinée indexée par la lettre-code d'un plan normalisé répondant approximativement aux conditions spécifiées.

## Section deux : Choix d'un plan d'échantillonnage

### 8 Généralités sur le choix d'un plan

Le choix du plan par mesures le mieux approprié, s'il en existe un, requiert de l'expérience, du jugement et une assez bonne connaissance à la fois de la statistique et du produit à contrôler. La présente section vise à suggérer, aux responsables chargés de déterminer les plans d'échantillonnage, les considérations qu'ils doivent avoir présentes à l'esprit quand ils décident si un plan par mesures conviendrait bien et quels sont les choix à faire pour sélectionner un plan normalisé approprié.

### 9 Choix entre mesures et attributs

La première question qui se pose est de décider s'il est préférable de faire un contrôle par mesures plutôt qu'un contrôle par attributs. Il est recommandé de prendre en considération les points suivants :

a) Au point de vue économique, on doit comparer le coût total d'un contrôle relativement simple d'un plus grand nombre d'individus à l'aide d'une méthode par attributs à celui d'une procédure généralement plus élaborée, exigée par une méthode par mesures qui revient généralement plus cher en temps et en argent dépensés par élément contrôlé.

b) Au point de vue de l'information obtenue, l'avantage revient au contrôle par mesures pour lequel on obtient un renseignement plus précis sur le niveau de qualité du produit : on sera prévenu plus tôt si la qualité dérive.

c) Une méthode par attributs peut être plus aisément comprise et acceptée; par exemple, il peut être difficile d'admettre d'emblée que, lorsqu'on effectue un contrôle par mesures, un lot puisse être rejeté à partir de mesures faites sur un échantillon ne contenant pas de défectueux. (Voir l'exemple en 14.4.)

d) Une comparaison entre les effectifs des échantillons exigés pour obtenir le même NQA, en utilisant des plans normalisés du contrôle par attributs (c'est-à-dire l'ISO 2859) et les plans normalisés contenus dans la présente Norme internationale figure dans la table I-B. On remarquera que les échantillons les plus petits sont obtenus par la méthode « $\sigma$ », utilisée quand l'écart-type du lot est connu.

e) Le contrôle par mesures convient particulièrement bien quand il est conjugué avec l'utilisation de cartes de contrôle par mesures.

f) L'échantillonnage par mesures offre un avantage considérable quand la méthode de contrôle est onéreuse, par exemple, dans le cas d'un essai destructif.

g) Une méthode par mesures convient moins bien lorsque s'accroît le nombre de caractères mesurés sur un même individu, puisqu'il y a lieu d'examiner chaque caractère séparément. On peut avoir avantage à appliquer le contrôle par attributs à la majorité des caractères et le contrôle par

mesures à une ou deux des exigences les plus importantes, par exemple : les essais de résistance à la charge, les exigences de sécurité et de fiabilité.

h) L'emploi de la présente Norme internationale n'est applicable que lorsqu'on a de bonnes raisons de croire que la distribution des mesures est normale. S'il existe un doute, l'autorité responsable doit être consultée.

#### NOTES

1 Des tests de normalité figurent dans la section deux de l'ISO 2854 qui donne des exemples de méthodes graphiques pouvant être utilisées pour vérifier qu'une distribution de données est suffisamment proche de la normale pour justifier l'utilisation de plans d'échantillonnage par mesures.

2 Une documentation plus précise sur ce sujet en cours de préparation au sein de l'ISO/TC 69/SC 2 donnera, en outre, des indications sur les différents tests numériques qui peuvent aussi être utilisés. Ces «tests de normalité» feront ultérieurement l'objet d'une Norme internationale distincte.

### 10 Choix d'une méthode

Si l'on a décidé d'appliquer un contrôle par mesures, la première question qui se pose est de savoir quelle est la méthode à employer : la méthode « $s$ » ou la méthode « $\sigma$ » (éventuellement, la méthode « $R$ »)?

La méthode « $\sigma$ » est la plus économique au point de vue de l'effectif de l'échantillon mais, avant que cette méthode puisse être employée, la valeur de « $\sigma$ » doit être déterminée.

Si l'on considère l'effectif de l'échantillon, la méthode « $s$ » présente un léger avantage sur la méthode « $R$ » mais la détermination de  $s$  entraîne plus de calculs; l'importance et la difficulté de ceux-ci est plus apparente que réelle, particulièrement si l'on dispose d'un calculateur électronique. Les méthodes de calcul de  $s$  sont données dans l'annexe A.

La méthode « $R$ » (donnée dans l'annexe C) est simple à calculer, mais elle exige un effectif d'échantillon un peu plus important pour le même NQA.

Initialement, on devra commencer par la méthode « $s$ » (ou, éventuellement, la méthode « $R$ ») mais, si la qualité est satisfaisante, les règles normalisées pour la modification du contrôle permettront, à l'autorité responsable, d'introduire un contrôle réduit et de prendre un effectif d'échantillon plus petit.

La question devient alors : si la variabilité est sous contrôle et si les lots continuent d'être acceptés, serait-il plus économique de passer à la méthode « $\sigma$ »?

Il est à noter que si la valeur du NQA est élevée, l'effectif de l'échantillon ne sera pas nécessairement plus petit, mais les critères d'acceptabilité deviendront plus simples. (Voir 15.2 et 15.3.) D'autre part, il restera nécessaire de calculer  $s$  afin de pouvoir en enregistrer les résultats et de tenir à jour les cartes de contrôle. (Voir chapitre 18.)

## 11 Choix du niveau de contrôle et du NQA

Dans les plans d'échantillonnage normalisés, le niveau de contrôle, conjugué avec le NQA, détermine l'effectif de l'échantillon à prélever et régit la sévérité du contrôle. La courbe d'efficacité appropriée, donnée dans l'une des tables V-B à V-P, montre l'importance du risque inhérent au plan.

Le choix du niveau de contrôle et du NQA est fonction de plusieurs facteurs mais dépend principalement d'un compromis équilibré entre le coût total du contrôle et les conséquences de la mise en service de produits défectueux.

La procédure habituelle consiste à appliquer un contrôle au niveau II jusqu'à ce que des circonstances spéciales indiquent qu'un autre niveau est préférable.

## 12 Choix d'un plan d'échantillonnage

### 12.1 Plans normalisés

La procédure normalisée ne peut être utilisée que lorsque la production des lots est continue.

Cette procédure, avec ses étapes semi-automatiques depuis l'effectif du lot jusqu'à l'effectif de l'échantillon, en utilisant le niveau de contrôle II et en commençant par la méthode «s», s'est révélée, en pratique, fournir des plans d'échantillonnage fonctionnant de façon acceptable, mais elle suppose que l'ordre de priorité soit d'abord le NQA, ensuite l'effectif de l'échantillon et en dernier lieu la qualité limite.

La valeur de ce système est due au fait que le client est protégé par les règles de passage d'un niveau de contrôle à un autre (voir chapitre 19) qui augmentent rapidement la sévérité du contrôle et finalement y mettent fin, si la qualité de la fabrication est plus mauvaise que celle caractérisée par le NQA.

NOTE — Il est également nécessaire de rappeler que la qualité limite est la qualité qui, si on la présente à un contrôle, aurait une probabilité

d'acceptation de 10 %. Le risque réel assumé par le client dépend donc également de la probabilité que des marchandises de qualité inférieure soient présentées au contrôle.

Cependant, si dans certaines circonstances, la qualité limite a une priorité plus grande que l'effectif de l'échantillon (par exemple, quand la production comporte seulement un nombre limité des lots), il est possible de choisir un plan de la présente Norme internationale bien adapté, en employant le graphique A. L'intersection de la ligne verticale passant par la valeur choisie de la qualité limite et de la ligne horizontale passant par la qualité acceptable pour laquelle la probabilité d'acceptation est de 95 % (approximativement égale au NQA) se situera sur ou au-dessous d'une ligne inclinée indexée par la lettre-code du plan normalisé répondant aux conditions spécifiées. Cela peut être vérifié en examinant la courbe d'efficacité donnée dans la table V pour cette lettre-code et ce NQA.

Si ces lignes se coupent en un point situé au-dessus de la ligne marquée «P» (voir graphique A), cela implique qu'un échantillon de plus de 200 individus serait nécessaire, donc que les conditions spécifiées ne peuvent pas être remplies au moyen des plans normalisés.

### 12.2 Plans spéciaux

Si les plans normalisés ne peuvent pas être retenus, il est nécessaire de concevoir un plan spécial. Le choix consiste alors à décider quelle combinaison de NQA, qualité limite et effectif d'échantillon, convient le mieux, en se rappelant que ces éléments ne sont pas indépendants car il suffit d'en choisir deux pour que le troisième en découle.

NOTE — Ce choix n'est pas complètement libre : les tables de la variable  $t$  non centrée, référencées dans l'annexe D, n'ont été calculées que pour une gamme de variables limitée, mais en général suffisante, et le fait que l'effectif de l'échantillon est nécessairement un nombre entier impose quelques contraintes. S'il est nécessaire d'avoir recours à un plan spécial, il est recommandé que celui-ci soit uniquement établi avec l'aide d'un statisticien compétent en matière de contrôle de la qualité.

## Section trois : Mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage par mesures

### 13 Opérations préliminaires indispensables

Avant d'entreprendre un contrôle par mesures, il faut vérifier

- a) que la distribution peut être considérée comme normale et que la production est continue;
- b) s'il faut commencer par appliquer la méthode «s» (ou «R») ou, si l'écart-type est stable et connu, appliquer la méthode «σ»;
- c) que le niveau de contrôle à appliquer a été déterminé; si aucun niveau n'a été prescrit, le niveau de contrôle II sera utilisé;
- d) que le NQA a été fixé et que celui-ci est un des NQA recommandés figurant dans la présente Norme internationale; sinon, les tables ne sont pas applicables;
- e) que, dans le cas de limites de spécification doubles, il a été précisé si ces limites sont séparées ou combinées et, s'il s'agit de limites séparées, que les NQA ont bien été fixés pour chaque limite.

### 14 Procédure normalisée pour l'application de la méthode «s»

#### 14.1 Choix d'un plan

La procédure pour choisir un plan est la suivante :

- a) Le niveau de contrôle étant donné (normalement ce sera le niveau II) ainsi que l'effectif du lot, déterminer la lettre-code à l'aide de la table I-A.
- b) Avec cette lettre-code et le NQA, utiliser la table II-A pour déterminer l'effectif de l'échantillon  $n$  et la constante d'acceptabilité  $k$ .
- c) Ayant prélevé au hasard un échantillon de cet effectif, mesurer le caractère  $x$  de chaque individu et calculer ensuite la moyenne  $\bar{x}$  de l'échantillon, ainsi que l'écart-type estimé  $s$  (voir annexe A). Si  $\bar{x}$  est en dehors de la limite de spécification, le lot est rejeté sans qu'il soit nécessaire de calculer  $s$ . Cependant, il peut être nécessaire de calculer  $s$  pour la tenue du cahier d'enregistrement des résultats.

#### 14.2 Critères d'acceptabilité pour des limites de spécification uniques ou séparées

Si des limites de spécification uniques ou séparées ont été fixées, calculer la statistique de qualité à l'aide des formules suivantes :

$$Q_s = \frac{L_s - \bar{x}}{s}$$

et/ou

$$Q_i = \frac{\bar{x} - L_i}{s}$$

selon le cas.

Ensuite, comparer la statistique de qualité ( $Q_s$  et/ou  $Q_i$ ) avec la constante d'acceptabilité  $k$  trouvée dans la table II-A pour le contrôle normal. Si la statistique de qualité appropriée est supérieure ou égale à la constante d'acceptabilité, accepter le lot; si elle est inférieure, le rejeter.

Ainsi, si une limite de spécification supérieure  $L_s$  est seule donnée,

accepter (le lot) si  $Q_s > k$

rejeter (le lot) si  $Q_s < k$

Ou, si une limite de spécification inférieure  $L_i$  est seule donnée,

accepter (le lot) si  $Q_i > k$

rejeter (le lot) si  $Q_i < k$

Si à la fois  $L_s$  et  $L_i$  sont données ( $k$  ayant des valeurs différentes si les NQA sont différents pour la limite supérieure et la limite inférieure),

accepter (le lot) si à la fois  $Q_i > k_i$  et  $Q_s > k_s$

rejeter (le lot) si  $Q_i < k_i$  ou  $Q_s < k_s$

#### Exemple

La température maximale de fonctionnement d'un certain appareil est fixée à 60 °C. La production est contrôlée par lots de 100 appareils. Sont prescrits : le niveau de contrôle II, le contrôle normal avec un NQA de 2,5 %. D'après la table I-A, la lettre-code est F; en consultant la table II-A, on constate qu'un échantillon d'effectif 10 est nécessaire et que la constante d'acceptabilité  $k$  est de 1,41. Supposons que les mesures aient donné les résultats suivants : 53 °C; 57 °C; 49 °C; 58 °C; 54 °C; 58 °C; 56 °C; 55 °C; 50 °C. Il est demandé de déterminer si le critère d'acceptabilité est satisfait.

Renseignements nécessaires	Valeur obtenue
Effectif de l'échantillon : $n$	10
Moyenne de l'échantillon $\bar{x} : \Sigma x/n$	54,9
Écart-type $s : \sqrt{\Sigma (x - \bar{x})^2 / (n - 1)}$	3,414
Limite de spécification (supérieure) : $L_s$	60
$Q_s = (L_s - \bar{x})/s$	1,494
Constante d'acceptabilité : $k$ (voir table II-A)	1,41

Critère d'acceptabilité : comparer  $Q_s$  avec  $k$   $1,494 > 1,41$

sous la forme

Le lot satisfait au critère d'acceptabilité, puisque  $Q_s$  est supérieur à  $k$ .

$$\bar{x} < L_s - ks \text{ et/ou } \bar{x} > L_i + ks$$

**14.3 Méthode graphique pour des limites de spécification uniques ou séparées**

En écrivant les conditions d'acceptation

$$\frac{L_s - \bar{x}}{s} > k \text{ et/ou } \frac{\bar{x} - L_i}{s} > k$$

on voit que, dans un système d'axes où les valeurs de  $s$  sont portées en abscisse et les valeurs de  $\bar{x}$  en ordonnée, les droites d'équation générale  $\bar{x} = L_s - ks$  [droite passant par le point  $(s = 0, \bar{x} = L_s)$  et de pente  $-k$ ] et/ou  $\bar{x} = L_i + ks$  [droite passant par le point  $(s = 0, \bar{x} = L_i)$  et de pente  $k$ ] séparent le plan en région d'acceptation et de rejet, conformément au schéma ci-après.

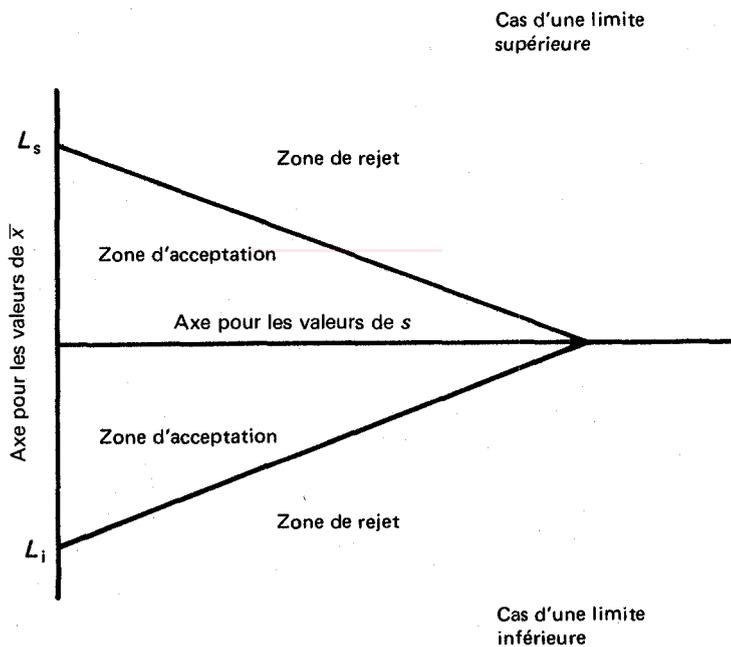


Figure 1

Dans le cas de limites de spécification doubles séparées, la zone d'acceptation est la zone intérieure limitée par les deux droites. La figure 1 a été tracée en supposant qu'une même valeur de NQA avait été fixée pour chaque limite (d'où la même valeur de  $k$ ). Les droites se coupent alors au point d'abscisse

$$\frac{L_s - L_i}{2k}$$

Le graphique peut être préparé préalablement au contrôle d'une série de lots; il suffit ensuite, pour chaque lot, de placer le point  $(s, \bar{x})$  pour décider de l'acceptation ou du rejet du lot.

*Exemple*

En prenant les données de l'exemple figurant en 14.2, marquer le point  $L_s = 60$  sur l'axe des  $\bar{x}$  (axe vertical) et tracer une ligne passant par ce point et ayant une pente  $-k$  [pour  $k = 1,41$ , cette ligne passe par les points  $(s = 1, \bar{x} = 58,59)$ ,  $(s = 2, \bar{x} = 57,18)$ ,  $(s = 3, \bar{x} = 55,77)$ , etc.]. Choisir l'un de ces points et tracer une ligne droite passant par ce point et par  $(s = 0, \bar{x} = 60)$ , c'est-à-dire  $L_s$ . La zone d'acceptation est alors la surface située au-dessous de cette ligne. Les valeurs calculées de  $s$  et de  $\bar{x}$  sont 3,414 et 54,9. En plaçant sur le graphique le point  $(s, \bar{x})$ , on constate, d'après la figure 2, qu'il se situe à l'intérieur de la zone d'acceptation et que le lot est acceptable.

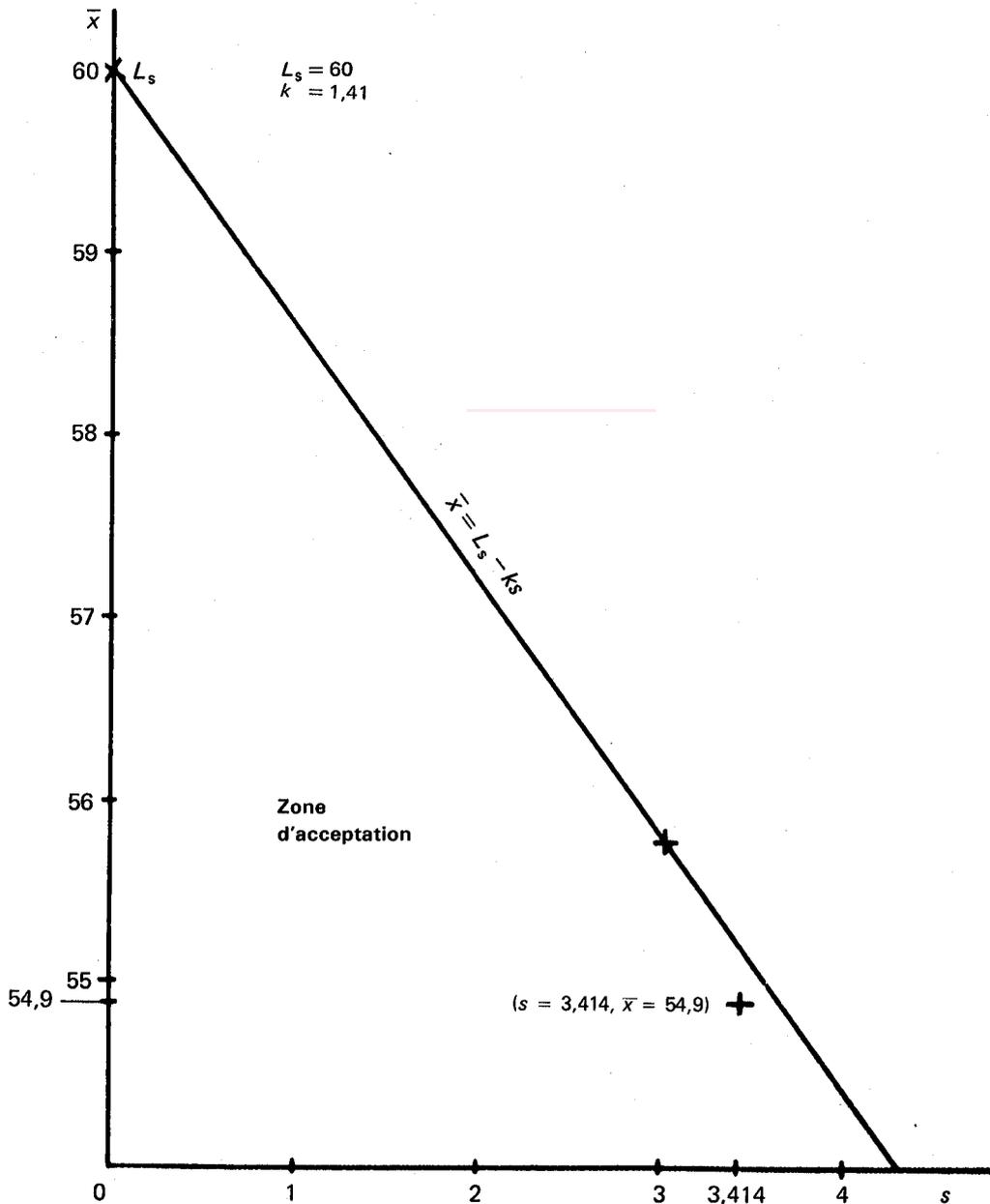


Figure 2

#### 14.4 Critère d'acceptabilité pour une limite de spécification double combinée

Si une limite double de spécification (supérieure et inférieure) combinée est donnée, il est nécessaire d'appliquer une méthode graphique, à moins que  $s$  ne soit supérieur à la valeur de l'ETM obtenue en consultant la table IV; auquel cas, le lot peut être rejeté immédiatement.

Pour cela, consulter le graphique de la série «s» indexé par la lettre-code appropriée et choisir la courbe d'acceptation correspondant au NQA spécifié pour l'ensemble des deux limites.

Calculer ensuite les valeurs de

$$\frac{s}{L_s - L_i} \text{ et de } \frac{\bar{x} - L_i}{L_s - L_i}$$

et porter le point représentant ces valeurs sur le graphique (ou sur une reproduction de celui-ci). Si ce point se situe à l'extérieur de la zone d'acceptation définie par la courbe, rejeter le lot; dans le cas contraire, l'accepter.

Pour plus de facilité, il est recommandé, avant de commencer les opérations de contrôle, de recopier la courbe d'acceptation (ou de la dessiner) sur du papier millimétré et d'ajuster les échelles de façon que  $s$  et  $\bar{x}$  puissent être portés directement sur le graphique (la limite supérieure correspondra à 1,0 et la limite inférieure à 0 sur l'axe des  $\bar{x}$ ).

Porter les valeurs de  $s$  et de  $\bar{x}$  trouvées à partir de l'échantillon sur le graphique ainsi ajusté et, si le point correspondant se situe en dehors de la zone d'acceptation, rejeter le lot; dans le cas contraire, l'accepter.

#### NOTES

1 Pour les lettres-code B et C (c'est-à-dire effectifs d'échantillon 3 et 4), le tracé de la zone d'acceptation est limité par quatre lignes droites : l'axe des  $\bar{x}$ , la droite  $\bar{x} = L_s - ks$ , une droite parallèle à l'axe des  $\bar{x}$  et passant par l'ETM (voir table IV) et la droite  $\bar{x} = L_i + ks$ . La valeur de  $k$  est obtenue d'après la table II-A, II-B ou II-C.

2 En vue d'établir les courbes à une échelle correcte pour les valeurs les plus couramment utilisées dans la pratique, certaines courbes correspondant aux NQA 6,5 % et 10 % n'ont pas été tracées dans la présente Norme internationale (par exemple, graphique s-D). Cependant, la procédure permettant la construction de la courbe d'acceptation est donnée dans l'annexe B.

#### Exemple

La température minimale de fonctionnement d'un certain appareil est fixée à 60 °C et la température maximale est de 70 °C. Pour le contrôle, la production est fractionnée en lots conte-

nant 96 individus chacun. On doit employer le niveau de contrôle II, le contrôle normal avec un NQA de 1,5 %. D'après la table I-A, la lettre-code est F; en consultant la table I-B, on constate qu'un échantillon d'effectif 10 est nécessaire et, d'après la table IV, que la valeur de  $f$  pour l'ETM est de 0,276. Supposons que les mesures aient donné les résultats suivants : 63,5 °C; 62,0 °C; 65,2 °C; 61,7 °C; 69,0 °C; 67,1 °C; 60,0 °C; 66,4 °C; 62,8 °C; 68,0 °C. Il est demandé de déterminer si le critère d'acceptabilité est satisfait.

Renseignements nécessaires	Valeur obtenue
Effectif de l'échantillon : $n$	10
Moyenne de l'échantillon $\bar{x}$ : $\Sigma x/n$	64,57
Écart-type $s$ : $\sqrt{\Sigma (x - \bar{x})^2 / (n - 1)}$ (Voir chapitre A.2 de l'annexe A.)	3,01
Moyenne normalisée : $(\bar{x} - L_i) / (L_s - L_i)$	0,457
Écart-type normalisé : $s / (L_s - L_i)$	0,301
Valeur de $f$ pour l'ETM (voir table IV)	0,276
ETM = $f(L_s - L_i)$	2,76

La courbe d'acceptation appropriée figure sur le diagramme s-F.

Si, comme sur la figure 3, les échelles ont été graduées en mesures réelles, porter le point ( $s = 3,01$ ,  $\bar{x} = 64,57$ ). Ce point se situe en dehors de la courbe d'acceptation et le lot est rejeté. Il aurait d'ailleurs pu être rejeté dès qu'on s'est aperçu que  $s$  était supérieur à l'ETM.

Si les échelles du graphique d'acceptation ne sont pas ajustées aux valeurs particulières de  $s$  et de  $\bar{x}$ , les calculs supplémentaires suivants sont nécessaires :

$$\text{Moyenne normalisée : } (\bar{x} - L_i) / (L_s - L_i) = (64,57 - 60) / (70 - 60) = 0,457$$

$$\text{Écart-type normalisé : } s / (L_s - L_i) = 3,01 / (70 - 60) = 0,301$$

Le point (0,301, 0,457) est porté sur la figure 3.

Étant donné qu'il se situe à l'extérieur de la courbe d'acceptation correspondant à NQA = 1,5 %, le lot est rejeté.

NOTE — Ce lot est rejeté bien que tous les individus contrôlés de l'échantillon se trouvent à l'intérieur des limites de spécification.