Norme internationale ISO 3443/2

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

Tolérances pour le bâtiment — Partie 2 : Base statistique pour la prévision de possibilités d'assemblage entre composants, relevant d'une distribution normale des dimensions

Tolerances for building — Part 2 : Statistical basis for predicting fit between components having a normal distribution of sizes

Première édition — 1979-07-15

CDU 69 : 721.01 **Réf. nº : ISO 3443/2-1979 (F)**

Descripteurs : bâtiment, construction, joint, compatibilité, ajustement, tolérance de dimension, analyse statistique.

Prix basé sur 5 pages

ISO 3443/2-1979 (F)

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 3443/2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 59, *Construction immobilière*, et a été soumise aux comités membres en octobre 1977.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Espagne	Pologne
Allemagne, R.F.	Finlande	Portugal
Australie	Hongrie	Roumanie
Autriche	Israël	Royaume-Uni
Belgique	Italie	Suède
Canada	Japon	Tchécoslovaquie
Corée, Rép. de	Mexique	URSS
Danemark	Norvège	
Égypte, Rép. arabe d'	Nouvelle-Zélande	

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

France
Pays-Bas

Imprimé en Suisse

Cette Norme internationale fait partie d'une série concernant les tolérances pour les composants et les éléments de construction de variabilité prévisible. Cette série comprend :

ISO 1803, *Tolérances pour le bâtiment — Vocabulaire.*[1)]

ISO 3443/1, *Tolérances pour le bâtiment — Partie 1 : Principes fondamentaux de l'évaluation et de la spécification.*[2)]

ISO 4464, *Tolérances pour le bâtiment — Identification des tolérances et leurs relations entre elles.*[3)]

Il est envisagé qu'un groupe de normes de la série traite des méthodes de calcul des tolérances relatives aux dimensions de fabrication et sur la largeur de joint.[4)] Cette Norme internationale décrit les bases statistiques de telles méthodes de calcul; les normes ultérieures appartenant à ce groupe traiteront de modifications et de compléments à apporter à ces bases statistiques, pour tenir compte des divers facteurs rencontrés en pratique.

L'annexe est incluse à titre d'information et ne fait pas partie intégrante de cette Norme internationale.

1) En révision.

2) Actuellement au stade de projet.

3) En préparation.

4) Le terme «largeur de joint» est employé dans la présente Norme internationale parce que c'est le terme courant consacré par l'usage. Il convient de préciser qu'il indique ici la notion que l'ISO 2444 exprime par le terme peu usité «jeu de joint», défini comme suit :

jeu de joint : La distance entre les faces de joints de deux composants placés côte à côte ou superposés, qui est prise en considération en vue d'assurer l'ajustement.

Page blanche

Tolérances pour le bâtiment — Partie 2 : Base statistique pour la prévision de possibilités d'assemblage entre composants, relevant d'une distribution normale des dimensions

1 OBJET

La présente Norme internationale traite des caractéristiques fondamentales de la variabilité dimensionnelle dans le bâtiment et du cas particulier de la combinaison de variables aléatoires indépendantes; elle aborde le besoin de relier la variabilité dimensionnelle aux limites imposées aux largeurs des joints, de telle sorte que le joint remplisse sa fonction d'une façon satisfaisante.

2 DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme internationale s'applique pour toutes les formes de bâtiments qui ont une variabilité prévisible suivant une distribution gaussienne.

3 RÉFÉRENCE

ISO 3207, *Interprétation statistique des données — Détermination d'un intervalle statistique de dispersion.*

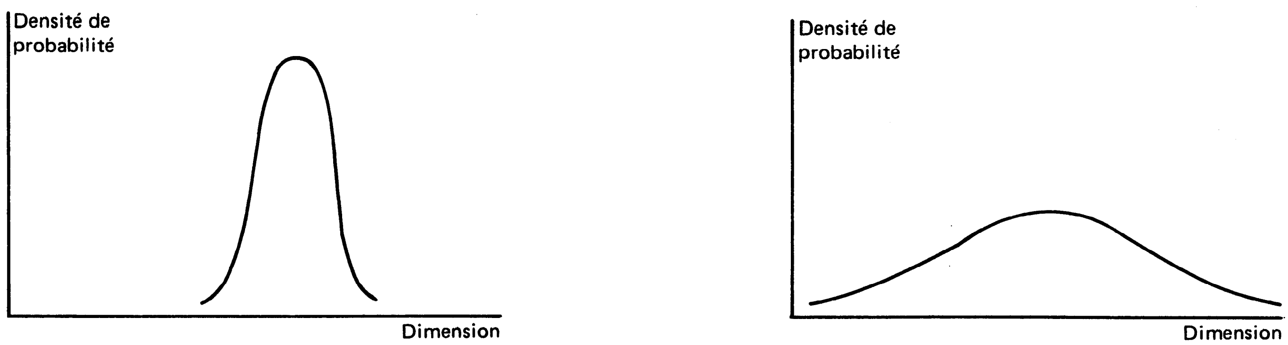
4 GÉNÉRALITÉS

Bien que cette Norme internationale ne traite pas en détail de l'étude des joints entre composants, il est admis que la forme d'un joint donné aura certaines limites entre lesquelles la largeur du joint requise doit se situer si l'on veut obtenir que le joint remplisse sa fonction d'une façon satisfaisante. La largeur du joint réalisé par un assemblage donné de composants, sera déterminée par la variabilité dimensionnelle (écarts, erreurs, imprécisions) de l'assemnlage. Le calcul de réglage est essentiellement un moyen d'accompagner la valeur requise pour la gamme des largeurs de joint, avec la largeur de joint qui est présumée résulter d'une variabilité dimensionnelle. Donc, la flexibilité dimensionnelle d'une technique de jonction s'exprime par les valeurs des largeurs de joint maximale et minimale, c'est-à-dire les limites de largeur entre lesquelles la performance du joint pourra être maintenue.

Tout dépassement des limites entraîne des anomalies. Par conséquent, l'étude ou le choix d'une technique de joint doit avoir pour objectif de faire cadrer le jeu qu'elle autorise avec le jeu qui a été prévu. Ce calcul de la compatibilité est applicable à la fois à la détermination d'une dimension de fabrication convenable pour un composant et des utilisations envisagés pour un composant existant, de dimension de fabrication connue, dans une situation connue.

5 VALEURS DES PROBABILITÉS ET DES ÉCARTS INDUITS

Dans de nombreux cas de production et de montage, les dimensions obtenues au cours d'un nombre d'essais suffisant suivent la loi normale de probabilité, dont la densité est représentée par la courbe de distribution normale (courbe de Gauss) (voir figure 1).



Écart-type faible

Écart-type important

FIGURE 1 — **Courbes de Gauss (Distribution normale pour différents écart-types)**

La loi normale est définie par deux paramètres : la moyenne et l'écart-type. La courbe de la densité de probabilité est symétrique par rapport à la moyenne, qui correspond au sommet de la courbe (voir figure 2). L'écart-type exprime le développement de la courbe.

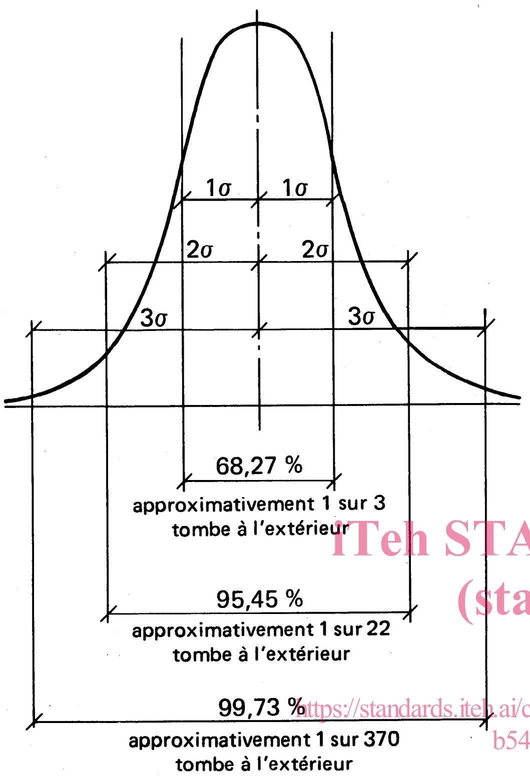


FIGURE 2 — **Limites correspondant à 1, 2 et 3 fois l'écart-type**

Si la valeur moyenne est décalée par rapport à la valeur spécifiée B, il existe un écart systématique [voir figure 3b)]. Si les valeurs s'appliquent à des dimensions distribuées suivant une loi normale de moyenne μ_s et d'écart-type σ_s, les écarts seront distribués suivant une loi normale de moyenne $\mu_d = \mu_s - B$ et d'écart-type $\sigma_d = \sigma_s$. Un écart systématique implique que μ_d est différent de zéro.

Si les paramètres sont connus, la probabilité d'échec (défauts) par rapport aux limites données est la somme des probabilités pour que l'une des deux limites soit dépassée [voir figure 3c)].

Ces deux paramètres de population des types de construction ou de composants ne peuvent pas être connus de manière précise et doivent être estimés à partir d'échantillons, étant donné que, par définition, les données de population se réfèrent à des populations infinies. Les paramètres peuvent être estimés avec une précision satisfaisante à partir d'échantillons de dimension convenable (voir ISO 3207) de telle construction ou tel composant. Les données ainsi obtenues se réfèrent aux «populations», et la question de savoir si les petits échantillons de construction, comme on les trouve sur le chantier sont représentatifs, ne se pose pas.

6 COMBINAISON DE VARIABLES ALÉATOIRES

Dans tout assemblage de composants dans le bâtiment, un certain nombre de variabilités dimensionnelles contribue à donner, en service, une variabilité résultante (par exemple, variabilité sur les dimensions et variabilité sur la position). Dans la plupart des cas ils sont le résultat d'opérations distinctes et peuvent être considérés comme survenant indépendamment, et de façon aléatoire. L'apparition d'une valeur extrême d'un écart dans chaque opération est peu fréquente. L'apparition simultanée de deux ou plusieurs valeurs extrêmes l'est beaucoup moins encore.

Il est tenu compte de cet aspect probabiliste et de la possibilité pour différents écarts de se compenser mutuellement, dans la théorie statistique de l'addition des erreurs aléatoires. Le résultat d'une telle combinaison de variables indépendantes est que la probabilité d'excéder un multiple donné de l'écart-type reste la même dans le cas d'une variable résultant d'une combinaison, que pour chaque constituant de la combinaison.

Cette théorie s'appuie sur le mesurage de toute variabilité par référence à l'écart-type, comme il a été indiqué précédemment. Elle établit que l'écart-type dû à la variabilité résultante (totale) (effet combiné de plusieurs variables) est égal à la racine carrée de la somme des carrés des écarts-types pris individuellement pour chacune des variables indépendantes :

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \ldots + \sigma_n^2}$$

L'écart-type correspond à la limite dépassée par environ un élément sur trois. Si l'écart-type sur la variabilité de la largeur de joint due aux écarts des composants est calculé selon la formule ci-dessus, il peut être multiplié par un facteur approprié pour donner les limites de la largeur de joint correspondant à un risque d'anomalie approprié.

Cela suppose que les écarts sur les composants suivent une distribution normale, sans que des limites finies soient imposées. Si l'on définit des limites, par exemple en fabrication, et que le peu d'unités dont les dimensions dépassent ces limites sont rejetées et ne sont pas transportées sur le lieu d'assemblage, le risque d'anomalie est marginalement meilleur que celui que donne le calcul.

Donc l'effet de l'ensemble de toutes les variabilités dans un assemblage, sur les joints de l'assemblage en question, peut être déterminé grâce à la probabilité pour que chaque limite de joint (largeurs de joint maximale ou minimale requises) soit dépassée. Par ces moyens, une base est donnée pour le choix des dimensions à obtenir (par exemple les dimensions de fabrication), pour le choix des techniques de joint (c'est-à-dire les gammes de largeurs de joints) et pour le contrôle de la variabilité.

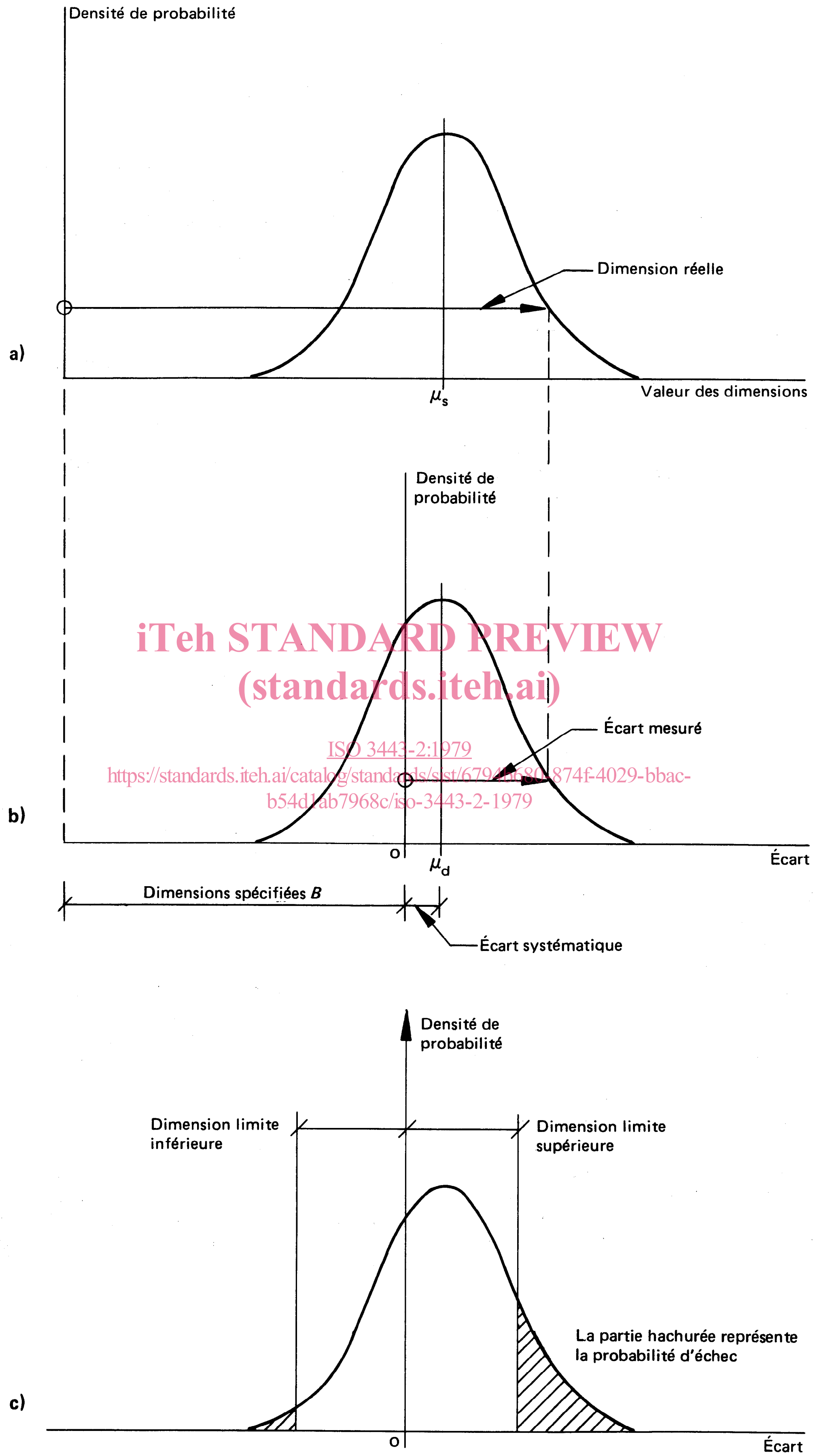


FIGURE 3 — **Répartition des valeurs des dimensions (a), répartition des écarts (b), et représentation des écarts limites (c)**

ANNEXE

ÉCHANTILLONNAGE ET CALCUL DE L'ÉCART-TYPE

A.1 GÉNÉRALITÉS

Le mesurage des échantillons est généralement un procédé routinier dans lequel on n'attache pas d'importance à la signification individuelle des valeurs trouvées. Il est de première nécessité que l'échantillon soit prélevé au hasard, de façon à ce qu'il soit considéré comme représentatif de la population dont il est issu[1)]. Les modèles probabilistes associés ressortent seulement quand les procédés statistiques sont appliqués aux données résultantes, et les paramètres de la distribution sont calculés. Les deux paramètres les plus couramment recherchés sont la moyenne arithmétique des valeurs et l'écart-type comme mesure de la variabilité ou de la dispersion. Les techniques décrites dans cette annexe s'appliquent seulement aux opérations sur les variables dont les écarts sont distribués suivant une loi normale.

La distribution normale des valeurs, décrite au chapitre 5, est le modèle qui se dégage quand un nombre suffisant d'essais aléatoires, pour atteindre un but, sont contrôlés en supposant que les résultats ne sont pas présentés de façon partiale. Plus le nombre d'observations est important, plus le modèle ressemble étroitement à ce qui est indiqué par la théorie. Une relation similaire s'applique quand un échantillon est utilisé pour estimer les propriétés de sa population-mère. L'information que donne un échantillon qui contient seulement quelques éléments n'est pas certaine. Il en résulte que les propriétés de la population dans de tels cas ne peuvent être évaluées qu'entre de larges valeurs limites, c'est-à-dire que la moyenne de la population et son écart-type peuvent être sensées varier vraisemblablement dans un intervalle englobant les valeurs calculées de la moyenne et de l'écart-type de l'échantillon. Lorsque l'on augmente les dimensions de l'échantillon, l'intervalle contenant probablement les véritables estimations sur la population se rétrécit.

Ces intervalles de valeurs sont définis par des limites de confiance appliquées à la moyenne et à l'écart-type calculés d'après l'échantillon. Ils sont, par exemple, établis pour un pourcentage de confiance de 95 %, signifiant qu'il y a 5 % de chance pour que les vraies valeurs de la population tombent au-delà de ces limites. Un niveau de confiance plus faible peut se révéler plus économique dans l'industrie du bâtiment. Les limites de confiance de la moyenne et de l'écart-type pour différents effectifs d'échantillon sont données dans l'ISO 3207.

A.2 ESTIMATION DE LA MOYENNE ET DE L'ÉCART-TYPE D'UNE POPULATION D'APRÈS UNE SÉRIE DE VALEURS OBSERVÉES

On prend les symboles suivants :

x_i est la valeur observée;

$\overline{x}$ est la moyenne arithmétique de la série de valeurs observées (c'est aussi la moyenne estimée de la population);

n est le nombre d'observations dans la série;

s est l'écart-type estimé de la population.

Les expressions de bases s'écrivent comme suit :

$$\overline{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i$$

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

Cependant, le calcul de l'écart-type à partir de cette expression est fastidieux si l'on emploie un grand nombre d'observations. Le calcul peut être facilité en utilisant les simplifications suivantes.

a) En calculant la moyenne et l'écart-type d'une série d'observations, on peut retrancher une constante de chaque observation au cours du calcul, à condition que cette constante soit ajoutée à la moyenne calculée. Ce procédé est appelé «changement d'origine» et après que les calculs aient été effectués, la constante doit être ajoutée à la moyenne calculée pour que celle-ci soit définie à nouveau par rapport à la précédente origine; l'écart-type n'est pas affecté par le changement d'origine.

b) Les valeurs observées peuvent être multipliées (ou divisées) par le même facteur, pourvu que la moyenne et l'écart-type, une fois calculés, soient divisées (ou multipliées) par le même facteur. Les unités suivant lesquelles les calculs sont effectués sont appelées habituellement des «unités de travail».

1) Dans certaines circonstances, il faudra prendre les précautions nécessaires pour assurer cette condition. Il faudra parfois choisir des articles selon les tables de nombres au hasard. Des techniques existent pour l'examen de résultats anormaux et pour le rejet de ceux-ci s'ils ne sont pas représentatifs. D'autres informations peuvent être obtenues dans des livres de statistiques ou de contrôle de la qualité.

c) L'expression $\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2$ est la somme des carrés des écarts observés par rapport à leur moyenne. Le calcul de cette expression peut être effectué plus simplement comme suit.

1) Effectuer la somme des carrés des valeurs observées [dans de nouvelles unités si des transformations telles que celles décrites en a) et b) ont eu lieu].

2) En soustraire $\frac{1}{n}$ x le carré de la somme des valeurs observées (en nouvelles unités s'il y a eu transformation).

L'expression finale de l'écart-type, dans ce cas, s'écrit donc

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma x_i^2 - \frac{(\Sigma x_i)^2}{n}}{n-1}}$$

ou, dans une forme plus appropriée à l'emploi d'une calculatrice de bureau,

$$s = \sqrt{\frac{n\, \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}{n\,(n-1)}}$$

A.3 EXEMPLE (limité à dix valeurs observées pour raison de simplicité)

Il est demandé de calculer la moyenne et l'écart-type des données suivantes :

Série de dimensions réelles d'un composant, mesurées en millimètres :

1 491,5	1 489,0	1 487,0	1 490,0	1 489,0
1 492,0	1 489,0	1 490,5	1 487,0	1 489,5

En prenant pour origine 1 490 et en multipliant chaque valeur par 2, les données deviennent, en unités de calcul* :

+ 3	− 2	− 6	0	− 2
+ 4	− 2	+ 1	− 6	− 1

Somme des écarts par rapport à la nouvelle origine (en tenant compte du signe)

$= -11$ unités de calcul

Somme des carrés des écarts par rapport à la nouvelle origine

$= 9 + 4 + 36 + 0 + 4 + 16 + 4 + 1 + 36 + 1$
$= 111$ (unités de calcul)^2

Somme des carrés des écarts par rapport à la moyenne

$= 111 - \frac{11^2}{10}$
$= 111 - 12{,}1$
$= 98{,}9$ (unités de calcul)^2

Écart-type, s

$= \sqrt{\frac{98{,}9}{9}}$
$= \sqrt{11}$
$= 3{,}32$ unités de calcul

Moyenne, $\bar{x}$, en millimètres,

$= 1\,490 - \frac{11}{2 \times 10}$
$= 1\,489{,}45$

Écart-type, s, en millimètres,

$= \frac{3{,}32}{2}$
$= 1{,}66$

* Dans cet exemple, l'unité de calcul choisie est 2 × 1 mm.