

---

Norme internationale



230/1

---

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

---

**Code de réception des machines-outils —  
Partie 1 : Précision géométrique des machines  
fonctionnant à vide ou dans des conditions de finition**

*Acceptance code for machine tools — Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions*

Première édition — 1986-09-01

---

CDU 621.9-187

Réf. n° : ISO 230/1-1986 (F)

Descripteurs : machine-outil, essai, mesurage de dimension, exactitude.

## 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 créé à cet effet. 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. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 230/1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*.

Elle annule et remplace la Recommandation ISO/R 230-1961, dont elle constitue une révision mineure.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

## Sommaire

	Page
<b>0</b> Introduction .....	1
<b>1</b> Objet et domaine d'application .....	1
<b>2</b> Considérations générales .....	1
<b>2.1</b> Définitions concernant les vérifications géométriques .....	1
<b>2.2</b> Procédés de contrôle et emploi des instruments de vérification .....	2
<b>2.3</b> Tolérances .....	2
<b>2.31</b> Tolérances sur les mesurages effectués dans les essais de machines-outils .	2
<b>2.311</b> Unités de mesure, étendues de mesurage .....	2
<b>2.312</b> Conventions concernant les tolérances .....	2
<b>2.32</b> Subdivision des tolérances .....	2
<b>2.321</b> Tolérances applicables aux pièces d'essais et aux parties fixes des machines-outils .....	2
<b>2.321.1</b> Tolérances de dimensions .....	2
<b>2.321.2</b> Tolérances de forme .....	3
<b>2.321.3</b> Tolérances de position .....	3
<b>2.321.4</b> Convention sur l'influence des défauts de forme dans la détermination des erreurs de position .....	3
<b>2.322</b> Tolérances applicables au mouvement d'un élément de machine-outil ....	3
<b>2.322.1</b> Tolérances de dimensions .....	3
<b>2.322.2</b> Tolérances de forme .....	3
<b>2.322.3</b> Tolérances de position .....	4
<b>2.322.4</b> Tolérances locales .....	4
<b>2.323</b> Tolérances cumulées ou tolérances globales .....	4
<b>2.324</b> Symboles et positions des tolérances pour les positions angulaires relatives des axes, glissières, etc. ....	4
<b>2.325</b> Position conventionnelle de l'opérateur .....	4
<b>3</b> Opérations préliminaires de contrôle .....	4
<b>3.1</b> Installation de la machine avant essai .....	4
<b>3.11</b> Nivellement .....	4
<b>3.2</b> État de la machine avant essai .....	5
<b>3.21</b> Démontage de certains organes .....	5
<b>3.22</b> Mise en température préalable de certains organes .....	5
<b>3.23</b> Fonctionnement et mise en charge .....	5
<b>4</b> Épreuves pratiques .....	5
<b>4.1</b> Exécution des épreuves .....	5
<b>4.2</b> Vérification des pièces des épreuves pratiques .....	5
<b>4.3</b> Importance des épreuves pratiques .....	5

5	Vérifications géométriques	6
5.1	Généralités	6
5.2	Rectitude	6
5.21	Rectitude d'une ligne dans deux plans	6
5.211	Définition	6
5.212	Procédés de mesure	6
5.212.1	Procédé de mesure par règle	6
5.212.2	Procédé de mesure par niveau ou par autocollimation	6
5.212.21	Contrôle au niveau	7
5.212.22	Contrôles optiques	8
5.212.3	Contrôle par fil tendu et microscope	9
5.213	Tolérance	9
5.22	Rectitude d'organes	10
5.221	Définition	10
5.222	Procédés de mesure	10
5.223	Tolérances	10
5.23	Rectitude de déplacement	10
5.231	Définitions	10
5.232	Procédés de mesure	10
5.232.1	Contrôle avec la règle et le comparateur à cadran	11
5.232.2	Contrôle avec le microscope et le fil tendu	11
5.232.3	Contrôle de la rectitude de déplacement des chariots de tour	11
5.233	Tolérance	12
5.3	Planéité	12
5.31	Définition	12
5.32	Procédés de mesure	12
5.321	Contrôle au moyen d'un marbre	12
5.322	Contrôle au moyen d'un faisceau de droites par déplacement d'une règle	12
5.323	Contrôle au moyen du niveau	12
5.324	Contrôle par procédés optiques	13
5.33	Tolérance	13
5.4	Parallélisme, équidistance et coïncidence	13
5.41	Parallélisme de lignes et de plans	13
5.411	Définitions	13
5.412	Procédés de mesure	13
5.412.1	Principe général concernant les axes	13
5.412.2	Parallélisme de deux plans	14
5.412.3	Parallélisme de deux axes	14
5.412.31	Contrôle dans un plan passant par les deux axes	14
5.412.32	Contrôle dans un deuxième plan perpendiculaire au premier	14
5.412.4	Parallélisme d'un axe et d'un plan	14
5.412.5	Parallélisme d'un axe à l'intersection de deux plans	14
5.412.6	Parallélisme de l'intersection de deux plans à un troisième plan	14
5.412.7	Parallélisme de deux droites formées chacune par l'intersection de deux plans	16
5.413	Tolérance	16

<b>5.42</b>	Parallélisme de mouvement .....	16
<b>5.421</b>	Définition .....	16
<b>5.422</b>	Procédés de mesure .....	16
<b>5.422.1</b>	Principe général .....	16
<b>5.422.2</b>	Parallélisme d'une trajectoire et d'un plan .....	16
<b>5.422.21</b>	Plan se trouvant sur l'organe mobile même .....	16
<b>5.422.22</b>	Plan ne se trouvant pas sur l'organe mobile .....	16
<b>5.422.3</b>	Parallélisme d'une trajectoire et d'un axe .....	16
<b>5.422.4</b>	Parallélisme d'une trajectoire et de l'intersection de deux plans .....	16
<b>5.422.5</b>	Parallélisme de deux trajectoires .....	16
<b>5.423</b>	Tolérance .....	18
<b>5.43</b>	Équidistance .....	18
<b>5.431</b>	Définition .....	18
<b>5.432</b>	Procédés de mesure .....	18
<b>5.432.1</b>	Cas général .....	18
<b>5.432.2</b>	Cas particulier de l'équidistance de deux axes au plan de pivotement d'un des axes .....	18
<b>5.433</b>	Tolérance .....	18
<b>5.44</b>	Coïncidence ou alignement .....	19
<b>5.441</b>	Définition .....	19
<b>5.442</b>	Procédé de mesure .....	19
<b>5.443</b>	Tolérance .....	19
<b>5.5</b>	Perpendicularité .....	20
<b>5.51</b>	Perpendicularité de droites et de plans .....	20
<b>5.511</b>	Définition .....	20
<b>5.512</b>	Procédés de mesure .....	20
<b>5.512.1</b>	Principe général .....	20
<b>5.512.2</b>	Perpendicularité de deux plans .....	21
<b>5.512.3</b>	Perpendicularité de deux axes .....	21
<b>5.512.31</b>	Les deux axes sont fixes .....	21
<b>5.512.32</b>	Un des deux axes est un axe de rotation .....	21
<b>5.512.4</b>	Perpendicularité d'un axe à un plan .....	21
<b>5.512.41</b>	Axe fixe .....	21
<b>5.512.42</b>	Axe de rotation .....	22
<b>5.512.5</b>	Perpendicularité d'un axe à l'intersection de deux plans .....	22
<b>5.512.51</b>	Axe fixe .....	22
<b>5.512.52</b>	Axe de rotation .....	22
<b>5.512.6</b>	Perpendicularité de l'intersection de deux plans à un troisième plan .....	22
<b>5.512.7</b>	Perpendicularité de deux droites formées chacune par l'intersection de deux plans .....	22
<b>5.513</b>	Tolérance .....	22
<b>5.52</b>	Perpendicularité de mouvement .....	22
<b>5.521</b>	Définition .....	22
<b>5.522</b>	Procédés de mesure .....	24
<b>5.522.1</b>	Principe général .....	24
<b>5.522.2</b>	Perpendicularité d'une trajectoire à un plan .....	24
<b>5.522.3</b>	Perpendicularité d'une trajectoire à un axe .....	24
<b>5.522.4</b>	Perpendicularité de deux trajectoires .....	24

<b>5.523</b>	Tolérance .....	24
<b>5.6</b>	Rotation .....	25
<b>5.61</b>	Faux-rond de rotation .....	25
<b>5.611</b>	Définitions .....	25
<b>5.611.1</b>	Faux-rond de forme .....	25
<b>5.611.2</b>	Excentricité .....	25
<b>5.611.3</b>	Battement radial d'un axe en un de ses points .....	25
<b>5.611.4</b>	Faux-rond de rotation d'une pièce dans une section droite donnée .....	25
<b>5.612</b>	Procédés de mesure .....	26
<b>5.612.1</b>	Précautions avant contrôle .....	26
<b>5.612.2</b>	Surface extérieure .....	26
<b>5.612.3</b>	Surface intérieure .....	26
<b>5.613</b>	Tolérance .....	27
<b>5.62</b>	Déplacement axial périodique .....	27
<b>5.621</b>	Définitions .....	27
<b>5.621.1</b>	Jeu axial minimal .....	27
<b>5.621.2</b>	Déplacement axial périodique .....	27
<b>5.622</b>	Procédés de mesure .....	27
<b>5.622.1</b>	Principe général .....	27
<b>5.622.2</b>	Applications .....	28
<b>5.623</b>	Tolérance .....	29
<b>5.63</b>	Voile .....	29
<b>5.631</b>	Définitions .....	29
<b>5.631.1</b>	Voile d'une surface plane astreinte à tourner autour d'un axe .....	29
<b>5.632</b>	Procédé de mesure .....	29
<b>5.633</b>	Tolérance .....	30
<b>6</b>	Contrôles spéciaux .....	30
<b>6.1</b>	Division .....	30
<b>6.11</b>	Définition des erreurs .....	30
<b>6.111</b>	Erreur individuelle de division .....	30
<b>6.112</b>	Erreur successive de division .....	30
<b>6.113</b>	Erreur locale de division dans un intervalle donné .....	31
<b>6.114</b>	Erreur cumulée .....	31
<b>6.115</b>	Erreur totale de division .....	31
<b>6.116</b>	Représentation graphique de ces erreurs .....	31
<b>6.12</b>	Procédés de mesure .....	32
<b>6.13</b>	Tolérance .....	32
<b>6.2</b>	Précision des déplacements rectilignes des organes commandés par vis .....	32
<b>6.3</b>	Jeu angulaire .....	33
<b>6.31</b>	Définition .....	33
<b>6.32</b>	Procédé de mesure .....	33
<b>6.33</b>	Tolérance .....	33
<b>6.4</b>	Fidélité des mécanisme d'indexage angulaire (par exemple tourelles) .....	33
<b>6.41</b>	Définition .....	33
<b>6.42</b>	Procédés de mesure .....	33
<b>6.43</b>	Tolérance .....	33

<b>6.5</b>	Intersection d'axes .....	33
<b>6.51</b>	Définition .....	33
<b>6.52</b>	Procédé de mesure .....	33
<b>6.53</b>	Tolérance .....	33

#### **Annexe : Instruments de vérification pour les essais de machines-outils**

<b>A.1</b>	Généralités .....	34
<b>A.2</b>	Règles de contrôle .....	34
<b>A.21</b>	Description .....	34
<b>A.22</b>	Précision .....	34
<b>A.221</b>	Valeur de la flèche admissible .....	34
<b>A.222</b>	Planéité et rectitude des faces de mesure .....	34
<b>A.223</b>	Parallélisme des faces utiles .....	34
<b>A.224</b>	Rectitude des faces latérales .....	34
<b>A.225</b>	Parallélisme des faces latérales .....	34
<b>A.226</b>	Perpendicularité des faces latérales aux faces utiles .....	34
<b>A.227</b>	État de surface des faces utiles aux mesurages .....	34
<b>A.228</b>	Largeur de la règle .....	35
<b>A.23</b>	Précautions d'emploi .....	35
<b>A.3</b>	Mandrins de contrôle .....	38
<b>A.31</b>	Description .....	38
<b>A.32</b>	Précision .....	39
<b>A.33</b>	Précautions d'emploi .....	39
<b>A.4</b>	Cylindres entre-pointes .....	42
<b>A.41</b>	Description .....	42
<b>A.42</b>	Précision .....	43
<b>A.43</b>	Précautions d'emploi .....	43
<b>A.5</b>	Équerres .....	44
<b>A.51</b>	Description .....	44
<b>A.52</b>	Précision .....	44
<b>A.521</b>	Tolérance de planéité ou de rectitude .....	44
<b>A.522</b>	Tolérance de perpendicularité .....	44
<b>A.523</b>	État de surface des faces utiles .....	44
<b>A.524</b>	Tolérance de rigidité des équerres à deux bras .....	45
<b>A.53</b>	Précautions d'emploi .....	45
<b>A.6</b>	Niveaux de précision .....	45
<b>A.61</b>	Description .....	45
<b>A.62</b>	Précision .....	45
<b>A.63</b>	Précautions d'emploi .....	46
<b>A.7</b>	Comparateurs à cadran .....	46
<b>A.71</b>	Description .....	46
<b>A.72</b>	Précision .....	46
<b>A.73</b>	Précautions d'emploi .....	46

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 230-1:1986

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e285d348-4558-4ad7-9c82-5ab289c865bb/iso-230-1-1986>



# Code de réception des machines-outils — Partie 1: Précision géométrique des machines fonctionnant à vide ou dans des conditions de finition

## 0 Introduction

L'ISO 230, qui a pour but d'unifier les conditions techniques d'examen lors de la réception des caractéristiques de toutes les machines-outils à l'exclusion des machines portables en travail, a la structure suivante :

Partie 1: Précision géométrique des machines fonctionnant à vide ou dans des conditions de finition.

Partie 2: Détermination de la précision et de la répétabilité de positionnement des machines-outils à commande numérique.<sup>1)</sup>

Partie 3: Précision de la machine fonctionnant en charge.<sup>2)</sup>

Partie 4: Vibration.<sup>2)</sup>

Partie 5: Bruit.<sup>1)</sup>

Partie 6: Sécurité.<sup>2)</sup>

## 1 Objet et domaine d'application

La présente partie de l'ISO 230 a pour but d'unifier les conditions techniques d'examen de la précision géométrique des machines-outils fonctionnant à vide ou dans des conditions de finition, à l'aide des vérifications géométriques et des épreuves pratiques.

Une *machine-outil* est une machine, non portable en travail, actionnée par une source extérieure d'énergie et permettant l'usinage du métal, du bois, etc., par enlèvement de matière ou par déformation.

La présente partie de l'ISO 230 ne vise en principe que les machines travaillant le métal par enlèvement de matière. N'y figurent pas notamment les modalités particulières applicables aux machines travaillant par déformation et aux machines à bois.

Par *vérifications géométriques*, on entend les vérifications de dimensions, de formes et de positions d'organes ainsi que celles de leurs déplacements relatifs. Elles comprennent toutes les opérations qui intéressent les organes de la machine (planéité de surface, coïncidence et intersection d'axes, parallélisme et perpendicularité entre elles de lignes droites et de surfaces planes...). Elles ne concernent toutefois que les dimensions, les formes, les positions et les déplacements relatifs susceptibles d'intervenir dans la précision du travail de la machine.

Quant aux *épreuves pratiques*, elles consistent en l'exécution de pièces-types répondant aux opérations fondamentales pour lesquelles la machine a été conçue et ayant des cotes et des tolérances déterminées.

NOTE — La présente partie de l'ISO 230 ne concerne que le contrôle de la précision proprement dite. En particulier, elle ne traite ni de l'examen du fonctionnement de la machine (vibrations, bruits anormaux, points durs dans les déplacements d'organes), ni de celui des caractéristiques (vitesses, avances), examens qui doivent en principe précéder celui de la précision de la machine.

Après des considérations générales sur les définitions, sur les procédés et les instruments de vérification ainsi que sur les tolérances, la présente partie de l'ISO 230 traite d'une façon plus développée des opérations de contrôle, des épreuves pratiques, des vérifications géométriques ainsi que de quelques contrôles spéciaux. Les instruments de vérification propres aux machines-outils font l'objet de l'annexe.

NOTE — La présente partie de l'ISO 230 donne essentiellement une sélection recommandée de méthodes d'essai au moyen de vérifications géométriques. L'attention est d'ailleurs attirée sur le fait que si les vérifications géométriques font l'objet de longs développements, il n'en est pas de même des épreuves pratiques; car le problème du contrôle des pièces d'essai aux points de vue positions, dimensions et formes se trouve traité dans tous les ouvrages courants de métrologie.

## 2 Considérations générales

### 2.1 Définitions concernant les vérifications géométriques

Il y a lieu de faire une distinction entre les définitions géométriques et ce qu'il est convenu dans la présente partie de l'ISO 230, d'appeler définitions métrologiques.

La *définition géométrique* est abstraite et ne concerne que les lignes et surfaces immatérielles. De ce fait, une définition géométrique présente des difficultés d'application, quelquefois insurmontables. Elle ne tient compte ni des réalités de la construction ni des possibilités de vérification.

La *définition métrologique* a un caractère concret car elle prend en considération les lignes et surfaces réelles accessibles à la mesure. Elle englobe dans un même résultat tous les défauts

1) Actuellement au stade de projet.

2) En préparation.

micro- et macro-géométriques. Elle permet d'atteindre un résultat qui englobe toutes les causes d'erreur sans en faire la discrimination, dont le soin peut être laissé au constructeur.

Néanmoins, pour éviter toute confusion et pour clarifier le langage, quelques définitions géométriques (faux-rond de rotation, déplacement axial périodique, etc.) ont été maintenues dans la présente partie de l'ISO 230, mais les méthodes d'essai, les instruments de vérification et les tolérances sont exposés en se basant sur des définitions métrologiques.

## 2.2 Procédés de contrôle et emploi des instruments de vérification

Lors des essais d'une machine-outil, si les procédés de mesure permettent seulement de vérifier que les tolérances ne sont pas dépassées (calibres à limites, par exemple) ou bien dans le cas où les écarts réels ne pourraient être déterminés que par des mesurages de haute précision nécessitant un temps considérable, on peut se contenter, au lieu de faire un mesurage, de s'assurer que les limites de la tolérance ne sont pas dépassées.

Il est précisé que les erreurs de mesurage provenant tant des instruments que des procédés utilisés doivent être prises en considération dans les essais. L'appareil de mesure ne doit pas donner lieu à des erreurs de mesurage dépassant une fraction convenue de la tolérance à vérifier. La précision des appareils utilisés étant très variable d'un laboratoire à l'autre, chaque appareil sera de préférence muni d'une feuille d'étalonnage.

Il importe d'opérer à l'abri des courants d'air et des radiations thermiques ou lumineuses perturbatrices (rayons de soleil, lampes d'éclairage trop rapprochées, etc.) et de laisser, avant de faire des lectures, stabiliser convenablement les températures des instruments de mesure utilisés. La machine elle-même doit être convenablement protégée contre les effets de la chaleur extérieure.

Un essai donné doit, de préférence, être répété, le résultat du contrôle s'obtenant en faisant la moyenne des mesurages. Il importe toutefois que les différents mesurages ne présentent pas entre eux de trop grands écarts, sinon on recherchera la cause de ces écarts, soit dans le procédé, soit dans l'appareil de contrôle, soit encore dans la machine-outil elle-même.

## 2.3 Tolérances

### 2.3.1 Tolérances sur les mesurages effectués dans les essais de machines-outils

Les tolérances, qui limitent les écarts à des valeurs ne pouvant être dépassées, se rapportent aux dimensions, formes, positions et déplacements qui sont essentiels quant à la précision du travail et à la fixation des outils, des éléments et accessoires importants.

Il existe également des tolérances qui s'appliquent seulement aux pièces d'essais.

#### 2.3.1.1 Unités de mesure, étendues de mesurage

Il est nécessaire d'indiquer dans l'établissement des tolérances :

- l'unité dont on se sert;
- la base de référence et la valeur de la tolérance ainsi que la position de cette tolérance par rapport à la base de référence;
- l'étendue sur laquelle s'étend le mesurage.

La tolérance et l'étendue sur laquelle s'étend la vérification doivent être exprimées dans le même système d'unités. Les tolérances ne doivent être explicitées, notamment celles concernant les dimensions, que lorsqu'elles ne peuvent être précisées par simple référence aux normes ISO des organes de machine. Celles relatives aux angles doivent être exprimées à l'aide des unités d'angle : degré, minute, seconde (un tour = 360°), ou à l'aide de leurs tangentes (micromètres ou millimètres par mètre pour les pays utilisant le système métrique, inch par 10 in ou inch par foot pour les pays utilisant le système inch-foot).

Lorsqu'on a la tolérance pour une étendue donnée, on doit déterminer la tolérance pour une autre étendue peu différente au moyen de la règle de proportionnalité. Pour des étendues nettement différentes de l'étendue de référence, la règle de proportionnalité ne peut être appliquée : les tolérances doivent être, dans le cas de petites étendues plus larges et, dans le cas de grandes étendues, moins larges que celles qui résulteraient de l'application de cette règle.

#### 2.3.1.2 Conventions concernant les tolérances

**Les tolérances englobent les erreurs inhérentes aux instruments de mesure et aux procédés de contrôle utilisés. Les erreurs de mesurage doivent en conséquence être comprises dans les tolérances garanties (voir 2.2).**

Exemple :

**Tolérance de faux-rond de rotation :**  $X \mu\text{m}$

Inexactitude de l'instrument y compris l'incertitude de mesurage :  $Y \mu\text{m}$

Différence maximale permise dans les indications de l'instrument au cours du contrôle  $(X - Y) \mu\text{m}$

On doit négliger l'erreur des étalons (cales-étalons, disques de référence, etc.), ainsi que l'inexactitude des mesurages de comparaison faits dans la salle de métrologie; on doit négliger aussi l'influence de l'inexactitude de forme des parties de la machine utilisées comme surfaces de mesure, ainsi que de celles masquées par les palpeurs et surfaces d'appui des instruments de mesure.

L'écart effectif est la moyenne arithmétique de plusieurs mesurages effectués en négligeant les causes d'erreurs ci-dessus.

On doit choisir comme *bases de référence* des lignes ou des surfaces définies sur la machine-outil (par exemple, ligne des pointes d'un tour, broche d'une aléuseuse, glissière d'une raboteuse, etc.). Le sens de la tolérance doit être défini conformément aux conventions de 2.3.25.

#### 2.3.2 Subdivision des tolérances

##### 2.3.2.1 Tolérances applicables aux pièces d'essais et aux parties fixes des machines-outils

###### 2.3.2.1.1 Tolérances de dimensions

Les tolérances de dimensions indiquées dans la présente partie de l'ISO 230 se rapportent exclusivement aux cotes des pièces d'essais des épreuves pratiques et aux cotes de raccordement des outils de coupe et des instruments de vérification susceptibles d'être montés sur la machine (cône de broche, alésages de

toirelle). Elles limitent les écarts permis par rapport à la cote nominale. Elles doivent être exprimées en unités de longueur (par exemple, écarts de diamètres des portées et alésages, pour le montage et le centrage des outils).

Les tolérances de dimensions intérieures et extérieures des parties cylindriques et parallélépipédiques doivent être données conformément aux règles prescrites par le comité technique ISO/TC 10, *Dessins techniques*. En particulier, on doit indiquer les écarts ou utiliser les symboles ISO.

Exemple :

$$80 \begin{matrix} + 0,012 \\ - 0,007 \end{matrix} \text{ ou } 80 \text{ j6}$$

### 2.321.2 Tolérances de forme

Les tolérances de forme limitent les écarts permis par rapport à la forme géométrique théorique (par exemple, écarts par rapport à un plan, à une ligne droite, à un cylindre de révolution, à un profil de filet ou de denture). Elles doivent être exprimées en unités de longueur ou en unités d'angle. Selon la dimension de la surface du palpeur ou des supports, une partie seulement de l'erreur de forme est mise en évidence. Dans le cas d'exigences particulières de précision, la grandeur de cette surface de palpement doit être indiquée.

D'une façon générale, la surface de la touche de palpement doit être proportionnée à la précision et à la dimension de la surface à vérifier (un marbre de métrologie et une table de grosse raboteuse ne se contrôlent pas à partir de la même surface de palpement).

### 2.321.3 Tolérances de position

Les tolérances de position limitent les écarts permis concernant la position d'un organe par rapport à une ligne, un plan ou un autre organe de la machine (par exemple, écart de parallélisme, écart de perpendicularité, d'alignement, etc.). Elles doivent être exprimées en unités de longueur ou d'angle.

Lorsqu'on définit une tolérance de position par deux mesures dans deux plans différents, la tolérance doit être dans chacun des plans lorsque les écarts par rapport à ces deux plans influencent de manière différente la précision de travail de la machine.

NOTE — Lors de la détermination d'une position par rapport à des surfaces qui sont entachées d'erreurs de forme, il faut tenir compte de ces dernières pour la fixation de la tolérance de position.

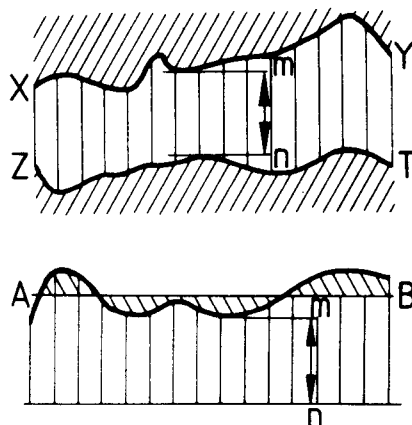


Figure 1

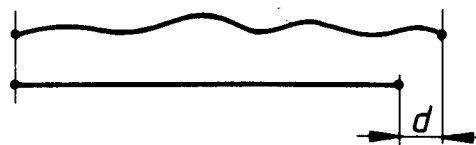


Figure 2

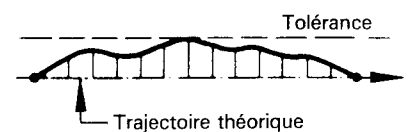


Figure 3

### 2.321.4 Convention sur l'influence des défauts de forme dans la détermination des erreurs de position

Lorsqu'on veut déterminer les écarts de position de deux surfaces ou de deux lignes (voir figure 1, lignes XY et ZT), l'appareil de mesure donne des lectures englobant automatiquement une partie des erreurs de forme. On doit fixer, en principe, que la vérification doit porter uniquement sur l'erreur totale, celle-ci englobant les erreurs de forme des deux surfaces ou des deux lignes. La tolérance doit, en conséquence, tenir compte des tolérances de forme affectées aux surfaces intervenant dans la mesure. (On peut évidemment, si on le juge utile, s'assurer par des contrôles préalables des défauts de forme des lignes et des surfaces, dont on se propose de déterminer les positions relatives.)

En reportant sur un graphique (voir figure 1) les différentes indications mn de l'instrument de contrôle, on obtient une courbe telle que AB. On convient, sauf indication contraire, que l'erreur se détermine en remplaçant cette courbe par la droite qui rend les écarts quadratiques minimaux.

### 2.322 Tolérances applicables au mouvement d'un élément de machine-outil

#### 2.322.1 Tolérances de dimensions

La tolérance de dimensions limite l'écart permis entre la position atteinte par un point de la partie mobile et celle qu'il aurait dû occuper après le mouvement.

Exemples

1 Décalage  $d$ , en fin de course, de la position d'un chariot de tour par rapport à celle qu'il aurait dû atteindre sous l'action de la vis de commande (voir figure 2).

2 Angle de rotation d'une broche par rapport au déplacement angulaire d'un plateau diviseur qui lui est accouplé.

#### 2.322.2 Tolérances de forme

Les tolérances de forme limitent les écarts de la trajectoire effective d'un point par rapport à la trajectoire théorique (voir figure 3). Elles doivent être données en unités de longueur.

### 2.322.3 Tolérances de position

Les tolérances de position limitent les écarts permis entre la trajectoire d'un point de la partie mobile et la direction prescrite (par exemple, écart de parallélisme entre la trajectoire et une ligne ou une surface) (voir figure 4). Elles doivent être exprimées en unités d'angle ou, de préférence, par la tangente caractérisant un trajet sur une longueur déterminée de mesurage.

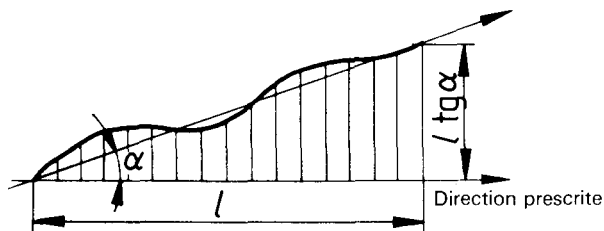


Figure 4

### 2.322.4 Tolérances locales

En ce qui concerne les tolérances de forme et de position, on indique, en général, une tolérance se rapportant à l'ensemble de la forme ou de la position (par exemple, dans le cas d'une rectitude ou d'une planéité, 0,03/1 000). Il convient d'observer que la vérification peut faire ressortir un écart (voir figure 5), non réparti sur l'ensemble de la forme ou de la position, mais concentré sur une faible longueur de celle-ci (200 mm par exemple). Si l'on tient à proscrire de tels défauts, qui pratiquement se rencontrent très rarement, il y a lieu de compléter la tolérance globale par l'indication d'une tolérance locale, ou alors d'admettre, par simple convention, que la tolérance locale reste proportionnelle à la tolérance globale sans qu'elle puisse descendre au-dessous d'un minimum à préciser (le centième ou le demi-centième de millimètre, par exemple). Dans le cas susvisé, relatif à une rectitude, le défaut local ne doit pas, dans ces conditions, excéder :

$$\frac{0,03}{1\ 000} \times 200 = 0,006\ \text{mm}$$

On doit se contenter de vérifier, si l'on a convenu que le minimum à respecter pour le type de machine en cause est le centième de millimètre, que le défaut local ne dépasse pas cette quantité.

Pratiquement, les défauts localisés sont imperceptibles par le fait que les surfaces d'appui ou de palpation des appareils de mesure les recouvrent. Lorsque les surfaces de palpation sont petites (palpeurs d'un comparateur à cadran ou d'un micro-indicateur), il faut que l'aménagement pour les mesures soit tel que le palpeur suive une surface d'une quantité de surface élevée (une règle de mesure, un mandrin de contrôle, etc.).

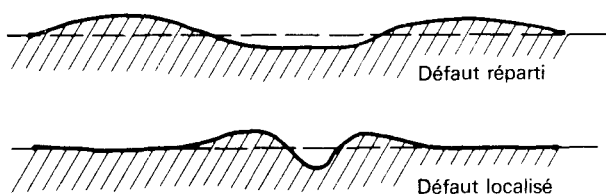


Figure 5

### 2.323 Tolérances cumulées ou tolérances globales

Les tolérances cumulées sont celles qui constituent la résultante de plusieurs écarts, cette résultante pouvant être déterminée par un seul mesurage sans qu'il soit nécessaire de connaître chacun des écarts partiels.

Exemple (voir figure 6) : La tolérance pour le faux-rond de rotation d'un arbre est la résultante de la tolérance de forme (faux-rond du cercle de palpation ab), de la tolérance de position (non-coïncidence de l'axe géométrique et de l'axe de rotation de l'arbre) et de la tolérance de faux-rond de forme de l'alésage du coussinet.

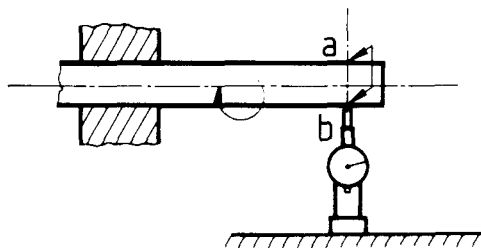


Figure 6

### 2.324 Symboles et positions des tolérances pour les positions angulaires relatives des axes, glissières, etc.

Dans le cas où la position de la tolérance par rapport à la position nominale est symétrique, le signe  $\pm$  peut être employé. Si la position est asymétrique, celle-ci doit être clairement précisée, en toutes lettres,

- soit par rapport à la machine ou à l'un des organes de la machine;
- soit par rapport à l'opérateur, dans la position conventionnelle.

### 2.325 Position conventionnelle de l'opérateur

Pour chaque type de machine, une position conventionnelle de l'opérateur doit être définie. L'avant de la machine doit être la partie de cette machine qui fait face à l'opérateur. La droite de la machine doit être la partie qui se trouve à sa droite. L'arrière et la gauche de la machine doivent être les parties opposées à celles définies précédemment.

## 3 Opérations préliminaires de contrôle

### 3.1 Installation de la machine avant essai

Avant de procéder aux essais d'une machine-outil, il est essentiel d'asseoir la machine sur des fondations convenables et de la niveler conformément aux indications du constructeur.

#### 3.11 Nivellement

L'opération préliminaire de mise en place de la machine doit comporter (voir 3.1) un nivellement précis qui est essentiellement fonction du genre de machine auquel on a affaire.

Dans le cas du tour, on doit rendre horizontal (ou on met à l'inclinaison convenable) le plan des glissières avant et arrière, le chariot étant placé au milieu du banc. En utilisant les vérins et les boulons de fixation on doit s'efforcer de rendre horizontales les portions extrêmes des glissières et de remédier si nécessaire à la torsion du banc. À cet effet, le niveau doit occuper successivement (voir figure 7) les positions longitudinales a, b, c et d, ainsi que les positions transversales e et f.

C'est après avoir effectué cette mise en place préliminaire que l'on peut procéder au contrôle de la rectitude des glissières (ou de la rectitude du déplacement du chariot). Il convient d'observer que cette opération de contrôle reste difficilement séparable du processus de mise en place lui-même, notamment dans le cas des bancs de grandes dimensions. On a en effet fréquemment recours aux vérins répartis le long du banc pour effectuer des corrections locales au fur et à mesure de la progression du contrôle des glissières.

Dans le cas de la fraiseuse, on doit rendre sensiblement horizontale la table de la machine, cette opération étant simplement destinée à faciliter par la suite les opérations de contrôle.

D'une manière générale, il y a lieu de se conformer aux instructions du constructeur tant pour la mise en place correcte de la machine que pour la réalisation des fondations convenables qui, dans certains cas, sont indispensables.

### 3.2 État de la machine avant essai

#### 3.21 Démontage de certains organes

Les essais doivent s'effectuer, en principe, sur la machine complètement terminée; il n'est donc procédé qu'exceptionnellement, en accord avec le constructeur, à des démontages d'organes (par exemple, démontage de la table d'une rectifieuse en vue du contrôle des glissières).

#### 3.22 Mise en température préalable de certains organes

Ce que l'on désire étudier, c'est la précision de la machine-outil placée dans des conditions aussi voisines que possible de celles du fonctionnement normal au point de vue lubrification et échauffement. Aussi bien lors des vérifications géométriques que lors de l'exécution des épreuves pratiques, les organes, broches notamment, susceptibles de s'échauffer et, par conséquent, susceptibles de changer de position ou de forme, doivent être au préalable mis en température par un fonctionnement à vide de la machine, conformément aux conditions d'emploi et aux indications du constructeur.

#### 3.23 Fonctionnement et mise en charge

Les vérifications géométriques doivent s'effectuer, suivant le cas, sur la machine au repos ou tournant à vide, et lorsque le

constructeur le spécifie, on doit charger la machine avec une ou plusieurs pièces d'essai, notamment dans le cas des machines de grande capacité.

## 4 Épreuves pratiques

### 4.1 Exécution des épreuves

Les épreuves pratiques doivent porter sur des pièces dont l'exécution ne comprend pas d'autres opérations que celles pour lesquelles la machine est construite. Destinées à permettre de juger de la précision dont la machine-outil est capable, elles doivent correspondre aux opérations de finition pour lesquelles la machine a été conçue. (Il est d'une importance primordiale que ces épreuves soient exécutées de bonne foi.)

Le nombre des pièces fabriquées ou éventuellement le nombre de passes à exécuter sur une pièce donnée doit être tel qu'il soit possible de déterminer la précision moyenne d'exécution, après avoir, si nécessaire, tenu compte de l'usure de l'outil utilisé.

La nature des pièces à fabriquer, leurs dimensions, leur matière et la précision à obtenir, ainsi que les conditions de coupe, doivent faire l'objet d'une convention entre constructeur et usager, sauf s'il existe déjà des prescriptions fixées par l'ISO.

### 4.2 Vérification des pièces des épreuves pratiques

La vérification des pièces des épreuves pratiques doit être effectuée à l'aide d'instruments de mesure choisis en rapport avec le genre de mesurage à effectuer et avec la précision à vérifier.

Les tolérances visées en 2.321, notamment en 2.321.1 et 2.321.2, sont valables pour ces vérifications.

### 4.3 Importance des épreuves pratiques

Les résultats des épreuves pratiques et des vérifications géométriques ne peuvent être comparés que dans la mesure où ces deux genres d'essais ont le même objet. Il est d'ailleurs des cas où, pour des questions de coût ou de difficultés techniques dans la conduite des essais, la précision d'une machine se vérifie uniquement par des vérifications géométriques ou uniquement par des épreuves pratiques.

Si les essais d'une machine à l'aide des vérifications géométriques et des épreuves pratiques, ayant le même objet, ne donnent pas les mêmes résultats, les résultats obtenus par l'exécution des épreuves pratiques doivent être acceptés comme les seuls valables.

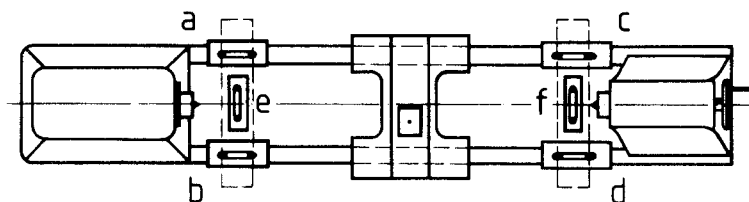


Figure 7

## 5 Vérifications géométriques

### 5.1 Généralités

Chaque vérification géométrique d'une propriété donnée concernant la forme, la position ou le déplacement des lignes ou des surfaces de la machine, c'est-à-dire la

- rectitude (voir 5.2),
- planéité (voir 5.3),
- parallélisme, équidistance et coïncidence (voir 5.4),
- perpendicularité (voir 5.5),
- rotation (voir 5.6),

fait l'objet d'une définition<sup>1)</sup>, d'un procédé de mesure et du mode de fixation de la tolérance.

Il a été indiqué pour chaque essai au moins un procédé de mesure, en faisant simplement ressortir les principes et les appareils utilisés.

Quand d'autres procédés de mesure sont employés, leur précision doit être au moins égale à celle des procédés indiqués dans la présente partie de l'ISO 230.

Bien que les procédés de mesure exposés aient été, dans un but de simplification, choisis d'une façon systématique parmi ceux qui ne font intervenir que les instruments de contrôle les plus élémentaires et les plus répandus dans les ateliers courants de mécanique, tels que règles, équerres, mandrins, cylindres entrepointes, niveaux et comparateurs à cadran, il convient d'observer que d'autres méthodes, notamment celles faisant appel à des appareils optiques, sont aujourd'hui couramment utilisées dans les ateliers de montage et les services de vérification. Les contrôles portant sur certains éléments de machines de grandes dimensions exigent le plus souvent l'emploi d'appareils plus appropriés pour pouvoir être conduits d'une façon convenable et avec rapidité.

### 5.2 Rectitude

Les vérifications géométriques portant sur la rectitude sont les suivantes :

- rectitude d'une ligne dans deux plans, voir 5.21;
- rectitude d'organes, voir 5.22;
- rectitude de déplacement, voir 5.23.

#### 5.21 Rectitude d'une ligne dans deux plans

##### 5.211 Définition

*Une ligne est réputée droite sur une longueur donnée* quand la variation de la distance de ses points à deux plans perpendiculaires, parallèles à la direction générale de la ligne, reste au-dessous d'une valeur donnée pour chaque plan.

*Les plans de référence* doivent être choisis de manière que leur intersection soit parallèle à la ligne droite joignant deux points convenablement placés sur la ligne à contrôler et au voisinage des extrémités de l'étendue de mesure.

1) Voir aussi 2.1.

### 5.212 Procédés de mesure

Employer

- a) pour les longueurs inférieures à 1 600 mm ou 63 in :  
le niveau de précision ou une règle de contrôle conformes aux normes ISO ou éventuellement aux normes nationales en vigueur;
- b) pour les longueurs supérieures à 1 600 mm ou 63 in :  
les méthodes par niveau ou par procédés optiques (autocollimation, microscope et fil tendu).

#### 5.212.1 Procédé de mesure par règle

La règle doit être placée sur deux cales situées si possible aux points correspondant à la flèche minimale.

Le mesurage doit s'effectuer en faisant voyager le long de la règle un cavalier prenant appui par un point sur la surface à mesurer et portant un comparateur dont la touche appuie sur la règle (voir figure 8).

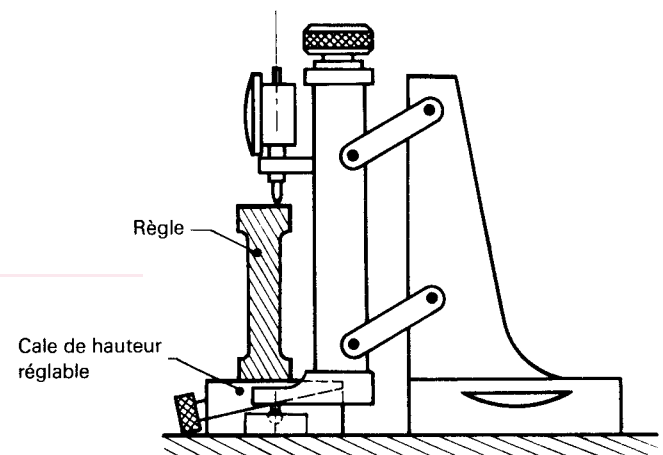


Figure 8

La règle peut être disposée de façon à obtenir des lectures identiques aux deux extrémités de la ligne (à l'aide de cales réglables, par exemple); les écarts de la ligne AMB par rapport à la droite AB joignant les deux points extrêmes peuvent alors être lus directement [voir figure 9a)].

La règle peut également être disposée sans chercher à obtenir des lectures identiques aux deux extrémités de la ligne; un graphique qui permet de rapporter les écarts à la droite AB [voir figure 9b)] doit être alors dressé.

#### 5.212.2 Procédé de mesure par niveau ou par autocollimation

Dans la méthode par niveau, le plan de référence est le plan horizontal, tel qu'il est défini par le niveau.

Dans la méthode par autocollimation, la ligne de référence est un rayon lumineux.

Le mesurage doit se faire de proche en proche en des points équidistants. On doit tracer ensuite, sur le diagramme des angles ou des relevés, la direction générale XY de la ligne contrôlée AB (voir figure 10).

Les écarts MN mesurés perpendiculairement à cette direction ne doivent pas dépasser la tolérance imposée.

**5.212.21 Contrôle au niveau**

1) Cas d'une ligne sensiblement horizontale

La droite initiale de référence est constituée par la ligne omx, o et m étant deux points pris sur la ligne à vérifier (voir figure 11).

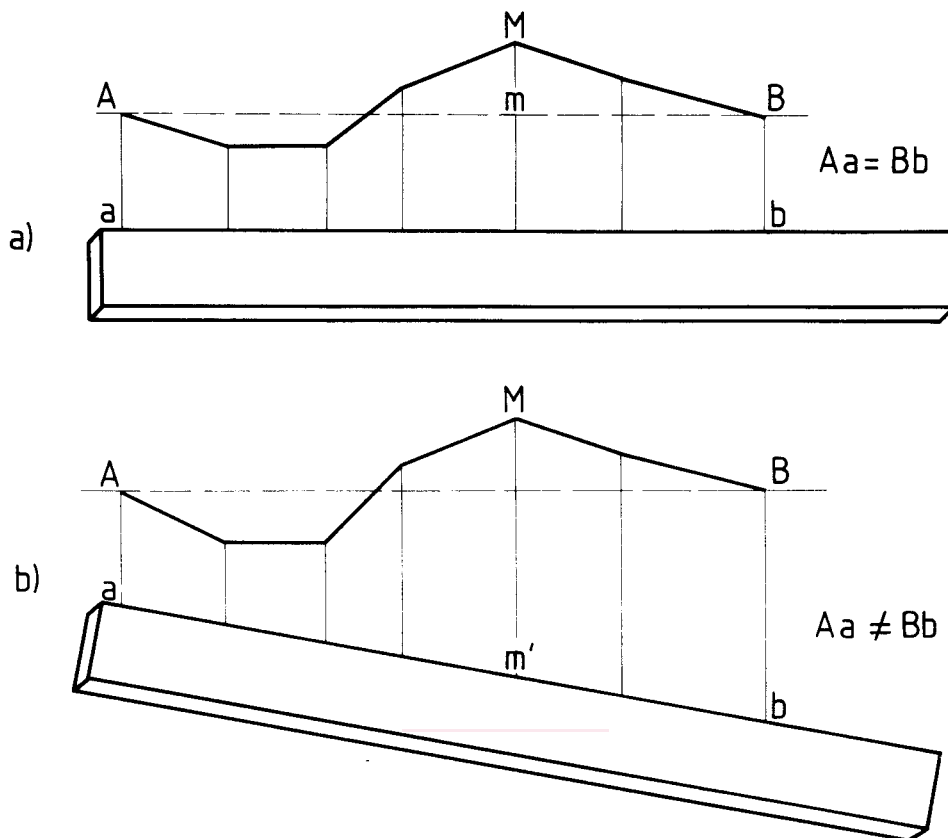


Figure 9

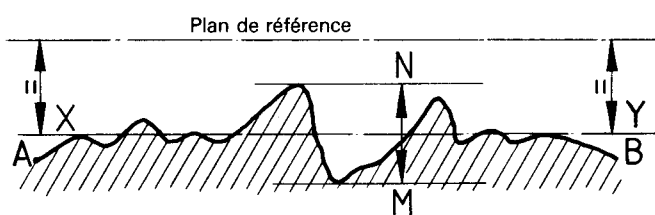


Figure 10

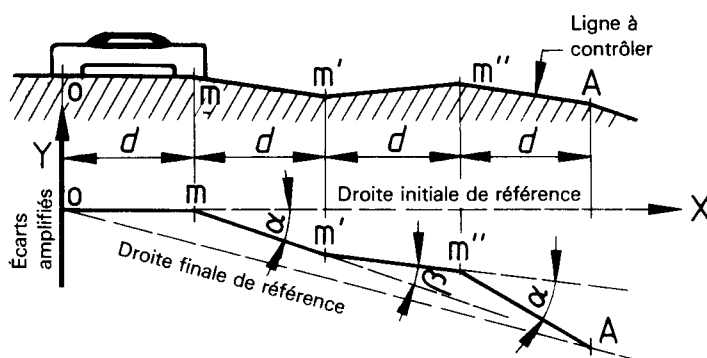


Figure 11