
**Machines-outils — Évaluation de
la capacité des procédés d'usinage
des machines-outils travaillant par
enlèvement de métal**

*Machine tools — Short-term capability evaluation of machining
processes on metal-cutting machine tools*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 26303:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eece6184-cd91-426c-97a9-af4803509850/iso-26303-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 26303:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eece6184-cd91-426c-97a9-af4803509850/iso-26303-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	4
4.1 Lettres majuscules	4
4.2 Lettres minuscules	4
4.3 Lettres grecques	5
5 Remarques préliminaires	6
6 Procédure d'étude de l'aptitude à court terme	6
6.1 Généralités	6
6.2 Accords	7
6.3 Procédure de mise en température	10
6.4 Réglage	10
6.5 Production	11
6.6 Mesurage	11
6.7 Calcul et analyse	12
6.7.1 Généralités	12
6.7.2 Correction de tendance	13
6.7.3 Gestion des aberrations	14
6.7.4 Stabilité du processus	15
6.7.5 Calcul des indices	16
7 Facteurs influençant l'étude d'aptitude à court terme	17
7.1 Généralités	17
7.2 Influences thermiques	18
7.3 Influences imputables à l'incertitude de mesure	19
7.4 Influences résultant de l'analyse statistique	19
7.4.1 Seuil de confiance et taille de l'échantillon	19
7.4.2 Type de distribution	20
Annexe A (informative) Informations complémentaires relatives aux études statistiques	21
Annexe B (informative) Formulaires d'accord	30
Annexe C (informative) Formulaires d'évaluation	34
Annexe D (informative) Exemples d'accords et d'analyses relatifs à l'aptitude	39
Bibliographie	48

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré 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 26303:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont:

- des explications supplémentaires au 6.6 «Mesurage», et pour la [Formule \(23\)](#) ont été ajoutées;
- les indices des variables dans les [Formules \(3\)](#) et [\(18\)](#) ont été corrigés;
- les formulaires d'accord 2 à 4 de l'[Annexe B](#), le formulaire d'analyse 2 de l'[Annexe C](#), les formulaires d'accord 3 et 4 de l'[Annexe D](#), les formulaires d'analyse 1 et 2 de l'[Annexe D](#) ont été corrigés;
- les références à la [Figure 2](#) ont été révisées;
- la [Figure A.1](#) a été améliorée;
- les [Annexes B](#) et [C](#) sont devenues des annexes informatives;
- les formules dans le formulaire d'analyse 4 de l'[Annexe C](#) et dans le formulaire d'analyse 4 de l'[Annexe D](#) ont été corrigées;
- la Bibliographie a été mise à jour.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

L'étude de l'aptitude à court terme du processus d'usinage des machines-outils implique d'adopter une approche différente des méthodes d'essai des performances des machines-outils, abordées dans plusieurs Normes internationales, par exemple, ISO 230 (toutes les parties) et dans d'autres normes spécifiques à un type de machine-outil. Les principales différences portent sur l'usinage d'un lot échantillon d'éprouvettes et la définition des paramètres influents et pertinents, mais également sur le traitement statistique et l'analyse des données concernant la qualité de la pièce qui sont obtenues à l'occasion de ces essais.

Le présent document est le résultat d'un projet piloté avec précision par un groupe de travail international, synthétisé pour rendre les informations accessibles au plus grand nombre de parties intéressées.

Pour la production en grande série en particulier, on utilise très souvent des estimations de l'aptitude à court terme du processus et des mesures de capacité en complément de l'essai des performances des machines-outils. Concrètement, les utilisateurs de machines-outils emploient de plus en plus les techniques de maîtrise statistique du processus (MSP) dans leurs activités et demandent souvent aux fournisseurs/fabricants des machines de se positionner également comme fournisseurs de système, en leur donnant également la responsabilité du processus d'usinage.

Les méthodes statistiques dans la gestion de processus sont couvertes par l'ISO 22514 (toutes les parties).

L'absence de Norme internationale reconnue explique la variété des conditions requises et des méthodes présentées par chaque utilisateur pour réaliser la réception d'une machine-outil reposant sur l'essai de son aptitude à usiner une pièce spécifique. Par conséquent, les essais de réception impliquent souvent un long processus préalable de discussion et d'adaptation, ce qui prend du temps, augmente les coûts et occasionne des retards de livraison au client. Le présent document apporte une procédure unifiée pour réaliser les essais de réception d'une machine-outil reposant sur l'examen de son aptitude processus à court terme. Il présente:

- l'aptitude à court terme d'un processus donné, qui utilise la machine-outil mise à l'essai, le processus d'usinage, l'outillage et les dispositifs de maintien, ainsi que les caractéristiques de la pièce;
- propose des indices d'aptitude pertinents pour la machine.

Le présent document s'adapte et est conforme aux spécifications établies par l'ISO 22514 (toutes les parties). Cependant, dans le présent document, l'expression «aptitude à court terme» correspond à la «l'indice de performance du processus» spécifié dans l'ISO 3534-2:2006 et utilisé dans l'ISO 22514-3:2020. L'utilisation de l'expression «aptitude à court terme» s'est généralisée dans l'industrie de la machine-outil depuis plusieurs années; le sous-comité ISO/TC 39/SC 2 a donc décidé de conserver ce terme.

Associés à l'analyse statistique, plusieurs paramètres influents limitent de façon significative l'intervalle de tolérance couvert par les variations de la machine-outil. Par conséquent, les indices d'aptitude machine sont spécifiés en lien avec les conditions de réception et les limites de tolérance prescrites.

Machines-outils — Évaluation de la capacité des procédés d'usinage des machines-outils travaillant par enlèvement de métal

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les procédures de réception des machines-outils travaillant par enlèvement de métal reposant sur l'essai de leur aptitude à usiner une pièce spécifiée (c'est-à-dire essai indirect). Il formule des recommandations pour les conditions d'essai/les systèmes de mesure applicables et les prescriptions requises pour les machines-outils.

Le présent document est en cohérence avec l'ISO 22514 (toutes les parties) qui décrit les méthodes statistiques dans la gestion de processus; il traite de l'application spécifique de ces méthodes aux machines-outils et à l'usinage d'un lot d'éprouvettes. Le présent document ne couvre ni les essais fonctionnels qui sont généralement réalisés avant le contrôle des performances d'exactitude, ni l'essai des conditions de sécurité de la machine-outil.

L'[Annexe A](#) apporte des informations complémentaires sur l'analyse statistique, les [Annexes B](#) et [C](#) fournissent des formulaires d'accord et d'évaluation pour les essais d'aptitude à court terme, tandis que l'[Annexe D](#) fournit un exemple.

NOTE 1 L'essai direct vise à analyser les différentes propriétés de la machine-outil, notamment en termes d'exactitude géométrique et de positionnement. L'étude d'aptitude à court terme vise à démontrer qu'une machine-outil est capable d'exécuter une tâche spécifique au sein d'un processus. Il est donc important d'avoir conscience que l'essai d'aptitude à court terme se concentre uniquement sur le produit manufacturé. Cela signifie que les méthodes d'essai direct conviennent davantage à l'identification des sources d'erreurs sur la machine-outil et permettent de déduire des améliorations de conception d'une machine-outil utilisée sur un large spectre de production; l'essai d'aptitude à court terme est moins bien adapté à l'identification des sources d'erreurs sur la machine-outil. Il est donc prévu de réaliser l'étude d'aptitude à court terme pour la réception des machines-outils travaillant par enlèvement de métal dans les processus d'usinage en premier lieu sur des machines dédiées spécifiquement à un type de pièce unique, par exemple les stations de travail des lignes de transfert, avec une durée de cycle déterminée par le processus qui soit inférieure à 10 minutes, de sorte qu'au moins 50 pièces sont manufacturées par rotation, car l'incertitude statistique augmente fortement quand le nombre de pièces produites diminue. En principe, l'étude d'aptitude à court terme peut également être réalisée sur des machines-outils universelles, par exemple les centres d'usinage utilisés pour la production en grande série, si ces machines répondent aux critères statistiques décrits ci-dessus.

NOTE 2 L'expression «aptitude à court terme», utilisée dans l'industrie de la machine-outil, correspond à l'expression «indice de performance du processus» définie dans l'ISO 3534-2:2006 pour une distribution normale.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 4288, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Règles et procédures pour l'évaluation de l'état de surface*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1

aptitude à court terme

aptitude d'une unité de fabrication à produire une pièce donnée en respectant les tolérances spécifiées avec un seuil de confiance donné. Ce concept s'applique principalement à la production en série

Note 1 à l'article: Une unité de fabrication peut être une machine-outil, une broche d'une machine-outil multibroche, une station d'une ligne de transfert, etc.

Note 2 à l'article: Dans le présent document, les indices d'aptitude à court terme C_s et C_{sk} , sont estimés sur l'hypothèse d'une distribution normale de la valeur caractéristique considérée. Si cette hypothèse n'est pas satisfaite, les *valeurs d'étendue à court terme*, $R_{V,s}$ (3.4) et les *valeurs d'étendue critique à court terme*, $R_{V,sk}$ (3.5) sont évaluées à la place des indices d'aptitude.

Note 3 à l'article: Le présent document s'adapte et est conforme aux spécifications établies par l'ISO 22514 (toutes les parties). Cependant, dans le présent document, l'expression «aptitude à court terme» correspond à «l'indice de performance du processus» spécifié dans l'ISO 3534-2:2006 et utilisée dans l'ISO 22514-3 pour la distribution normale. L'utilisation de l'expression «aptitude à court terme» s'est généralisée dans l'industrie de la machine-outil; le sous-comité ISO/TC 39/SC 2 a donc décidé de conserver ce terme.

3.2

indice d'aptitude à court terme

C_s
rapport de la tolérance spécifiée par rapport à l'écart-type des valeurs mesurées quantifiant la dispersion

Note 1 à l'article: Voir la [Formule \(14\)](#).

Note 2 à l'article: Les valeurs mesurées sont également appelées valeurs caractéristiques.

3.3

indice d'aptitude critique à court terme

C_{sk}
rapport de la tolérance spécifiée par rapport à l'écart-type des valeurs mesurées quantifiant la dispersion, en tenant compte du positionnement de la valeur moyenne

Note 1 à l'article: Si la valeur moyenne des valeurs mesurées est au centre de la zone de tolérance, la distribution est dite centrée; si la valeur moyenne n'est pas au centre de la zone de tolérance, la distribution est dite décentrée. Pour la relation entre distribution centrée et distribution décentrée, voir [A.1](#).

Note 2 à l'article: Les valeurs mesurées sont également appelées valeurs caractéristiques.

3.4

valeur d'étendue à court terme

$R_{V,s}$
rapport d'étendue des valeurs mesurées par rapport à la tolérance spécifiée

3.5

valeur d'étendue critique à court terme

$R_{V,sk}$
rapport de l'amplitude des valeurs mesurées par rapport à la tolérance spécifiée, en tenant compte de la position de la valeur moyenne

3.6**carte de contrôle**

graphique sur lequel sont reportées les valeurs d'une mesure statistique faite sur une série d'échantillons dans un ordre particulier pour orienter le processus par rapport à cette mesure et pour vérifier et réduire la variation

Note 1 à l'article: L'ordre particulier est généralement fondé sur l'ordre chronologique ou le numéro d'échantillon.

[SOURCE: ISO 3534-2:2006, 2.3.1, modifiée — La Note 2 à l'article a été supprimée.]

3.7**carte de contrôle d'observations individuelles**

carte de contrôle individuel

carte de contrôle (3.6) par mesures pour évaluer le niveau du processus en se basant sur les observations individuelles faites sur l'échantillon

[SOURCE: ISO 3534-2:2006, 2.3.15, modifiée — Le terme préféré a été ajoutée et les notes à l'article ont été supprimées.]

3.8**limite de contrôle**

valeur d'une *carte de contrôle* (3.6) utilisée pour déterminer la stabilité d'un processus

[SOURCE: ISO 3534-2:2006, 2.4.2, modifiée — Les notes à l'article ont été supprimées.]

3.9**limite de spécification inférieure**

LSL

L_{SL}

limite de spécification qui définit la valeur limite la moins élevée pouvant être attribuée à une caractéristique qualité et pouvant par ailleurs être considérée conforme

[SOURCE: ISO 22514-1:2014, 3.1.13, modifiée — Le symbole L a été modifié et la Note 1 à l'article a été supprimée.]

3.10**limite de spécification supérieure**

USL

U_{SL}

limite de spécification qui définit la valeur limite la plus élevée pouvant être attribuée à une caractéristique qualité et pouvant par ailleurs être considérée conforme

[SOURCE: ISO 22514-1:2014, 3.1.12, modifiée – Le symbole U a été modifié et la Note 1 à l'article a été supprimée.]

3.11**limite de contrôle supérieure**

UCL

U_{CL}

limite de contrôle (3.9) qui délimite la frontière de contrôle supérieure

[SOURCE: ISO 3534-2:2006, 2.4.8]

3.12**limite de contrôle inférieure**

LCL

L_{CL}

limite de contrôle (3.9) qui délimite la frontière de contrôle inférieure

[SOURCE: ISO 3534-2:2006, 2.4.9]

4 Symboles

4.1 Lettres majuscules

C	indice d'aptitude
C_k	indice d'aptitude critique
C_s	indice d'aptitude à court terme (correspond à l'indice de performance machine P_p défini dans l'ISO 3534-2:2006 pour la distribution normale)
$C_{s,nom}$	indice d'aptitude nominale à court terme
C_{sk}	indice d'aptitude critique à court terme
$C_{sk,nom}$	indice d'aptitude critique nominale à court terme
C_{act}	indice d'aptitude réelle
K_i	$i^{\text{ème}}$ classe (histogramme)
U	incertitude (de mesure ou de l'indice d'aptitude)
U_{CL,s_i}	limite de contrôle supérieure pour l'écart-type s_i
U_{CL,\bar{x}_j}	limite de contrôle supérieure pour les valeurs moyennes \bar{x}_j
U_{SL}	limite de spécification supérieure
R	étendue
$R_{V,s}$	valeur d'étendue à court terme
$R_{V,s,nom}$	valeur d'étendue nominale à court terme
$R_{V,sk}$	valeur d'étendue critique à court terme
$R_{V,sk,nom}$	valeur d'étendue critique nominale à court terme
T	tolérance
T_{min}	tolérance minimale utilisable pour l'étude d'aptitude
L_{CL,s_j}	limite de contrôle inférieure pour l'écart-type s_j
L_{CL,\bar{x}_j}	limite de contrôle inférieure pour les valeurs moyennes \bar{x}_j
L_{SL}	limite de spécification inférieure

4.2 Lettres minuscules

e	déplacement de la valeur moyenne
f	vitesse en mm/min ou en mm/tr
i	indice de marche des mesurages
j	indice de marche des groupes de mesurages
k	indice de marche des mesurages d'un même groupe

m	nombre de groupes d'éléments pour les cartes de contrôle
n	taille de l'échantillon (nombre de pièces évaluées)
n_{mp}	nombre de pièces produites
n_K	nombre de classes (histogramme)
n_{min}	valeur minimale de pièces nécessaires
r	résolution du dispositif de mesure
s	estimateur de l'écart-type
\bar{s}	écart-type moyen des échantillons (groupes)
s_{act}	écart-type réel du processus
s_g	écart-type du système de mesure (étalonnage)
s_j	écart-type moyen du $j^{\text{ème}}$ échantillon (groupe)
t	temps
t_m	temps de fabrication
t_{tot}	temps total de fabrication
\bar{x}	valeur moyenne de population (sur 50 mesurages)
\bar{x}'	valeur moyenne de population avec distribution décentrée
$\bar{\bar{x}}$	valeur moyenne des moyennes de groupe \bar{x}_j
x_i	$i^{\text{ème}}$ valeur du mesurage
$x_{i,T}$	$i^{\text{ème}}$ valeur du mesurage (tendance corrigée)
$x_{u,k}$	limite de classe supérieure de la classe k (histogramme)
\bar{x}_j	moyenne du $j^{\text{ème}}$ échantillon (groupe)
x_{max}	valeur maximale
x_{min}	valeur minimale

4.3 Lettres grecques

$\delta X_{tot,T}$	tendance totale (par rapport à toutes les valeurs)
$\delta X_{tot,w}$	tendance totale par pièce
δX_{td}	tendance imputable à la déformation thermique
$\delta X_{td,w}$	tendance imputable à la déformation thermique par pièce
$\delta X_{td,perm}$	tendance admissible imputable à la déformation thermique par pièce dans la direction X
δX_a	tendance imputable à l'usure de l'outil
$\delta X_{a,exp}$	tendance anticipée imputable à l'usure de l'outil

Δd_u	distance entre la valeur maximale et la limite de tolérance supérieure
Δd_l	distance entre la valeur minimale et la limite de tolérance inférieure
Δd_c	distance critique entre les valeurs extrêmes et les limites de tolérance
ΔX_k	largeur de classe (histogramme)
$\Delta X_{K,k}$	frontière de classe (histogramme)
ΔX_c	distance critique entre la valeur moyenne et les limites de tolérance
ΔX_u	distance entre la valeur moyenne et la limite de tolérance supérieure
ΔX_l	distance entre la valeur moyenne et la limite de tolérance inférieure
$\Delta x(t)$	déplacement thermique en fonction du temps t
Δx_{\max}	déplacement maximal
Δv_{amb}	gradient de température ambiante
$\Delta v_{\text{amb,max}}$	gradient maximal de température ambiante
ϑ	température
$\vartheta_{\text{amb},0}$	température ambiante au début de l'essai
ϑ_{\max}	température maximale
ϑ_{\min}	température minimale
$\delta Y_{\text{td,perm}}$	tendance admissible imputable à la déformation thermique par pièce dans la direction Y
$\delta Z_{\text{td,perm}}$	tendance admissible imputable à la déformation thermique par pièce dans la direction Z
$\hat{\sigma}$	estimation de l'écart-type de la population
τ	constante de temps thermique
Ψ	rapport de décalage pour la distribution décentrée

5 Remarques préliminaires

L'étude d'aptitude à court terme relève des méthodes de contrôle indirect, elle implique par conséquent d'adopter une approche différente pour les contrôles de réception des machines-outils par rapport aux contrôles directs définis dans plusieurs séries de normes internationales, par exemple ISO 230 (toutes les parties).

La fonctionnalité mesurée doit être usinée sur une seule unité d'usinage. Si la même fonctionnalité est usinée sur des unités d'usinage différentes, mais similaires, l'analyse statistique sera réalisée séparément pour chaque unité d'usinage.

6 Procédure d'étude de l'aptitude à court terme

6.1 Généralités

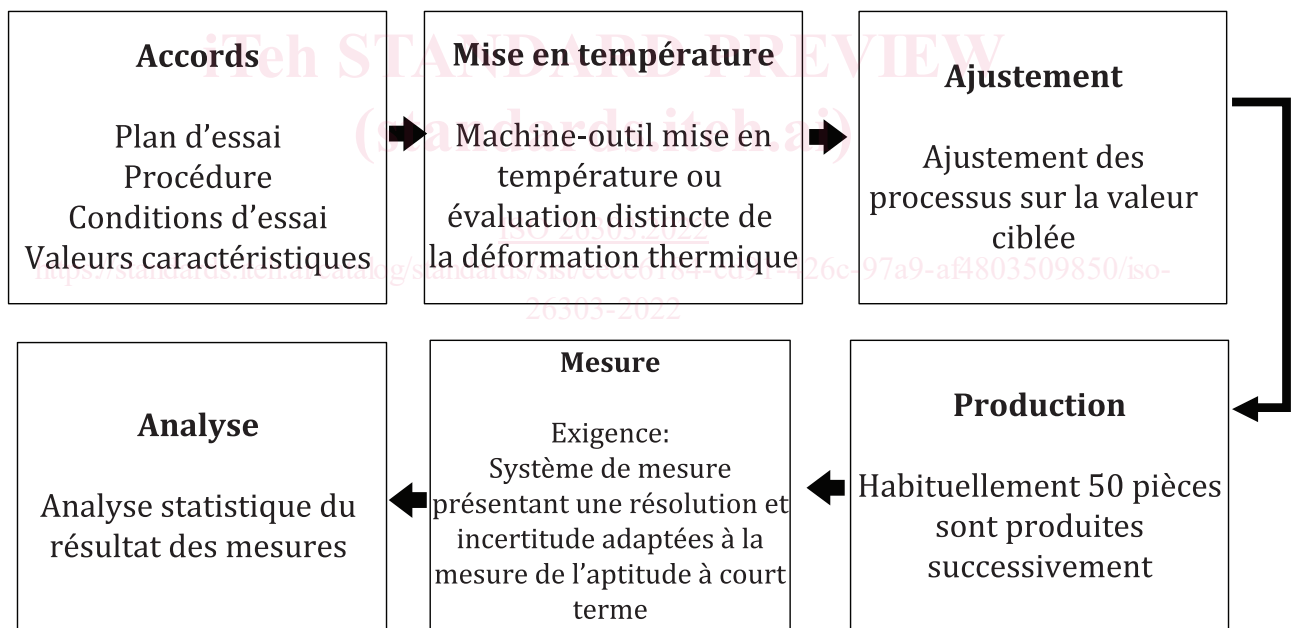
La [Figure 1](#) illustre la procédure de base pour l'étude de l'aptitude à court terme. Il est recommandé de réserver la procédure de réception selon l'étude d'aptitude à court terme aux machines-outils utilisées dans la production en grande série, présentant une durée de cycle processus inférieure à 10 minutes.

L'aptitude à court terme adéquate (voir 6.6) du processus de mesure est une exigence préalable et nécessaire au mesurage des pièces.

NOTE Dans certains cas, des recherches préliminaires sont réalisées pour démontrer que l'opérateur peut interagir de façon satisfaisante avec le processus d'usinage et que donc l'étude d'aptitude du processus qui suivra sera probante (voir ASME B89.7.3.1).

Avant de lancer le processus d'essai et d'évaluation, le fournisseur/fabricant et l'utilisateur doivent décider conjointement du plan d'essai, des fonctionnalités de la pièce à mesurer et analyser, de la procédure, des conditions de l'essai et des valeurs caractéristiques. Dans la suite du document, toute mention d'un accord fait référence à un accord entre le fournisseur/fabricant et l'utilisateur. Le processus d'évaluation commence par la mise en température de la machine-outil. Le réglage consécutif permet d'ajuster les paramètres du processus d'usinage aux tolérances requises (par exemple, le centre de la zone de tolérance pour les caractéristiques présentant des tolérances bilatérales ou le zéro pour une caractéristique à limite zéro). Les 50 pièces sont ensuite fabriquées en série et mesurées avec un dispositif de mesure adapté. Lors de la dernière étape, les mesures obtenues font ensuite l'objet d'une analyse statistique.

Si les indices d'aptitude à court terme ou les valeurs d'étendue à court terme et, le cas échéant, la déformation thermique se situent en dehors des tolérances spécifiées, les raisons doivent être recherchées. Il peut s'agir par exemple d'une défaillance identifiable par des valeurs aberrantes dans la carte de contrôle pour la gestion des aberrations (voir 6.7.3). Si des améliorations peuvent être apportées, elles doivent être implémentées et les essais doivent être répétés en totalité ou en partie.



NOTE La présente procédure est recommandée uniquement pour les machines-outils de production en grande série présentant une durée de cycle <10 min.

Figure 1 — Procédure de base pour l'étude de l'aptitude à court terme

6.2 Accords

Avant de procéder à l'essai de réception réel, des accords entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur sont nécessaires afin de garantir que:

- la machine-outil et le processus d'usinage appliqué sont évalués avec le minimum d'interférences possible;

- b) les exigences préalables qu'il est impossible de satisfaire en raison des différents paramètres influents et du resserrement des tolérances entraîné par l'analyse statistique, sont écartées;
- c) des accords contractuels peuvent être formulés entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur, qui définissent l'étendue, la procédure et les facteurs d'évaluation de la réception;
- d) les tolérances qui font l'objet d'une étude d'aptitude à court terme sont identifiées en tenant compte des coûts associés.

Les accords pertinents sont énumérés dans les formulaires fournis à l'Annexe B; l'Annexe D fournit un exemple. Les conditions d'essai dans lesquelles la machine-outil est évaluée doivent être négociées entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur. Il s'agit notamment de la température ambiante et de ses variations admissibles au cours de la période d'essai. Les limites fixées dépendent de la tâche de fabrication, mais également de l'installation de la machine-outil dans l'atelier de mécanique ou dans un local climatisé. Les limites suivantes doivent être prises comme valeur par défaut pour les tâches de fabrication normales: température ambiante, c'est-à-dire variation de température de ± 3 °C pendant la durée de l'essai; gradient de température, c'est-à-dire variation maximum de $+2$ °C/h ou -2 °C/h.

L'objectif de l'essai de réception étant de démontrer l'aptitude à court terme, mais pas l'aptitude à long terme qui est influencée par d'autres facteurs, une qualité définie et homogène des bruts hors dimension doit être garantie. Le changement de série ne doit influencer ni la composition, ni les caractéristiques du matériau. Une tolérance majorée doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur afin de limiter les écarts de déformation statique imputables à un effort de contre-pression (composant de l'effort total d'enlèvement de matière perpendiculaire au plan de travail) pour différentes majorations.

L'usinage des bruts peut avoir une influence directe (par exemple, variation des dimensions usinées) et une influence indirecte (par exemple variation de planéité des faces de maintien usinées) sur la dispersion des fonctionnalités mesurées résultant du processus. Par conséquent, les tolérances pour l'usinage des bruts doivent être compatibles avec l'aptitude à court terme requise pour le processus. En outre, il peut être nécessaire de restreindre davantage les tolérances sur les bruts en fonction du processus et de la séquence d'usinage.

Cinquante pièces doivent être fabriquées en série. La durée totale de fabrication ne doit pas dépasser 8 heures, ce qui correspond à une durée de fabrication admissible de 10 minutes par pièce. Dans certaines circonstances où la durée de fabrication par pièce est plus longue, le fabricant/fournisseur et l'utilisateur pourront convenir d'un nombre inférieur de pièces à usiner; en tout état de cause, le nombre de pièces ne doit pas être inférieur à 30. En cas de fabrication de pièces avec une faible durée de cycle, on pourra négocier une durée totale de fabrication de 6 h à 8 h et la production de plus de 50 pièces avec le prélèvement d'échantillons dans ce lot de plus de 50 pièces, pour un total de 50 mesurages effectués (taille de l'échantillon du groupe multipliée par le nombre d'échantillons).

En outre, le fabricant/fournisseur et l'utilisateur doivent convenir de la technologie de fabrication et de la procédure adéquate de mise en température avant de démarrer l'essai de réception, pour garantir que la machine-outil soit à l'équilibre thermique (voir 6.3 et 7.2).

La résolution et l'incertitude de mesure du dispositif de mesure doivent être prises en compte. On vérifiera l'aptitude à court terme du dispositif de mesure. Généralement, l'étude de l'aptitude à court terme comporte un examen de l'appareil de mesure, en y incluant l'influence de l'opérateur (voir 6.6).

En remplacement des indices d'aptitude à court terme C_s ou C_{sk} , le fabricant/fournisseur et l'utilisateur peuvent convenir d'évaluer les valeurs d'étendue à court terme $R_{V,S}$ ou $R_{V,sk}$. Le point A.2 apporte des informations complémentaires sur la relation entre l'écart-type et les valeurs d'étendue à court terme. Les valeurs d'étendue à court terme tiennent compte uniquement de la valeur la plus élevée et de la valeur la plus faible, et sont très susceptibles de contenir des aberrations dans le jeu de données. Par conséquent, elles n'apportent pas suffisamment d'informations sur le comportement du processus à l'intérieur des valeurs extrêmes. Si des valeurs d'étendue à terme sont utilisées, l'évaluation du

processus à l'aide d'une carte de contrôle pour observations individuelles, la carte de contrôle $\bar{x}-s$ et l'histogramme sont donc particulièrement importants (voir 6.7).

NOTE La définition des indices d'aptitude à court terme ou des valeurs d'étendue à court terme présente une grande importance sur le plan économique. D'une part, la conformité aux exigences strictes peut garantir la fiabilité de la production. Mais d'autre part, cela ne signifie pas nécessairement que les coûts de fabrication pourront être réduits. Généralement, il faut dépenser davantage pour obtenir un indice élevé d'aptitude à court terme ou des valeurs d'étendue à court terme moindres. Ce coût correspond à l'ajout de composants sur la machine-outil (par exemple systèmes de mesure directe, dispositifs de sondage) et de circuits de contrôle supplémentaires (par exemple contrôle de mesure, compensation thermique) ou à l'adoption d'une méthode de fabrication plus coûteuse (par exemple passage du tournage à la rectification).

Les valeurs requises doivent être spécifiées en tenant compte des possibilités techniques et de la faisabilité économique. En ce sens, il n'est pas pertinent de définir des limites uniformes pour tous les processus. La relation directe entre les indices d'aptitude à court terme et les tolérances requises doivent être prises en compte tout particulièrement. Comme la démonstration de l'aptitude à court terme apporte une garantie statistique relative au processus de fabrication, il convient de réexaminer les tolérances actuelles fixées par le concepteur pour des raisons de sécurité. Le [Tableau 1](#) fournit les seuils recommandés pour l'étude de l'aptitude à court terme en fonction des indices actuels d'aptitude à court terme. Dans certains cas, il peut s'avérer avantageux de conclure d'autres accords.

À titre de base pour définir les limites recommandées, on tient compte du fait que pour une aptitude à long terme avec des facteurs influents, il convient d'atteindre une valeur C_s d'au moins 1,33 (voir référence [10]). Une description du calcul des valeurs caractéristiques est décrit en 6.7.

Pour certains processus ou fonctionnalités, le fournisseur/fabricant et l'utilisateur peuvent considérer qu'il est approprié de ne pas tenir compte de la valeur C_{sk} et de définir uniquement une valeur C_s . C'est le cas par exemple si le paramétrage du processus est très complexe, mais ne pose pas de problème dans son principe (voir 6.4) ou si les fonctionnalités qui dépendent largement des outils d'enlèvement de matière font l'objet d'un examen, par exemple le diamètre en cours de perçage, le fraisage conique et l'alésage.

Tableau 1 — Valeurs recommandées pour les paramètres d'aptitude à court terme du processus

Processus/fonctionnalité	C_s	C_{sk}	$R_{V,s}$	$R_{V,sk}$	Notes
Processus ou fonctionnalité normaux	$\geq 1,67$	$\geq 1,67$	—	—	Par exemple, diamètre ou longueur dans les processus non maîtrisés
Contrôle de mesure en cours de processus	—	—	$\leq 100 \%$	$\leq 100 \%$	On peut utiliser la pleine tolérance.
Valeurs de rugosité	—	—	si nécessaire $\leq 80 \%$	$\leq 80 \%$	Bien souvent, il existe uniquement une limite supérieure; par conséquent, seule la valeur $R_{V,sk}$ est spécifiée.
Tolérance à limite unilatérale	—	$\geq 1,67$	—	$\leq 60 \%$	Le fabricant/fournisseur et l'utilisateur doivent déterminer laquelle des deux valeurs caractéristiques doit être utilisée pour la réception.
Autres processus ou fonctionnalité spéciaux (par exemple contrôle de mesure)	$\geq 1,67$	$\geq 1,67$	$\leq 60 \%$	$\leq 60 \%$	Le fabricant/fournisseur et l'utilisateur doivent déterminer quelles valeurs, c'est-à-dire C_s et C_{sk} ou $R_{V,s}$ et $R_{V,sk}$ sont pertinentes pour la réception.

Des limites d'action pour l'algorithme de contrôle doivent être définies pour l'application d'un contrôle de mesure en cours de processus. Par exemple, ces limites présentent une marge de sécurité de 10 % à 20 % vers les limites de tolérance. Dans ce cas, l'aptitude à court terme est démontrée si toutes les valeurs se situent à l'intérieur des limites de tolérance.

Habituellement, les valeurs de rugosité ne sont pas très diffuses. Les résultats présentent donc un seuil de confiance élevé contre le franchissement d'une limite. Dans ce cas, il suffit de maintenir une marge de sécurité de 10 % de la tolérance vers la limite de tolérance. Comme la position de la zone de mesure