

---

---

**Code d'essai des machines-outils —**

**Partie 1:**

Précision géométrique des machines  
fonctionnant à vide ou dans des conditions de

finition

**(standards.iteh.ai)**

*Test code for machine tools —*

*ISO 230-1:1996*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60a72f63-2466-42d0-9ae8-9c504eed326/iso-230-1-1996>  
Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions



## Sommaire

Page

<b>1</b>	Domaine d'application .....	<b>1</b>
<b>2</b>	Considérations générales .....	<b>1</b>
<b>2.1</b>	Définitions concernant les essais géométriques .....	<b>1</b>
<b>2.2</b>	Procédés de contrôle et emploi des instruments de mesure .....	<b>1</b>
<b>2.3</b>	Tolérances .....	<b>2</b>
<b>2.31</b>	Tolérances sur les mesurages effectués dans les essais de machines-outils.....	<b>2</b>
<b>2.311</b>	Unités de mesure et étendue des mesurages .....	<b>2</b>
<b>2.312</b>	Conventions concernant les tolérances.....	<b>2</b>
<b>2.32</b>	Subdivision des tolérances .....	<b>2</b>
<b>2.321</b>	Tolérances applicables aux pièces d'essais et aux composants isolés des machines-outils.....	<b>2</b>
<b>2.321.1</b>	Tolérances de dimensions .....	<b>2</b>
<b>2.321.2</b>	Tolérances de forme .....	<b>3</b>
<b>2.321.3</b>	Tolérances de position .....	<b>3</b>
<b>2.321.4</b>	Influence des défauts de forme dans la détermination des erreurs de position .....	<b>3</b>
<b>2.321.5</b>	Tolérances locales .....	<b>3</b>
<b>2.322</b>	Tolérance applicable au déplacement d'un élément de machine-outil .....	<b>4</b>
<b>2.322.1</b>	Tolérance de positionnement .....	<b>4</b>
<b>2.322.11</b>	Tolérances de répétabilité.....	<b>4</b>
<b>2.322.2</b>	Tolérances de forme de trajectoire.....	<b>4</b>
<b>2.322.3</b>	Tolérances de position relative d'un mouvement rectiligne .....	<b>5</b>
<b>2.322.4</b>	Tolérance locale de déplacement d'un élément .....	<b>5</b>
<b>2.323</b>	Tolérances totales ou tolérances globales.....	<b>5</b>
<b>2.324</b>	Symboles et positions des tolérances pour les positions angulaires relatives des axes, glissières, etc. ....	<b>5</b>
<b>2.325</b>	Définition conventionnelle des axes et des mouvements .....	<b>5</b>

© ISO 1996

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

<b>3</b>	Opérations préliminaires .....	<b>5</b>
<b>3.1</b>	Installation de la machine avant essai .....	<b>5</b>
<b>3.11</b>	Nivellement .....	<b>5</b>
<b>3.2</b>	État de la machine avant essai .....	<b>5</b>
<b>3.21</b>	Démontage de certains organes.....	<b>5</b>
<b>3.22</b>	Mise en température préalable de certains organes .....	<b>6</b>
<b>3.23</b>	Fonctionnement et mise en charge.....	<b>6</b>
<b>4</b>	Essais d'usinage .....	<b>6</b>
<b>4.1</b>	Exécution des essais .....	<b>6</b>
<b>4.2</b>	Vérification des pièces des essais d'usinage .....	<b>6</b>
<b>5</b>	Essais géométriques .....	<b>6</b>
<b>5.1</b>	Généralités.....	<b>6</b>
<b>5.2</b>	Rectitude.....	<b>7</b>
<b>5.21</b>	Rectitude d'une ligne dans un plan ou dans l'espace.....	<b>7</b>
<b>5.211</b>	Définition.....	<b>7</b>
<b>5.211.1</b>	Rectitude d'une ligne dans un plan.....	<b>7</b>
<b>5.211.2</b>	Rectitude d'une ligne dans l'espace.....	<b>7</b>
<b>5.212</b>	Procédés de mesure de la rectitude.....	<b>7</b>
<b>5.212.1</b>	Procédés basés sur un mesurage de longueur .....	<b>8</b>
<b>5.212.11</b>	Méthode de la règle (anciennement 5.212.1).....	<b>8</b>
<b>5.212.111</b>	Mesure dans un plan vertical.....	<b>8</b>
<b>5.212.112</b>	Mesure dans un plan horizontal.....	<b>8</b>
<b>5.212.12</b>	Méthode du fil tendu et du microscope (anciennement 5.212.3).....	<b>8</b>
<b>5.212.13</b>	Méthode du télescope d'alignement.....	<b>10</b>
<b>5.212.14</b>	Technique du laser d'alignement.....	<b>11</b>
<b>5.212.15</b>	Technique par interférométrie laser.....	<b>11</b>
<b>5.212.2</b>	Méthodes reposant sur la mesure d'angles .....	<b>11</b>
<b>5.212.21</b>	Méthode du niveau de précision.....	<b>12</b>
<b>5.212.22</b>	Méthode d'autocollimation .....	<b>12</b>
<b>5.212.23</b>	Méthode de l'interféromètre à laser (mesure d'angle).....	<b>12</b>
<b>5.213</b>	Tolérance .....	<b>13</b>
<b>5.213.1</b>	Définition.....	<b>13</b>
<b>5.213.2</b>	Détermination de la tolérance.....	<b>13</b>
<b>5.22</b>	Rectitude d'organes.....	<b>13</b>
<b>5.221</b>	Définition.....	<b>13</b>
<b>5.222</b>	Procédés de mesure de la rectitude.....	<b>13</b>
<b>5.222.1</b>	Rainures de référence ou surface de référence des tables.....	<b>13</b>
<b>5.222.2</b>	Glissières .....	<b>14</b>

<b>5.222.21</b>	Surfaces en V.....	<b>14</b>
<b>5.222.22</b>	Surfaces cylindriques.....	<b>15</b>
<b>5.222.23</b>	Surfaces verticales isolées.....	<b>15</b>
<b>5.222.24</b>	Configuration de banc incliné.....	<b>15</b>
<b>5.222.3</b>	Tolérances.....	<b>16</b>
<b>5.23</b>	Rectitude de déplacement.....	<b>16</b>
<b>5.231</b>	Définitions.....	<b>16</b>
<b>5.231.1</b>	Écart de position.....	<b>16</b>
<b>5.231.2</b>	Écarts linéaires.....	<b>16</b>
<b>5.231.3</b>	Écarts angulaires.....	<b>16</b>
<b>5.232</b>	Procédés de mesure.....	<b>16</b>
<b>5.232.1</b>	Procédés de mesure des écarts linéaires.....	<b>16</b>
<b>5.232.11</b>	Vérification par règle et comparateur (anciennement 5.232.1).....	<b>16</b>
<b>5.232.12</b>	Vérification par microscope et fil tendu (anciennement 5.232.2).....	<b>16</b>
<b>5.232.13</b>	Vérification par télescope d'alignement.....	<b>16</b>
<b>5.232.14</b>	Vérification par laser.....	<b>16</b>
<b>5.232.15</b>	Vérification par mesures d'angles.....	<b>17</b>
<b>5.232.2</b>	Procédés de mesure des écarts angulaires.....	<b>17</b>
<b>5.232.21</b>	Vérification par niveau de précision.....	<b>17</b>
<b>5.232.22</b>	Vérification par autocollimateur.....	<b>17</b>
<b>5.232.23</b>	Vérification par laser.....	<b>17</b>
<b>5.233</b>	Tolérance.....	<b>17</b>
<b>5.233.1</b>	Tolérance de rectitude de déplacement incluant les écarts linéaires.....	<b>17</b>
<b>5.233.2</b>	Tolérance de rectitude de déplacement incluant les écarts angulaires.....	<b>17</b>
<b>5.3</b>	Planéité.....	<b>17</b>
<b>5.31</b>	Définition.....	<b>17</b>
<b>5.32</b>	Procédés de mesure.....	<b>18</b>
<b>5.321</b>	Contrôle au moyen d'un marbre.....	<b>18</b>
<b>5.321.1</b>	Contrôle au moyen d'un marbre et d'un comparateur.....	<b>18</b>
<b>5.322</b>	Contrôle au moyen d'une ou plusieurs règles.....	<b>18</b>
<b>5.322.1</b>	Contrôle au moyen d'un faisceau de droites par déplacement d'une règle (anciennement 5.322).....	<b>18</b>
<b>5.322.2</b>	Contrôle, au moyen de règles, d'un niveau de précision et d'un comparateur.....	<b>19</b>
<b>5.323</b>	Contrôle au moyen d'un niveau de précision.....	<b>19</b>
<b>5.323.1</b>	Contrôle de surfaces rectangulaires.....	<b>19</b>
<b>5.323.2</b>	Contrôle de surfaces planes à contours circulaires.....	<b>20</b>
<b>5.324</b>	Contrôle de planéité par des procédés optiques.....	<b>20</b>

<b>5.324.1</b>	Contrôle au moyen d'un autocollimateur .....	<b>20</b>
<b>5.324.2</b>	Contrôle au moyen d'une équerre optique à balayage .....	<b>21</b>
<b>5.324.3</b>	Contrôle par laser d'alignement .....	<b>21</b>
<b>5.324.4</b>	Contrôle au moyen d'un système de mesure à laser .....	<b>21</b>
<b>5.325</b>	Contrôle au moyen d'une machine à mesurer.....	<b>22</b>
<b>5.33</b>	Tolérance .....	<b>22</b>
<b>5.4</b>	Parallélisme, équidistance et coïncidence .....	<b>23</b>
<b>5.41</b>	Parallélisme de lignes et de plans.....	<b>23</b>
<b>5.411</b>	Définitions.....	<b>23</b>
<b>5.412</b>	Procédés de mesure.....	<b>23</b>
<b>5.412.1</b>	Principe général concernant des axes .....	<b>23</b>
<b>5.412.2</b>	Parallélisme de deux plans .....	<b>23</b>
<b>5.412.21</b>	Règle et comparateur .....	<b>24</b>
<b>5.412.22</b>	Niveau de précision.....	<b>24</b>
<b>5.412.3</b>	Parallélisme de deux axes .....	<b>24</b>
<b>5.412.31</b>	Plan passant par deux axes .....	<b>24</b>
<b>5.412.32</b>	Deuxième plan perpendiculaire au premier .....	<b>24</b>
<b>5.412.4</b>	Parallélisme d'un axe et d'un plan .....	<b>25</b>
<b>5.412.5</b>	Parallélisme d'un axe à l'intersection de deux plans .....	<b>25</b>
<b>5.412.6</b>	Parallélisme de l'intersection de deux plans à un troisième plan .....	<b>25</b>
<b>5.412.7</b>	Parallélisme de deux droites formées chacune par l'intersection de deux plans.....	<b>26</b>
<b>5.413</b>	Tolérance .....	<b>26</b>
<b>5.42</b>	Parallélisme de mouvement .....	<b>26</b>
<b>5.421</b>	Définition.....	<b>26</b>
<b>5.422</b>	Procédés de mesure.....	<b>26</b>
<b>5.422.1</b>	Généralités.....	<b>26</b>
<b>5.422.2</b>	Parallélisme d'une trajectoire et d'un plan.....	<b>27</b>
<b>5.422.21</b>	Plan se trouvant sur l'organe mobile même.....	<b>27</b>
<b>5.422.22</b>	Plan ne se trouvant pas sur l'organe mobile.....	<b>27</b>
<b>5.422.3</b>	Parallélisme d'une trajectoire et d'un axe.....	<b>27</b>
<b>5.422.4</b>	Parallélisme d'une trajectoire et de l'intersection de deux plans .....	<b>28</b>
<b>5.422.5</b>	Parallélisme de deux trajectoires .....	<b>28</b>
<b>5.423</b>	Tolérance .....	<b>28</b>
<b>5.43</b>	Équidistance.....	<b>28</b>
<b>5.431</b>	Définition.....	<b>28</b>
<b>5.432</b>	Procédés de mesure.....	<b>28</b>
<b>5.432.1</b>	Cas général .....	<b>28</b>

5.432.2	Cas particulier de l'équidistance de deux axes au plan de pivotement d'un des axes .....	28
5.433	Tolérance .....	29
5.44	Coaxilité, coïncidence ou alignement .....	29
5.441	Définition.....	29
5.442	Procédé de mesure .....	29
5.443	Tolérance .....	30
5.5	Perpendicularité .....	30
5.51	Perpendicularité de droites et de plans .....	30
5.511	Définition.....	30
5.512	Procédés de mesure.....	30
5.512.1	Généralités.....	30
5.512.2	Perpendicularité de deux plans .....	31
5.512.3	Perpendicularité de deux axes.....	31
5.512.31	Les deux axes sont fixes .....	31
5.512.32	Un des deux axes est un axe de rotation .....	31
5.512.4	Perpendicularité d'un axe à un plan .....	31
5.512.41	Axe fixe.....	31
5.512.42	Axe de rotation .....	32
5.512.5	Perpendicularité d'un axe à l'intersection de deux plans.....	32
5.512.51	Axe fixe.....	32
5.512.52	Axe de rotation .....	32
5.512.6	Perpendicularité de l'intersection de deux plans à un troisième plan.....	32
5.512.7	Perpendicularité de deux droites formées chacune par l'intersection de deux plans.....	32
5.513	Tolérance .....	32
5.52	Perpendicularité de mouvement.....	33
5.521	Définition.....	33
5.522	Procédés de mesure.....	33
5.522.1	Généralités.....	33
5.522.2	Perpendicularité de la trajectoire d'un point à un plan.....	33
5.522.3	Perpendicularité de la trajectoire d'un point à un axe.....	33
5.522.4	Perpendicularité de deux trajectoires .....	33
5.523	Tolérance .....	34
5.6	Rotation.....	34
5.61	Faux-rond de rotation.....	34
5.611	Définitions.....	34
5.611.1	Faux-rond de forme .....	34

<b>5.611.2</b>	Excentricité .....	<b>34</b>
<b>5.611.3</b>	Battement radial d'un axe en un point donné.....	<b>34</b>
<b>5.611.4</b>	Faux-rond de rotation d'une pièce dans une section donnée..	<b>34</b>
<b>5.612</b>	Procédés de mesure.....	<b>35</b>
<b>5.612.1</b>	Précautions avant vérification.....	<b>35</b>
<b>5.612.2</b>	Surface extérieure .....	<b>35</b>
<b>5.612.3</b>	Surface intérieure .....	<b>35</b>
<b>5.613</b>	Tolérance .....	<b>36</b>
<b>5.62</b>	Déplacement axial périodique.....	<b>36</b>
<b>5.621</b>	Définitions.....	<b>36</b>
<b>5.621.1</b>	Jeu axial minimal.....	<b>36</b>
<b>5.621.2</b>	Déplacement axial périodique.....	<b>36</b>
<b>5.622</b>	Procédés de mesure.....	<b>36</b>
<b>5.622.1</b>	Généralités.....	<b>36</b>
<b>5.622.2</b>	Applications.....	<b>37</b>
<b>5.623</b>	Tolérance .....	<b>37</b>
<b>5.63</b>	Voile .....	<b>37</b>
<b>5.631</b>	Définitions.....	<b>37</b>
<b>5.632</b>	Procédé de mesure .....	<b>38</b>
<b>5.633</b>	Tolérance.....	<b>38</b>
<b>6</b>	Essais spéciaux.....	<b>38</b>
<b>6.1</b>	Division .....	<b>38</b>
<b>6.11</b>	Définition des erreurs .....	<b>38</b>
<b>6.111</b>	Erreur individuelle de division .....	<b>38</b>
<b>6.112</b>	Erreur successive de division .....	<b>38</b>
<b>6.113</b>	Erreur locale de division.....	<b>38</b>
<b>6.114</b>	Erreur cumulée .....	<b>39</b>
<b>6.115</b>	Erreur totale de division .....	<b>39</b>
<b>6.116</b>	Représentation graphique de ces erreurs.....	<b>40</b>
<b>6.12</b>	Procédés de mesure.....	<b>40</b>
<b>6.13</b>	Tolérance .....	<b>40</b>
<b>6.2</b>	Précision des écarts de déplacements rectilignes des organes commandés par vis .....	<b>40</b>
<b>6.3</b>	Jeu angulaire.....	<b>41</b>
<b>6.31</b>	Définition.....	<b>41</b>
<b>6.32</b>	Procédé de mesure (contrôle du dispositif d'indexage).....	<b>41</b>
<b>6.33</b>	Tolérance .....	<b>41</b>

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 230-1:1996  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60a72f63-2466-42d0-9ae9-9cc504ead326/iso-230-1-1996>

<b>6.4</b>	Répétabilité des dispositifs à indexage angulaire .....	<b>41</b>
<b>6.41</b>	Définition.....	<b>41</b>
<b>6.42</b>	Procédés de mesure.....	<b>41</b>
<b>6.43</b>	Tolérance .....	<b>41</b>
<b>6.5</b>	Intersection d'axes .....	<b>41</b>
<b>6.51</b>	Définition.....	<b>41</b>
<b>6.52</b>	Procédé de mesure .....	<b>42</b>
<b>6.521</b>	Mesure directe .....	<b>42</b>
<b>6.522</b>	Mesure indirecte.....	<b>42</b>
<b>6.53</b>	Tolérance .....	<b>42</b>
<b>6.6</b>	Circularité.....	<b>42</b>
<b>6.61</b>	Définition.....	<b>42</b>
<b>6.62</b>	Procédés de mesure sur pièce.....	<b>42</b>
<b>6.621</b>	Machine de mesure de la circularité à capteur rotatif ou table tournante .....	<b>42</b>
<b>6.622</b>	Machine à mesurer.....	<b>42</b>
<b>6.623</b>	Projection du profil.....	<b>43</b>
<b>6.624</b>	Méthode des cales en V.....	<b>43</b>
<b>6.63</b>	Mesure de mouvements circulaires commandés numériquement.....	<b>43</b>
<b>6.631</b>	Capteur rotatif unidimensionnel.....	<b>43</b>
<b>6.632</b>	Gabarit circulaire et capteur bidimensionnel.....	<b>43</b>
<b>6.633</b>	Barre télescopique à billes.....	<b>43</b>
<b>6.7</b>	Cylindricité .....	<b>45</b>
<b>6.71</b>	Définition.....	<b>45</b>
<b>6.72</b>	Procédés de mesure.....	<b>45</b>
<b>6.721</b>	Machine à mesurer.....	<b>45</b>
<b>6.722</b>	Machine de mesure de la circularité à capteur rotatif ou à table tournante .....	<b>46</b>
<b>6.723</b>	Méthode des cales en V.....	<b>46</b>
<b>6.8</b>	Cohérence des diamètres d'usinage .....	<b>46</b>
<b>6.81</b>	Définition.....	<b>46</b>
<b>6.82</b>	Procédés de mesure.....	<b>46</b>
<b>6.821</b>	Micromètre ou instrument équivalent de mesure en deux points.....	<b>46</b>
<b>6.822</b>	Jauge de profondeur.....	<b>46</b>
 <b>Annexes</b>		
<b>A</b>	Instruments et appareils de vérification pour les essais de machines-outils.....	<b>47</b>
<b>A.1</b>	Généralités .....	<b>47</b>



<b>A.2</b>	Règles .....	<b>47</b>
<b>A.3</b>	Mandrins de contrôle coniques .....	<b>50</b>
<b>A.4</b>	Cylindres entre-pointes .....	<b>54</b>
<b>A.5</b>	Équerres .....	<b>55</b>
<b>A.6</b>	Niveaux de précision .....	<b>56</b>
<b>A.7</b>	Capteurs à déplacement linéaire .....	<b>57</b>
<b>A.8</b>	Marbres .....	<b>58</b>
<b>A.9</b>	Microscopes à fil tendu .....	<b>59</b>
<b>A.10</b>	Télescopes d'alignement .....	<b>59</b>
<b>A.11</b>	Autocollimateurs .....	<b>61</b>
<b>A.12</b>	Équerres optiques à balayage .....	<b>61</b>
<b>A.13</b>	Interféromètres à laser .....	<b>62</b>
<b>B</b>	Bibliographie .....	<b>65</b>

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

[ISO 230-1:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60a72f63-2466-42d0-9ae9-9cc504eed326/iso-230-1-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60a72f63-2466-42d0-9ae9-9cc504eed326/iso-230-1-1996>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 230-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*, sous-comité SC 2, *Conditions de réception des machines travaillant par enlèvement de métal*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 230-1:1986), dont elle constitue une révision technique.

L'ISO 230 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Code d'essai des machines-outils*:

- *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*
- *Partie 3: Évaluation des effets thermiques*
- *Partie 4: Essais de circularité des machines-outils à commande numérique*
- *Partie 5: Détermination de l'émission de bruit*

Les annexes A et B de la présente partie de l'ISO 230 sont données uniquement à titre d'information.

## Introduction

Après quelques considérations préliminaires sur les définitions, les méthodes d'essai, l'utilisation des instruments de mesure et les tolérances, la présente partie de l'ISO 230 traite d'une façon plus développée des opérations préliminaires, des essais géométriques, des essais d'usinage et de certains essais spéciaux.

L'annexe A fournit des renseignements sur les instruments et équipements à utiliser pour ces essais.

Par essais 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.

La numérotation des articles de l'ISO 230-1:1986 a été respectée dans la mesure du possible. Les modifications portent surtout sur les paragraphes 5.2 et 5.3, et les anciens numéros de paragraphes sont indiqués entre parenthèses dans le sommaire.

Page blanche

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

ISO 230-1:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60a72f63-2466-42d0-9ae9-9cc504eed326/iso-230-1-1996>

# Code d'essai des machines-outils —

## Partie 1:

### Précision géométrique des machines fonctionnant à vide ou dans des conditions de finition

#### 1 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 essais d'usinage. Les méthodes peuvent également être appliquées à d'autres types de machines industrielles nécessitant des vérifications géométriques et des essais d'usinage.

La présente partie de l'ISO 230 couvre les machines non portatives en travail, actionnées 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 concerne que la vérification de la précision géométrique. En particulier, elle ne traite ni de l'examen du fonctionnement de la machine (vibrations, 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.

Toute méthode non décrite dans la présente partie de l'ISO 230 peut être utilisée si l'on peut démontrer qu'elle présente les mêmes avantages ou des avantages supérieurs pour mesurer les attributs à étudier.

#### 2 Considérations générales

##### 2.1 Définitions concernant les essais 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 micro- et macrogéométriques. 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 mesure

Lors des essais d'une machine-outil, si les procédés de mesure permettent seulement de vérifier que les tolérances ne sont pas dépassées (par exemple calibres à limites) 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 variant 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, se stabiliser convenablement les températures des instruments de mesure utilisés. La machine elle-même doit être convenablement protégée contre les effets des variations de température extérieure.

Un mesurage 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 mesure, soit encore dans la machine-outil elle-même.

Pour de plus amples détails, voir l'annexe A.

## 2.3 Tolérances

### 2.31 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.

#### 2.311 Unités de mesure et étendue des mesurages

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) ou à l'aide de leur tangente (millimètres par millimètres).

Lorsqu'on a la tolérance pour une étude 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 la 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.

### 2.312 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:  $x$  mm

Inexactitude de l'instrument  $y$  compris l'incertitude de mesurage:  $y$  mm

Différence maximale permise dans les indications de l'instrument au cours du contrôle:  $(x - y)$  mm

Les erreurs dues aux inexactitudes des mesures comparatives en laboratoire et aux inexactitudes de forme des parties de la machine utilisées comme surfaces de mesure,  $y$  compris celles masquées par les palpeurs et les points d'appui des instruments de mesure, doivent être prises en compte.

L'écart effectif est la moyenne arithmétique de plusieurs mesurages effectués en tenant compte des 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 2.324.

## 2.32 Subdivision des tolérances

### 2.321 Tolérances applicables aux pièces d'essais et aux composants isolés des machines-outils

On notera que les règles d'indication des tolérances géométriques sur les dessins données dans l'ISO 1101 s'appliquent à la précision géométrique de chaque pièce. Ces règles doivent être respectées sur les dessins de fabrication.

#### 2.321.1 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 essais d'usinage et aux cotes de raccordement des outils de coupe et des instruments de mesure susceptibles d'être montés sur la machine (cône de broche, alésages de tourelle).

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 écarts doivent être indiqués sous forme numérique ou à l'aide des symboles donnés dans l'ISO 286-1.

#### EXEMPLE

$$80_{-0,007}^{+0,012} \text{ ou } 80j6$$

### 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 d'engrenage). Elles doivent être exprimées en unités de longueur ou en unités d'angle. Selon la dimension de la surface du palpeur ou d'appui, 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 palpation doit être indiquée.

D'une façon générale, la surface et la forme du palpeur doivent être proportionnées à la microgéométrie 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 palpation).

### 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, perpendicularité, 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 1 Lors de la détermination d'une position par rapport à des surfaces qui sont entachées d'erreurs de forme, il convient de tenir compte de ces dernières pour la fixation de la tolérance de position.

### 2.321.4 Influence des défauts de forme dans la détermination des erreurs de position

Lorsqu'on veut déterminer les écarts de position relative 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 mesure, on obtient une courbe telle que ab. On convient, sauf indication contraire, que l'erreur se détermine en remplaçant cette courbe par la droite AB définie en 5.211.1

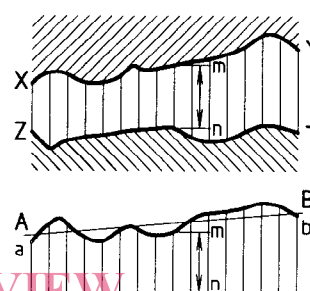


Figure 1

### 2.321.5 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 peut néanmoins être souhaitable de limiter l'écart à une valeur différente sur une longueur donnée. On définit pour cela une tolérance locale se rapportant à une portion de la longueur totale.

L'écart total est alors la distance entre deux lignes parallèles à la direction générale de la partie de ligne ou de trajectoire comportant les écarts maximaux sur la longueur partielle considérée (voir figure 2).

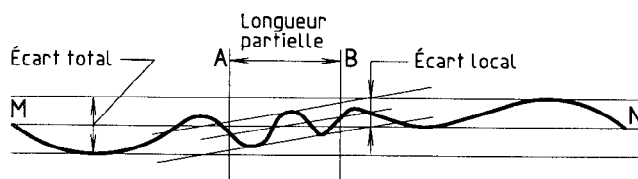


Figure 2

La valeur de la tolérance locale ( $T_{\text{locale}}$ ) doit théoriquement être établie

— à partir de la norme correspondant à la machine-outil pour chaque essai particulier,