

# ISO

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

## RECOMMANDATION ISO R 1938

SYSTÈME ISO

DE TOLÉRANCES ET D'AJUSTEMENTS

(standards.iteh.ai)

DEUXIÈME PARTIE : VÉRIFICATION DES PIÈCES LISSES

ISO/R 1938:1971

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/844e518c-2b77-425d-b90c-9d6d91ef7388/iso-r-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/844e518c-2b77-425d-b90c-9d6d91ef7388/iso-r-1938-1971)

1<sup>ère</sup> ÉDITION

Avril 1971

### REPRODUCTION INTERDITE

Le droit de reproduction des Recommandations ISO et des Normes ISO est la propriété des Comités Membres de l'ISO. En conséquence, dans chaque pays, la reproduction de ces documents ne peut être autorisée que par l'organisation nationale de normalisation de ce pays, membre de l'ISO.

Seules les normes nationales sont valables dans leurs pays respectifs.

Imprimé en Suisse

Ce document est également édité en anglais et en russe. Il peut être obtenu auprès des organisations nationales de normalisation.

## HISTORIQUE

La Recommandation ISO/R 1938, *Système ISO de tolérances et d'ajustements – Deuxième partie : Vérification des pièces lisses*, a été élaborée par le Comité Technique ISO/TC 3, *Ajustements*, dont le Secrétariat est assuré par l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

Les travaux relatifs à cette question aboutirent à l'adoption du Projet de Recommandation ISO N° 1938 qui fut soumis, en février 1970, à l'enquête de tous les Comités Membres de l'ISO. Il fut approuvé, sous réserve de quelques modifications d'ordre rédactionnel, par les Comités Membres suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	Inde	R.A.U.
Allemagne	Irlande	Roumanie
Autriche	Israël	Royaume-Uni
Belgique	Italie	Suisse
Chili	Japon	Tchécoslovaquie
Corée, Rép. de	Norvège	Thaïlande
France	Nouvelle-Zélande	Turquie
Grèce	Pologne	U.R.S.S.
Hongrie	Portugal	

Les Comités Membres suivants se déclarèrent opposés à l'approbation du Projet :

Australie  
Canada  
Suède

Ce Projet de Recommandation ISO fut alors soumis par correspondance au Conseil de l'ISO, qui décida de l'accepter comme RECOMMANDATION ISO.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Introduction . . . . .	5
1. Objet . . . . .	6
2. Directives générales concernant la vérification . . . . .	6
2.1 Température de référence et force de mesure . . . . .	6
2.2 Interprétation des limites de dimensions (Principe de Taylor) . . . . .	6
2.3 Dépassement des limites . . . . .	7
2.4 Choix du mode de vérification . . . . .	7
3. Calibres à limites . . . . .	8
3.1 Types de calibres . . . . .	8
3.2 Application du principe de Taylor . . . . .	8
3.3 Dérogation au principe de Taylor . . . . .	8
3.4 Domaine d'emploi des divers types de calibres à limites . . . . .	9
3.5 Caractéristiques générales du tracé des calibres à limites . . . . .	9
3.6 Matières et autres détails concernant les calibres . . . . .	10
3.7 Définitions et vérification des dimensions des calibres . . . . .	10
3.7.1 Calibres tampons cylindriques . . . . .	10
3.7.2 Jauge plate à bouts sphériques, calibre tampon à disque sphérique, broche à bouts sphériques . . . . .	10
3.7.3 Calibres bagues cylindriques . . . . .	10
3.7.4 Calibres-mâchoires . . . . .	11
3.8 Mode d'emploi des calibres . . . . .	11
3.8.1 Calibres d'alésages . . . . .	11
3.8.2 Calibres d'arbres . . . . .	12
3.9 Tolérances de fabrication et usure admissible des calibres . . . . .	12
3.9.1 Symboles . . . . .	12
3.9.2 Calibres à limites . . . . .	13
3.9.2.1 Positions des zones de tolérances et des limites d'usure par rapport au limites de la pièce . . . . .	13
3.9.2.2 Tolérances sur la dimension des calibres de travail . . . . .	13
3.9.2.3 Tolérances de forme des calibres de travail . . . . .	13
3.9.2.4 Calibres réglables de dimension supérieure à 180 mm . . . . .	13
3.9.3 Disques de référence des calibres-mâchoires . . . . .	14
3.9.3.1 Positions des zones de tolérances par rapport aux limites de la pièce . . . . .	14
3.9.3.2 Tolérances sur la dimension des disques de référence . . . . .	14
3.9.3.3 Tolérances de forme des disques de référence . . . . .	14
3.9.3.4 Relation entre les tolérances sur les calibres-mâchoires et celles de leurs disques de référence . . . . .	14
3.9.4 Calibres bagues de référence, calibres tampons de référence pour l'étalonnage des instruments de mesure . . . . .	14
3.9.5 Etats de surface des calibres . . . . .	14
3.10 Règlement des litiges . . . . .	14
3.10.1 Vérification par le fabricant . . . . .	15
3.10.2 Vérification par le client . . . . .	15
3.11 Marquage et désignation des calibres . . . . .	15
4. Instruments de mesure à lecture . . . . .	15
4.1 Définitions relatives aux mesures . . . . .	15
4.1.1 Dimension réelle . . . . .	15
4.1.2 Erreur de mesure . . . . .	15
4.1.3 Erreur systématique . . . . .	16
4.1.4 Erreur accidentelle . . . . .	16
4.1.5 Moyenne . . . . .	16
4.1.6 Ecart-type . . . . .	16

	Pages
4.2 Types d'instruments de mesure . . . . .	16
4.3 Incertitude de mesure de l'instrument . . . . .	16
4.4 Incertitude totale de mesurage . . . . .	17
4.5 Limites de vérification . . . . .	17
4.6 Influence des erreurs de forme . . . . .	17
<b>Figures</b>	
Fig. 1 – Erreurs de forme extrêmes des alésages admises suivant l'interprétation recommandée des limites de dimensions . . . . .	18
Fig. 2 – Erreurs de forme extrêmes des arbres admises suivant l'interprétation recommandée des limites de dimensions . . . . .	19
Fig. 3 – Types recommandés de calibres d'alésages . . . . .	20
Fig. 4 – Types recommandés de calibres d'arbres . . . . .	20
Fig. 5 – Types de calibres utilisés pour la vérification des alésages, dans l'ordre de préférence . . . . .	21
Fig. 6 – Types de calibres utilisés pour la vérification des arbres, dans l'ordre de préférence . . . . .	21
Fig. 7 – Position des points où les forces destinées à contrebalancer en partie le poids du calibre doivent être appliquées . . . . .	22
Fig. 8 – Relation entre les tolérances de fabrication des calibres-mâchoires et des disques de référence . . . . .	22
Fig. 9 – Zones de tolérance des calibres à limites et des disques de référence . . . . .	23
Fig. 10 – Courbe d'une distribution normale des lectures sur l'instrument . . . . .	24
Fig. 11 – Relation entre les «limites de vérification» et les «limites de dimensions» . . . . .	24
<b>Tableaux</b>	
Tableau 1 – Tolérances de fabrication des calibres . . . . .	25
Tableau 2 – Position des tolérances de calibres et de la limite d'usure maximale admissible des calibres par rapport à la limite nominale de la pièce, pour les qualités 6 à 16 (pour $D \leq 500$ mm) . . . . .	26
Tableau 2 A – Position des tolérances de calibres et de la limite d'usure maximale admissible des calibres par rapport à la limite nominale de la pièce, pour les qualités 6 à 16 (pour $D > 500$ mm) . . . . .	27
Tableau 3 – Valeurs de $s_M$ (pour $D \leq 500$ mm) . . . . .	28
Tableau 3 A – Valeurs de $s_M$ (pour $D > 500$ mm) . . . . .	28

Recommandation ISO

R 1938

Avril 1971

## SYSTÈME ISO DE TOLÉRANCES ET D'AJUSTEMENTS

### DEUXIÈME PARTIE : VÉRIFICATION DES PIÈCES LISSES

#### INTRODUCTION

La présente Recommandation ISO fait suite à la Recommandation ISO/R 286, *Système ISO de tolérances et d'ajustements – Première partie : Généralités, tolérances et écarts*.

Les indications relatives aux instruments à lecture sont nouvelles, alors que celles concernant le choix des calibres à employer, ainsi que leurs tolérances et zones d'usure, sont pratiquement les mêmes que dans l'ancien système ISA (Bulletin ISA 25 de janvier 1941).

En particulier, le dépassement des limites admis (dépassement  $y$  ou  $y_1$ ) pour des raisons pratiques, dans le sens des qualités 8 et plus fines, reste encore la règle, mais pourra éventuellement être réduit ou supprimé dans l'avenir. Les valeurs actuellement prévues pour les tolérances et usure des calibres doivent être considérées comme les valeurs maximales.

La présente Recommandation ISO laisse, dès maintenant, la possibilité d'employer à titre expérimental de nouvelles qualités de tolérances dénommées 6N, 7N, 8N pour les distinguer des précédentes qualités 6, 7 et 8, et ne différant de celles-ci que par une usure de calibres beaucoup plus réduite permettant d'éviter tout dépassement ( $y$  ou  $y_1 = 0$ ).

Les valeurs numériques figurant dans la présente Recommandation ISO sont exprimées en fonction des diverses qualités prévues dans la première partie de la Recommandation ISO/R 286, et ne sont donc valables que pour le système ISO de tolérances ou par comparaison avec celui-ci; toutes les autres indications de caractère plus général restent applicables en principe à n'importe quel système de tolérances de pièces lisses.

Ces valeurs numériques concernent essentiellement, comme la Recommandation ISO/R 286 elle-même, les diamètres inférieurs ou égaux à 500 mm. Cependant, les valeurs correspondant aux tolérances des pièces de diamètres supérieurs à 500 mm, telles que celles figurant à titre provisoire au chapitre 3 de cette dernière, sont également données ici en complément, à titre essentiellement expérimental.

## 1. OBJET

La présente Recommandation ISO traite de la vérification des pièces lisses, en précisant l'interprétation à donner aux limites des dimensions à vérifier, et en donnant les indications essentielles concernant les calibres à limites et les instruments de mesure à lecture nécessaires à la vérification des tolérances du système ISO.

## 2. DIRECTIVES GÉNÉRALES CONCERNANT LA VÉRIFICATION

### 2.1 Température de référence et force de mesure

La Recommandation ISO/R 1, *Température normale de référence des mesures industrielles de longueur*, fixe cette température à

20 °C

C'est à cette température que sont définies les dimensions prescrites pour les pièces et leurs instruments de vérification et que doit normalement être effectuée cette vérification.

En outre, toutes les opérations de mesurage prévues par la présente Recommandation ISO s'entendent par référence à une force de mesure nulle.

Si la mesure est effectuée avec une force de mesure non nulle, le résultat doit en être corrigé en conséquence. Cette correction n'est toutefois pas nécessaire pour des mesures comparatives, effectuées par les mêmes moyens de comparaison et avec la même force de mesure, entre des éléments semblables, de même matière et même état de surface.

### 2.2 Interprétation des limites de dimensions (Principe de Taylor)

Afin de garantir, autant que possible, que les exigences fonctionnelles du système ISO de tolérances et d'ajustements sont remplies, les limites de dimensions doivent être interprétées de la façon suivante dans l'étendue de la longueur prescrite :

Pour les *alésages*, le diamètre du plus grand cylindre imaginaire parfait qui peut être inscrit dans l'alésage de telle sorte qu'il vienne juste au contact des points les plus saillants de la surface, ne doit pas être un diamètre inférieur à la limite de dimension ENTRE. De plus, le diamètre maximal, en toute position dans l'alésage, ne doit pas dépasser la limite de dimension N'ENTRE PAS.

Pour les *arbres*, le diamètre du plus petit cylindre imaginaire parfait qui peut être circonscrit à l'arbre de telle sorte qu'il vienne juste au contact des points les plus saillants de la surface, ne doit pas être un diamètre supérieur à la limite de dimension ENTRE. De plus, le diamètre minimal, en toute position sur l'arbre, ne doit pas être inférieur à la limite de dimension N'ENTRE PAS.

L'interprétation ci-dessus signifie que, si la dimension de l'alésage ou de l'arbre est partout à la limite ENTRE, l'alésage, ou l'arbre, doit être parfaitement circulaire et rectiligne.

Sauf spécification contraire, et sous réserve des exigences exposées ci-dessus, les écarts, par rapport à la parfaite circularité et à la parfaite rectitude, peuvent atteindre la valeur totale de la tolérance spécifiée sur le diamètre. Des erreurs de forme caractéristiques extrêmes, admissibles suivant cette interprétation, sont illustrées par les Figures 1 et 2. En pratique, l'apparition de telles erreurs extrêmes est peu probable.

L'interprétation ci-dessus des limites de dimensions résulte de ce que l'on appelle le principe de Taylor, du nom de W. Taylor qui l'a établi le premier en 1905 : ce principe est basé sur l'emploi d'un système correct de calibres à limites pour la vérification des arbres et des alésages. Selon ce principe, un alésage doit s'assembler complètement avec un tampon cylindrique ENTRE exécuté à la limite spécifiée ENTRE de cet alésage et ayant une longueur au moins égale à la longueur d'ajustement de l'alésage avec l'arbre. De plus, l'alésage est mesuré ou contrôlé par calibres pour vérifier que son diamètre maximal n'est pas plus grand que la limite N'ENTRE PAS. Un arbre doit s'assembler complètement avec un calibre bague cylindrique exécuté à la limite spécifiée ENTRE de cet arbre et ayant une longueur au moins égale à celle de la longueur d'ajustement de l'arbre avec l'alésage. Enfin, l'arbre est mesuré ou contrôlé par calibres pour vérifier que son diamètre minimal n'est pas plus petit que la limite N'ENTRE PAS.

Dans des cas spéciaux, les erreurs de forme maximales, admissibles suivant l'interprétation ci-dessus, peuvent être trop importantes pour permettre un fonctionnement satisfaisant des pièces assemblées; dans de tels cas, des tolérances de forme distinctes doivent être données, par exemple, des tolérances distinctes de circularité et de rectitude, selon la Recommandation ISO/R 1101, *Dessins techniques – Tolérances de forme et tolérances de position – Première partie : Généralités, symboles, indications sur les dessins*.

### 2.3 Dépassement des limites

Les limites de dimensions dont il vient d'être question sont celles qui sont spécifiées dans la Recommandation ISO/R 286, *Système ISO de tolérances et d'ajustements – Première partie : Généralités, tolérances et écarts*. Toutefois, afin de tenir compte des techniques de fabrication des calibres jusqu'ici existantes, les tolérances de fabrication et d'usure des calibres à limites sont telles que les limites de dimensions spécifiées pour les qualités 6 à 8 peuvent être dépassées dans certains cas (dépassement  $y$  ou  $y_1$  – voir paragraphe 3.9.2.1). Dans ce cas, si pendant la fabrication, les pièces sont vérifiées au moyen d'instruments de mesure à lecture au lieu de calibres à limites, pour établir un principe d'acceptation uniforme, le fabricant peut aussi tenir compte du même dépassement  $y$  ou  $y_1$  que pour les calibres.

Si, par exception, la vérification doit être effectuée sans dépassement ( $y$  ou  $y_1 = 0$ ), dans les qualités 6 à 8 qui le comportent normalement, il importe de le préciser expressément en faisant suivre le numéro de qualité de la lettre N.\*

### 2.4 Choix du mode de vérification

Les pièces peuvent être vérifiées soit au moyen de calibres à limites fixes, soit au moyen d'instruments de mesure à lecture.

Chacune des deux méthodes peut avoir ses avantages et ses inconvénients, qu'il importe de connaître avant de faire choix de l'une d'entre elles.

Un système de calibres à limites, conçu en stricte conformité avec le principe de Taylor a l'avantage de contrôler la forme géométrique en même temps que la dimension des pièces. Mais des raisons pratiques imposent certaines dérogations à ce principe, ainsi qu'il est indiqué au paragraphe 3.3, de sorte que la vérification peut ne pas être toujours aussi satisfaisante qu'il serait souhaitable en théorie.

En outre, les calibres comportent eux-mêmes des erreurs de forme et de dimensions et doivent comporter des tolérances de fabrication et d'usure, de nature à réduire d'autant la partie de la tolérance des pièces restant disponible pour la fabrication de celles-ci.

Les instruments de mesure ne donnent la dimension de la pièce que dans la position de mesurage et sans vérification de la forme géométrique, ce qui nécessite pour celle-ci des mesures séparées dont le résultat doit être mis en corrélation avec celui de la mesure dimensionnelle. Ce procédé fastidieux n'est toutefois pas nécessaire si la confiance dans la précision de la fabrication est suffisante pour garantir que les erreurs de forme sont pratiquement négligeables.

D'autre part, l'emploi des instruments a l'avantage, surtout pour les pièces de très petites tolérances, de ne pas réduire, comme dans le cas d'emploi de calibres à limites, la partie de la tolérance des pièces restant disponible pour la fabrication. Enfin, l'emploi de ces instruments permet une méthode de vérification par échantillonnage qui avertit lorsque les dimensions s'approchent de l'une des limites dans une fabrication continue.

Pour éviter des litiges, il est recommandé de préciser à la commande le mode de vérification qui sera utilisé pour la réception.

Sauf indication contraire expresse, une pièce doit être considérée comme bonne si le fabricant peut faire la preuve qu'elle a été reconnue bonne par celui des procédés de vérification, conforme à la présente Recommandation ISO, qu'il a utilisé.

\* La désignation des anciennes qualités, avec dépassement, restant ainsi inchangée, il n'est cependant pas exclu de mieux marquer la distinction en faisant suivre leur numéro de la lettre A.

### 3. CALIBRES À LIMITES

#### 3.1 Types de calibres

3.1.1 Les *calibres à limites* sont utilisés pour la vérification des pièces. Pour la vérification des diamètres intérieurs, ils peuvent être des types suivants :

- calibre tampon cylindrique complet;
- calibre tampon sphérique ou calibre tampon à disque sphérique;
- jauge plate cylindrique;
- jauge plate à bouts sphériques;
- jauge plate à faces de mesure réduites;
- broche à bouts sphériques.

Pour la vérification des diamètres extérieurs, les calibres suivants peuvent être employés :

- calibre bague cylindrique complète;
- calibre-mâchoires.

3.1.2 Des *calibres de référence* ou des *cales-étalons* peuvent être utilisés pour la vérification ou l'ajustage des calibres à limites :

- a) les *calibres de référence* sont soit des disques de référence destinés au réglage des calibres-mâchoires, soit des tampons ou bagues cylindriques utilisés pour l'étalonnage des calibres ou des instruments de mesure à lecture;
- b) les *cales-étalons* sont des étalons de longueur comportant en bout des surfaces planes et parallèles, utilisés également pour l'étalonnage des calibres ou des instruments de mesure à lecture.

#### 3.2 Application du principe de Taylor

Sauf dérogations (voir paragraphe 3.3), l'application stricte du principe de Taylor conduit à prévoir

- pour la vérification de la limite ENTRE de la pièce :  
un calibre tampon, ou un calibre bague, ayant exactement pour diamètre la valeur de la limite ENTRE, et de longueur égale à celle de la pièce (ou à la longueur en prise de l'ajustement à réaliser);
- pour la vérification de la limite N'ENTRE PAS :  
un calibre ne venant au contact de la surface de la pièce qu'en deux points diamétralement opposés, et ayant exactement pour diamètre la valeur de la limite N'ENTRE PAS.

Le calibre ENTRE doit s'assembler complètement avec la pièce à vérifier et le calibre N'ENTRE PAS ne doit pouvoir passer sur, ou dans la pièce en aucune de ses positions successives, dans les diverses directions diamétrales sur la longueur de la pièce.

#### 3.3 Dérogation au principe de Taylor

L'application du principe de Taylor n'étant pas toujours strictement indispensable ou se heurtant à des difficultés de commodité d'emploi des calibres, certaines dérogations sont admises (voir paragraphe 3.4).

A la limite ENTRE, un calibre de forme complète n'est pas toujours nécessaire, ni utilisé, ainsi par exemple dans les cas suivants :

- La longueur d'un calibre tampon cylindrique ou d'une bague cylindrique ENTRE peut être inférieure à la longueur d'ajustement des pièces assemblées, s'il est reconnu qu'avec le procédé de fabrication utilisé, l'erreur de rectitude de l'alésage ou de l'arbre est si faible qu'elle n'affecte pas le caractère de l'ajustement des pièces assemblées. Cette dérogation permet l'emploi de calibres incomplets.
- Pour la vérification par calibres d'un grand alésage, un calibre tampon cylindrique ENTRE peut être trop lourd pour une utilisation commode, et l'emploi d'une jauge plate cylindrique ou d'une jauge plate à bouts sphériques est admis s'il est reconnu qu'avec le procédé de fabrication utilisé, l'erreur de circularité ou de rectitude de l'alésage ou de l'arbre est si faible qu'elle n'affecte pas le caractère de l'ajustement des pièces assemblées.

- Un calibre bague cylindrique ENTRE est souvent incommode pour la vérification des arbres et il peut être remplacé par un calibre-mâchoires, s'il est reconnu qu'avec le procédé de fabrication utilisé, les erreurs de circularité (en particulier la triangulation) et de rectitude de l'arbre sont si faibles qu'elles n'affectent pas le caractère de l'ajustement des pièces assemblées. La rectitude des arbres longs ayant un faible diamètre doit être contrôlée séparément.

A la limite N'ENTRE PAS, un instrument de vérification en deux points n'est pas toujours nécessaire, ni utilisé, ainsi par exemple pour les raisons suivantes :

- Les points de contact sont soumis à une usure rapide, et dans la plupart des cas, ils peuvent être remplacés aux endroits appropriés par de petites surfaces planes, cylindriques ou sphériques.
- Pour la vérification par calibres de très petits alésages, un instrument de vérification en deux points est difficile à concevoir et à fabriquer. Les calibres tampons cylindriques complets N'ENTRE PAS doivent être employés, mais l'utilisateur ne doit pas ignorer le fait qu'il lui est possible d'accepter des pièces ayant des diamètres en dehors de la limite N'ENTRE PAS.
- Les pièces non rigides peuvent être déformées suivant un ovale par un instrument à contact mécanique en deux points, fonctionnant avec une force de contact finie. S'il n'est pas possible de réduire la force de contact à une valeur voisine de zéro, il est nécessaire d'employer des calibres tampons cylindriques complets ou des calibres bagues cylindriques complètes N'ENTRE PAS.

Des pièces à parois minces peuvent comporter des faux-ronds (dus aux contraintes internes ou au traitement thermique). Dans ce cas, la limite N'ENTRE PAS signifie que la circonférence du cylindre correspondant à cette limite ne doit pas être dépassée. Par conséquent, les calibres cylindriques complets N'ENTRE PAS doivent être employés avec une force qui suffise juste à transformer la déformation élastique en circularité mais qui ne dilate ni ne comprime la paroi de la pièce.

Enfin, les dimensions des calibres ne peuvent pas être exécutées exactement à la limite appropriée de la pièce : elles doivent être exécutées avec des tolérances spécifiées.

### 3.4 Domaine d'emploi des divers types de calibres à limites

Compte tenu des indications qui précèdent, les types de calibres recommandés pour les différents domaines de dimensions nominales des pièces sont donnés aux Figures 5 et 6, dont la signification des symboles employés est donnée aux Figures 3 et 4.

### 3.5 Caractéristiques générales du tracé des calibres à limites

Aucune recommandation n'est donnée quant aux détails des tracés de calibres, ceux-ci étant laissés à l'initiative des fabricants de calibres ou des organismes nationaux de normalisation.

Les divers types de calibres sont indiqués aux Figures 3 et 4. Les types de calibres recommandés pour les différentes séries de dimensions nominales des pièces sont donnés aux Figures 5 et 6. La légende des symboles utilisés dans les Figures 5 et 6 est donnée dans les Figures 3 et 4.

Un *calibre tampon cylindrique complet* (Fig. 3 A) comporte une surface mesurante en forme de cylindre extérieur. Le mode de fixation du calibre à la poignée ne doit pas, en provoquant une contrainte indésirable, affecter la dimension et la forme du calibre.

Une petite gorge circulaire près de l'extrémité active du calibre et une légère réduction de diamètre de la courte surface cylindrique restante en bout sont recommandées pour servir de pilote et faciliter l'introduction du calibre dans l'alésage de la pièce.

Un *calibre tampon sphérique* ou un *calibre tampon à disque sphérique* (Fig. 3 B) comporte une surface mesurante en forme de sphère d'où deux calottes égales sont enlevées suivant les plans perpendiculaires à l'axe de la poignée.

Une *jauge plate cylindrique* (Fig. 3 C) comporte une surface mesurante en forme de cylindre extérieur dont deux segments axiaux sont ou bien en retrait (Fig. 3 C i)) ou bien enlevés (Fig. 3 C ii)). Ce calibre peut comporter des surfaces mesurantes réduites (Fig. 3 E).

Une *jauge plate à bouts sphériques* (Fig. 3 D) est semblable à la jauge représentée à la Figure 3 B, mais avec deux segments égaux enlevés suivant les plans parallèles à l'axe de la poignée, en plus de segments enlevés, suivant des plans normaux à l'axe de la poignée.

Une *jauge plate cylindrique à faces de mesure réduites* (Fig. 3 E) est semblable à la jauge représentée à la Figure 3 C, mais avec des surfaces mesurantes réduites dans des plans parallèles à l'axe de la poignée.

Une *broche à bouts sphériques* (Fig. 3 F) comporte en bout des surfaces sphériques de rayon ne dépassant pas la demi-longueur de la broche. La broche peut être fixe ou réglable.

Un *calibre bague cylindrique complet* (Fig. 4 A) comporte une surface mesurante en forme de cylindre intérieur. La paroi du calibre bague doit être suffisamment épaisse pour éviter d'être déformée dans des conditions d'utilisation normales.

Un *calibre-mâchoires* (Fig. 4 B) comporte, à sa dimension d'emploi, des surfaces mesurantes planes et parallèles (ou, en variante, une surface plane et une surface sphérique ou cylindrique, ou deux surfaces cylindriques d'axes parallèles à celui de l'arbre à vérifier). Les mâchoires ENTRE et N'ENTRE PAS peuvent se trouver du même côté du calibre-mâchoires. Le calibre-mâchoires peut être fixe ou réglable.

### 3.6 Matières et autres détails concernant les calibres

Les surfaces mesurantes doivent être en matière résistante à l'usure telle que : acier trempé, couche de chrome dur d'épaisseur au moins égale à la zone d'usure du calibre, ou encore carbure de tungstène.

Il est recommandé d'isoler les calibres, autant que possible, de la chaleur de la main de l'opérateur, lorsque celle-ci est susceptible d'affecter d'une manière appréciable la précision de la mesure.

Les calibres-mâchoires N'ENTRE PAS doivent comporter un repère d'identification tel que gorge, par exemple, ou une couleur rouge, ou une réduction aisément visible de l'étendue de la surface mesurante. Ce repère n'est pas nécessaire si le côté N'ENTRE PAS se distingue déjà d'une manière évidente, comme dans le cas d'un calibre-mâchoires ENTRE et N'ENTRE PAS à une seule entrée.

### 3.7 Définitions et vérification des dimensions des calibres

3.7.1 *Calibres tampons cylindriques*. Le diamètre du calibre doit être mesuré entre un plan et une touche sphérique ou entre deux plans parallèles. La valeur obtenue doit être corrigée, en raison de la déformation des surfaces en contact provoquée par la force de mesure (c'est-à-dire que le diamètre du calibre est celui du diamètre mesuré lorsque la force de mesure est nulle). Le diamètre doit être mesuré en au moins quatre positions, choisies pour déceler les erreurs de forme.

Tous les diamètres mesurés du calibre doivent être sur ou entre les limites de dimensions spécifiées, et l'étendue (c'est-à-dire la différence entre les valeurs maximale et minimale) ne doit pas dépasser la tolérance de forme du calibre (voir le paragraphe 3.9.2.3). Si l'on soupçonne l'existence d'une triangulation, on doit la vérifier par un mesurage en trois points ou par un mesurage de la circularité.

3.7.2 *Jauge plate à bouts sphériques, calibre tampon à disque sphérique, broche à bouts sphériques*. Le diamètre de la partie sphérique du calibre doit être mesuré entre deux plans parallèles; ces plans peuvent n'avoir qu'une faible surface (par exemple, le diamètre de la surface de l'extrémité plane de la touche d'un instrument de mesure peut n'être que de 5 mm).

La valeur obtenue doit être corrigée en raison de la déformation des surfaces en contact provoquée par la force de mesure (c'est-à-dire que le diamètre du calibre est celui obtenu lorsque la force de mesure est nulle).

Le diamètre doit être mesuré en au moins quatre positions, choisies pour déceler les erreurs de forme. Tous les diamètres mesurés du calibre doivent être sur ou entre les limites de dimensions spécifiées, et l'étendue (c'est-à-dire la différence entre les valeurs maximale et minimale) ne doit pas dépasser la tolérance de forme du calibre (voir paragraphe 3.9.2.3). Si l'on soupçonne l'existence d'une triangulation, on doit la vérifier par un mesurage en trois points ou par un mesurage de la circularité.

3.7.3 *Calibres bagues cylindriques*. Le diamètre doit être mesuré au moyen de deux touches à extrémité sphérique, situées dans un plan perpendiculaire à l'axe du calibre bague. Lors du déplacement de l'instrument de mesure dans ce plan, la plus grande distance comprise entre les deux touches détermine le diamètre. La valeur obtenue doit être corrigée, en raison de la déformation des surfaces en contact provoquée par la force de mesure (c'est-à-dire que le diamètre du calibre est celui obtenu lorsque la force de mesure est nulle).

Le diamètre doit être mesuré en au moins quatre positions, choisies pour déceler les erreurs de forme. Tous les diamètres mesurés doivent être sur ou entre les limites de dimension spécifiées, et l'étendue (c'est-à-dire la différence entre les valeurs maximale et minimale) ne doit pas dépasser la tolérance de forme du calibre (voir paragraphe 3.9.2.3). Si l'on soupçonne l'existence d'une triangulation, on doit la vérifier par un mesurage en trois points ou par un mesurage de la circularité.

3.7.4 *Calibres-mâchoires.* La *dimension effective* d'un calibre-mâchoires est définie comme la longueur de la perpendiculaire abaissée entre les surfaces mesurantes lorsqu'aucune force n'est exercée sur le calibre.

La *dimension d'emploi* d'un calibre-mâchoires est définie comme le diamètre d'un disque de référence sur lequel le calibre-mâchoires passe juste, dans une direction verticale, sous la charge d'emploi inscrite sur ce calibre, ou, si celle-ci n'est pas indiquée, sous son propre poids. Au préalable, le disque doit être graissé avec une mince couche de vaseline et être ensuite essuyé soigneusement, mais sans frotter. Les surfaces mesurantes du calibre-mâchoires doivent être nettoyées. Le calibre-mâchoires doit glisser sur le disque après avoir été amené soigneusement au repos en contact avec le disque et ensuite laissé libre : les forces d'inertie sont ainsi évitées.

Pour les calibres-mâchoires plus lourds, il est recommandé que la charge d'emploi soit inférieure au poids du calibre afin que la dimension d'emploi puisse être déterminée de façon plus précise. Les positions des endroits où on doit appliquer les forces destinées à contrebalancer en partie le poids du calibre (voir Fig. 7) doivent être marquées sur les calibres de dimensions nominales supérieures à 100 mm (4 in).

La dimension d'emploi d'un calibre-mâchoires n'est pas définie avec une force de mesure nulle, comme pour les autres définitions, car la dimension d'un disque de référence est définie avec une force de mesure nulle, et le calibre-mâchoires doit être considéré comme un comparateur destiné à transmettre (sur la limite considérée) la dimension du disque de référence à la pièce.

En pratique, un disque de référence peut être utilisé directement pour accepter un calibre-mâchoires dans le cas où le disque et le calibre-mâchoires sont fournis ensemble et si le calibre-mâchoires a été ajusté au disque. Dans les autres cas, l'un ou l'autre des deux procédés suivants est recommandé.

- a) Déterminer les charges successives sous lesquelles le calibre-mâchoires doit passer sur deux disques de référence de diamètre différent, dans des conditions spécifiées dans la définition de la dimension d'emploi. La différence de ces deux charges est prise comme base pour le calcul de la dimension d'emploi du calibre-mâchoires à sa charge d'emploi.
- b) Utiliser un disque de référence ayant un diamètre inférieur\* à la plus petite dimension admissible du calibre-mâchoires. Faire adhérer successivement sur les surfaces mesurantes du calibre-mâchoires des cales étalons, si possible également réparties de telle sorte que dans le premier cas, la somme du diamètre du disque de référence et des cales étalons soit égale à la plus petite dimension d'emploi admissible et dans le second cas égale à la plus grande dimension d'emploi admissible du calibre.\*\*

Dans le premier cas, le calibre-mâchoires doit passer sur le disque de référence, et dans le second cas, il ne doit pas passer sur le disque de référence dans les conditions spécifiées dans la définition de la dimension d'emploi.

Les cas critiques sont réglés suivant la méthode b) exposée ci-dessus.\*\*\*

Lorsqu'un calibre-mâchoires est utilisé dans une position horizontale, l'axe de la pièce étant vertical, sa dimension d'emploi est définie comme la dimension la plus grande d'un disque de référence ou d'une combinaison de cales-étalons, sur lesquels il peut être juste déplacé à la main sans exercer une force excessive.

La différence entre la dimension d'emploi et la dimension effective d'un calibre-mâchoires est égale à la valeur dont le calibre est déformé par la force appliquée pendant la détermination de la dimension d'emploi. Un calibre-mâchoires doit être exécuté aussi rigide que possible, en rapport avec le poids du calibre, afin que cette différence de dimension reste minimale.

### 3.8 Mode d'emploi des calibres

Les recommandations suivantes concernent l'utilisation générale des calibres à l'atelier, aussi bien que leur utilisation dans les cas limites.

#### 3.8.1 Calibres d'alésages

3.8.1.1 CALIBRE ENTRE. Un calibre ENTRE doit s'assembler complètement avec l'alésage lorsqu'il est appliqué à la main, sans exercer une force excessive, et la longueur totale de l'alésage doit être vérifiée. Pour la vérification par calibres de pièces non rigides, telles que des pièces à parois minces, l'application d'une force trop importante élargira le diamètre de l'alésage. Une jauge plate ENTRE doit être introduite dans l'alésage en au moins deux ou trois plans axiaux également répartis sur la circonférence.

\* Pour les calibres-mâchoires jusqu'à 100 mm, il est conseillé de prendre un disque dont le diamètre soit plus petit de 5 mm que la dimension nominale et pour les calibres-mâchoires au-delà de 100 mm, de 10 mm plus petit que la dimension nominale.

\*\* On peut également utiliser des disques de référence ayant des dimensions respectivement égales à la plus grande et à la plus petite dimension admissibles.

\*\*\* Comparable à la pratique en usage dans certains pays, suivant laquelle le calibre-mâchoires neuf, introduit successivement sur deux combinaisons de cales-étalons correspondant chacune à l'une des limites fixées pour ce calibre, doit pouvoir être soulevée en entraînant l'une de ces combinaisons sans entraîner l'autre.