
**Spécification géométrique des
produits (GPS) — Tolérancement
géométrique — Exigence du maximum
de matière (MMR), exigence du
minimum de matière (LMR) et
exigence de réciprocité (RPR)**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing
— Maximum material requirement (MMR), least material
requirement (LMR) and reciprocity requirement (RPR)*

ISO 2692:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0603f1a-78f7-4197-ad90-013013d5c2be/iso-2692-2021>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 2692:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0603f1a-78f7-4197-ad90-013013d5c2be/iso-2692-2021>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

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 Exigence du maximum de matière (MMR) et exigence du minimum de matière (LMR)	5
4.1 Généralités	5
4.1.1 Spécifications MMVS ou LMVS	5
4.1.2 Détermination indirecte de MMVS ou de LMVS	6
4.1.3 Indication directe de la MMVS ou de la LMVS	7
4.1.4 MMR ou LMR appliquées à plusieurs éléments tolérancés	7
4.1.5 Exigence simultanée	7
4.1.6 MMR ou LMR sur une référence spécifiée sans MMR ou LMR sur l'élément tolérancé	7
4.2 Exigence du maximum de matière (MMR)	7
4.2.1 MMR pour éléments tolérancés avec détermination indirecte de la dimension virtuelle	7
4.2.2 MMR pour éléments de référence considérés avec détermination indirecte de la dimension virtuelle	9
4.2.3 MMR pour éléments tolérancés avec indication directe de la dimension virtuelle	10
4.2.4 MMR pour éléments de référence considérés avec indication directe de la dimension virtuelle	11
4.3 Exigence du minimum de matière (LMR)	11
4.3.1 LMR pour éléments tolérancés avec détermination indirecte de la dimension virtuelle	11
4.3.2 LMR pour éléments de référence considérés avec détermination indirecte de la dimension virtuelle	13
4.3.3 LMR pour éléments tolérancés avec indication directe de la dimension virtuelle	14
4.3.4 LMR pour éléments de référence considérés avec indication directe de la dimension virtuelle	15
5 Exigence de réciprocité (RPR)	15
5.1 Généralités	15
5.2 Exigence de réciprocité (RPR) et exigence du maximum de matière (MMR)	16
5.3 Exigence de réciprocité (RPR) et exigence du minimum de matière (LMR)	16
Annexe A (informative) Exemples de tolérancements avec [Ⓜ], [Ⓛ] et [Ⓡ]	17
Annexe B (informative) Ancienne pratique	51
Annexe C (informative) Vue d'ensemble des concepts	52
Annexe D (informative) Utilisation de symboles pour les caractéristiques géométriques avec [Ⓜ] ou [Ⓛ]	55
Annexe E (informative) Relation avec le modèle de matrice GPS	57
Bibliographie	58

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 213, *Spécifications et vérification dimensionnelles et géométriques des produits*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 290, *Spécification dimensionnelle et géométrie des produits, et vérification correspondante*, du Comité européen pour la normalisation (CEN) conformément à l'Accord sur la coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 2692:2014), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- ajout de l'indication directe de la dimension virtuelle au maximum de matière ou au minimum de matière (voir [4.1.3](#));
- ajout de l'utilisation des symboles SZ ou CZ (voir [4.1.4](#));
- ajout de l'utilisation du symbole SIM (voir [4.1.5](#)).

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

0.1 Généralités

Le présent document est une norme de spécification géométrique des produits (GPS) et doit être considérée comme une norme GPS générale (voir l'ISO 14638). Il influence les maillons A, B et C des chaînes de normes sur la taille, la forme, l'orientation et la position.

Le modèle de matrice ISO/GPS donné dans l'ISO 14638 donne une vue d'ensemble du système ISO/GPS, dont le présent document fait partie. Les principes fondamentaux du système ISO/GPS donnés dans l'ISO 8015 s'appliquent au présent document et les règles de décision par défaut données dans l'ISO 14253-1 s'appliquent aux spécifications faites conformément au présent document, sauf indication contraire.

Pour de plus amples informations sur la relation du présent document avec le modèle de matrice GPS, voir l'[Annexe E](#).

Le présent document traite de quelques cas fréquents d'exigences fonctionnelles de conception et de tolérancement de pièces. L'«exigence du maximum de matière» (MMR) peut couvrir, par exemple, «l'aptitude à l'assemblage», et l'«exigence du minimum de matière» (LMR) peut couvrir, par exemple, l'«épaisseur minimale de paroi» d'une pièce. Les exigences MMR et LMR peuvent simuler précisément la fonction prévue de la pièce en permettant la combinaison de deux exigences indépendantes en une exigence combinée ou de définir directement un état virtuel au maximum de matière (MMVC) ou un état virtuel au minimum de matière (LMVC) (voir [Annexe C](#)). Dans certains cas, tant pour la MMR que pour la LMR, l'«exigence de réciprocité» (RPR) peut être ajoutée.

NOTE 1 Dans les normes GPS les éléments filetés sont souvent considérés comme un type d'entité dimensionnelle cylindrique. Cependant, le présent document ne définit aucune règle sur la façon d'appliquer MMR, LMR et RPR aux éléments filetés. Par conséquent, l'application des outils définis dans le présent document pour les éléments filetés est risquée.

NOTE 2 Une valeur de tolérance géométrique de 0 (0^M ou 0^L) peut être utilisée pour éviter la non-conformité des pièces qui peuvent être assemblées, dans le cas de MMR, ou qui ont une épaisseur minimale de paroi, dans le cas de LMR.

0.2 Information au sujet de MMR

L'assemblage des pièces dépend de l'effet combiné de:

- a) la taille (d'une ou plusieurs entités dimensionnelles), et
- b) l'écart géométrique des éléments et de leurs éléments dérivés, tels que les groupes de trous de passage dans deux brides et les boulons qui les serrent.

Le jeu d'assemblage minimum apparaît lorsque chacune des entités dimensionnelles d'assemblage est à sa dimension au maximum de matière (MMS) (par exemple, le plus gros boulon et le plus petit trou) et lorsque les écarts géométriques (par exemple, les écarts de forme, d'orientation et de position) des entités dimensionnelles et de leurs éléments dérivés (ligne médiane ou surface médiane) consomment également totalement leurs tolérances. Le jeu d'assemblage augmente jusqu'à un maximum lorsque les tailles des entités dimensionnelles assemblées s'éloignent le plus de leurs MMSs (par exemple le plus petit arbre et le plus grand trou) et lorsque les écarts géométriques (par exemple les écarts de forme, d'orientation et de position) des entités dimensionnelles et de leurs éléments dérivés sont nuls. Il s'ensuit donc que, pour gérer l'aptitude à l'assemblage, l'effet de la variation dimensionnelle et géométrique peut être traité par une spécification utilisant le concept de maximum de matière. Cette exigence est indiquée sur le dessin par le symbole ^M.

De plus, il peut être utile d'ajouter ^M à l'indicateur de référence spécifiée dans la section «Références spécifiées» lorsque la référence spécifiée est une entité dimensionnelle de taille linéaire et que le jeu entre la référence spécifiée et la contrepartie est favorable à l'assemblage de la pièce.

0.3 Information au sujet de LMR

La LMR est destinée à vérifier, par exemple, l'épaisseur minimale de paroi, permettant ainsi d'éviter les éclatements (causés par la pression à l'intérieur d'un tube) ou la largeur maximale dans une série de rainures. Pour gérer la fonction de résistance de matière, l'effet de la variation dimensionnelle et géométrique peut être traitée par une spécification utilisant le concept de minimum de matière. Cette exigence est indiquée sur les dessins par le symbole $\textcircled{L}$.

0.4 Information au sujet de RPR

La RPR est un modificateur supplémentaire, qui peut être employée en relation avec la MMR ou avec la LMR lorsque cela est autorisé – en tenant compte de la fonction de l'élément ou des éléments tolérancés – afin d'augmenter la tolérance dimensionnelle lorsque l'écart géométrique de la pièce réelle ne tire pas le meilleur parti de MMVC ou de LMVC.

La RPR est indiquée sur les dessins par le symbole $\textcircled{R}$.

0.5 Information générale sur la terminologie et les figures

La terminologie et les concepts de tolérancement du présent document ont été mis à jour pour être conformes à la terminologie GPS, notamment celle dans l'ISO 286-1, l'ISO 14405-1, l'ISO 17450-1 et l'ISO 17450-3.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2692:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0603f1a-78f7-4197-ad90-013013d5c2be/iso-2692-2021>

Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement géométrique — Exigence du maximum de matière (MMR), exigence du minimum de matière (LMR) et exigence de réciprocité (RPR)

1 Domaine d'application

Le présent document définit l'exigence du maximum de matière (MMR), l'exigence du minimum de matière (LMR) et l'exigence de réciprocité (RPR). Ces exigences ne peuvent s'appliquer qu'aux entités dimensionnelles linéaires de type cylindrique ou de type deux plans parallèles opposés.

Ces exigences sont souvent employées afin de contrôler des fonctions spécifiques des pièces où la taille et la géométrie sont interdépendantes, afin d'assurer, par exemple, les fonctions «assemblage des pièces» (dans le cas de la MMR) ou «épaisseur minimale de paroi» (dans le cas de la LMR). Cependant, la MMR et la LMR peuvent également être employées pour respecter d'autres exigences fonctionnelles de conception.

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 du 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 2692:2021

ISO 1101:2017, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement géométrique — Tolérancement de forme, orientation, position et battement*

ISO 5458, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement géométrique — Spécification géométrique de groupes d'éléments et spécification géométrique combinée*

ISO 5459:2011, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement géométrique — Références spécifiées et systèmes de références spécifiées*

ISO 14405-1, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement dimensionnel — Partie 1: Tailles linéaires*

ISO 17450-1:2011, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Concepts généraux — Partie 1: Modèle pour la spécification et la vérification géométriques*

ISO 17450-3, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Concepts généraux — Partie 3: Éléments tolérancés*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions des ISO 5459, ISO 14405-1, ISO 17450-1 et ISO 17450-3 et les 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 <http://www.electropedia.org/>

3.1 élément intégral

élément géométrique appartenant à la surface réelle de la pièce ou à un modèle de surface

Note 1 à l'article: Un élément intégral est intrinsèquement défini, par exemple la peau de la pièce.

[SOURCE: ISO 17450-1:2011, 3.3.5, modifiée — Notes à l'article 2 et 3 supprimées.]

3.2 entité dimensionnelle de taille linéaire

entité géométrique, possédant une ou plusieurs caractéristiques intrinsèques, dont une seule peut être considérée comme paramètre variable, qui, de plus, appartient à une «famille monoparamétrique» et obéit à la propriété de contenant monotonique pour ce paramètre

EXEMPLE 1 Un trou ou un arbre cylindrique simple est une entité dimensionnelle de taille linéaire. Sa taille linéaire est son diamètre.

EXEMPLE 2 Deux surfaces planes parallèles opposées sont une entité dimensionnelle de taille linéaire. Leur taille linéaire est la distance entre les deux plans parallèles opposés.

[SOURCE: ISO 17450-1:2011, 3.3.1.5.1, modifiée — Notes à l'article supprimées; EXEMPLE 2 remplacé.]

3.3 élément dérivé

élément géométrique qui n'existe pas physiquement sur la surface réelle de la pièce et qui n'est pas nativement un *élément intégral* (3.1) nominal

Note 1 à l'article: Un élément dérivé peut être établi à partir d'une surface intégrale nominale, d'une surface intégrale associée ou d'une surface intégrale extraite. Il est respectivement qualifié d'élément dérivé nominal, d'élément dérivé associé ou d'élément dérivé extrait.

Note 2 à l'article: Le point central, la ligne médiane et la surface médiane définie à partir d'un ou plusieurs *éléments intégraux* (3.1) sont des types d'éléments dérivés.

EXEMPLE 1 La ligne médiane d'un cylindre est un élément dérivé obtenu à partir de la surface cylindrique, laquelle est un *élément intégral* (3.1). L'axe du cylindre nominal est un élément dérivé nominal.

EXEMPLE 2 La surface médiane de deux plans parallèles opposés est un élément dérivé obtenu à partir des deux plans parallèles opposés, lesquels constituent un *élément intégral* (3.1). Le plan médian des deux plans parallèles opposés nominaux est un élément dérivé nominal.

[SOURCE: ISO 17450-1:2011, 3.3.6, modifiée.]

3.4 dimension au maximum de matière MMS

<entité dimensionnelle extérieure de taille linéaire> valeur égale à la limite supérieure de taille (ULS) ou à la plus grande ULS dans le cas de spécifications dimensionnelles multiples

Note 1 à l'article: Une MMS peut être définie pour toutes les caractéristiques dimensionnelles dans l'ISO 14405-1.

Note 2 à l'article: ULS est définie dans l'ISO 14405-1.

3.5 dimension au minimum de matière MMS

<entité dimensionnelle intérieure de taille linéaire> valeur égale à la limite inférieure de taille (LLS) ou à la plus petite LLS en cas de spécifications dimensionnelles multiples

Note 1 à l'article: Une MMS peut être définie pour toutes les caractéristiques dimensionnelles dans l'ISO 14405-1.

Note 2 à l'article: LLS est définie dans l'ISO 14405-1.

3.6**dimension au minimum de matière****LMS**

<entité dimensionnelle extérieure de taille linéaire> valeur égale à LLS ou à la plus petite LLS en cas de spécifications dimensionnelles multiples

Note 1 à l'article: Une LMS peut être définie pour toutes les caractéristiques dimensionnelles dans l'ISO 14405-1.

Note 2 à l'article: LLS est définie dans l'ISO 14405-1.

3.7**dimension au minimum de matière****LMS**

<entité dimensionnelle intérieure de taille linéaire> valeur égale à ULS ou à la plus grande ULS dans le cas de spécifications dimensionnelles multiples

Note 1 à l'article: Une LMS peut être définie pour toutes les caractéristiques dimensionnelles dans l'ISO 14405-1.

Note 2 à l'article: ULS est définie dans l'ISO 14405-1.

3.8**dimension virtuelle au maximum de matière****MMVS**

valeur égale à la taille de l'état virtuel au maximum de matière (3.9)

Note 1 à l'article: MMVS peut être directement indiquée (voir 4.1.3) ou calculée depuis la dimension au maximum de matière (3.4, 3.5) et la tolérance géométrique (voir 4.1.2).

3.9**état virtuel au maximum de matière****MMVC**

état de l'élément associé de taille égale à la dimension virtuelle au maximum de matière (3.8)

Note 1 à l'article: MMVC est un état de forme parfaite de l'entité dimensionnelle de taille linéaire (3.2).

Note 2 à l'article: MMVC inclut une contrainte d'orientation (conformément à l'ISO 1101 et l'ISO 5459) de l'élément associé lorsque la spécification géométrique est une spécification d'orientation (voir Figure A.3). MMVC inclut une contrainte de position (conformément à l'ISO 1101 et l'ISO 5459) de l'élément associé lorsque la spécification géométrique est une spécification de position (voir Figure A.4).

Note 3 à l'article: Voir exemples dans l'Annexe A.

3.10**dimension virtuelle au minimum de matière****LMVS**

valeur égale à la taille de l'état virtuel au minimum de matière (3.11)

Note 1 à l'article: LMVS peut être directement indiquée (voir 4.1.3) ou calculée depuis la dimension au minimum de matière (3.6, 3.7) et la tolérance géométrique (voir 4.1.2).

3.11**état virtuel au minimum de matière****LMVC**

état de l'élément associé de la dimension virtuelle au minimum de matière (3.10)

Note 1 à l'article: LMVC est un état de forme parfaite de l'entité dimensionnelle de taille linéaire (3.2).

Note 2 à l'article: LMVC inclut une contrainte d'orientation (conformément à l'ISO 1101 et l'ISO 5459) de l'élément associé lorsque la spécification géométrique est une spécification d'orientation. LMVC inclut une contrainte de position (conformément à l'ISO 1101 et l'ISO 5459) de l'élément associé lorsque la spécification géométrique est une spécification de position (voir Figure A.5).

Note 3 à l'article: Voir Figures A.5, A.8, A.9, A.14, A.15.

3.12

exigence du maximum de matière

MMR

exigence pour une *entité dimensionnelle de taille linéaire* (3.2), définissant un élément géométrique du même type et de forme parfaite, avec une valeur donnée pour la caractéristique intrinsèque (dimension) égale à la *dimension virtuelle au maximum de matière* (3.8), qui limite l'élément non idéal de la partie extérieure de la matière

Note 1 à l'article: MMR est employée pour vérifier l'aptitude à l'assemblage d'une pièce.

Note 2 à l'article: Voir aussi 4.2.

3.13

exigence du minimum de matière

LMR

exigence pour une *entité dimensionnelle de taille linéaire* (3.2), définissant un élément géométrique du même type et de forme parfaite, avec une valeur donnée pour la caractéristique intrinsèque (dimension) égale à la *dimension virtuelle au minimum de matière* (3.10), qui limite l'élément non idéal de la partie intérieure de la matière

Note 1 à l'article: LMR est employée pour contrôler, par exemple, l'épaisseur minimale de paroi entre deux entités dimensionnelles similaires positionnées de façon symétrique ou coaxiale.

Note 2 à l'article: Voir aussi 4.3.

3.14

exigence de réciprocité

RPR

exigence supplémentaire pour une *entité dimensionnelle de taille linéaire* (3.2) indiquée en complément de l'exigence du maximum de matière (3.12), ou de l'exigence du minimum de matière (3.13), pour indiquer que la tolérance dimensionnelle est augmentée par la différence entre la tolérance géométrique et l'écart géométrique réel

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2692:2021
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0603f1a-78f7-4197-ad90-013013d5c2be/iso-2692-2021>

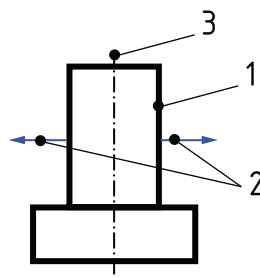
3.15

entité dimensionnelle extérieure de taille linéaire

entité dimensionnelle de taille linéaire (3.2) où les vecteurs normaux à la surface sont orientés vers l'extérieur de la matière dans la direction opposée à l'élément médian

Note 1 à l'article: La surface cylindrique d'un arbre est considérée comme une entité dimensionnelle extérieure de taille linéaire.

Note 2 à l'article: Voir Figure 1.



Légende

- 1 entité dimensionnelle extérieure de taille linéaire
- 2 vecteurs normaux dirigés vers l'extérieur du matériau
- 3 élément médian (axe du cylindre)

Figure 1 — Exemple d'entité dimensionnelle extérieure de taille linéaire

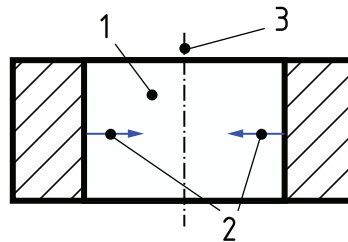
3.16

entité dimensionnelle intérieure de taille linéaire

entité dimensionnelle de taille linéaire (3.2) où les vecteurs normaux à la surface sont orientés vers l'extérieur à partir du matériau en direction de l'élément médian

Note 1 à l'article: La surface cylindrique d'un trou est considérée comme une entité dimensionnelle intérieure de taille linéaire.

Note 2 à l'article: Voir [Figure 2](#).



Légende

- 1 entité dimensionnelle intérieure de taille linéaire
- 2 vecteurs normaux dirigés vers l'extérieur du matériau
- 3 élément médian (axe du cylindre)

Figure 2 — Exemple d'entité dimensionnelle intérieure de taille linéaire

4 Exigence du maximum de matière (MMR) et exigence du minimum de matière (LMR)

ISO 2692:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c0603fla-78f7-4197-ad90-013013d5c2be/iso-2692-2021>

4.1 Généralités

4.1.1 Spécifications MMVS ou LMVS

La MMR et la LMR peuvent s'appliquer à un ensemble d'une ou plusieurs entités dimensionnelles utilisées comme élément(s) tolérancé(s), référence(s) spécifiée(s) ou les deux. La MMVS ou la LMVS doit être spécifiée par l'une des deux options suivantes.

- a) Une MMR sans indication directe de MMVS ou une LMR sans indication directe de LMVS mais avec une spécification dimensionnelle pour l'élément considéré. Cette option correspond à la détermination indirecte de la dimension virtuelle dans le présent document.
- b) Une MMR avec une indication directe de MMVS entre crochets dans l'indicateur de tolérance ou une LMR avec indication directe de LMVS entre crochets dans l'indicateur de tolérance comme expliqué dans le présent document. Cette option correspond à l'indication directe de la dimension virtuelle.

Une spécification géométrique avec MMR ou LMR doit être indiquée comme s'appliquant à un élément dérivé. Cependant l'élément tolérancé considéré dans les règles du présent document est l'élément intégral correspondant.

Les règles du présent document ne doivent pas être appliquées aux éléments filetés, même si ces derniers sont souvent considérés comme des éléments cylindriques dans les normes GPS.

Les combinaisons possibles de symboles de caractéristiques géométriques et de MMR ou LMR sont illustrées dans l'[Annexe D](#).

4.1.2 Détermination indirecte de MMVS ou de LMVS

Lorsque une détermination indirecte de la dimension virtuelle est sélectionnée [4.1.1 a)], la(les) dimension(s) virtuelle(s) introduite(s) par l'utilisation d'un modificateur de maximum ou minimum de matière dans la spécification géométrique doit(doivent) être calculée(s) en considérant la(les) combinaison(s) de la(des) tolérance(s) géométrique(s) (appliquée(s) à l'élément dérivé de l'entité dimensionnelle) et de la limite de tolérance supérieure ou inférieure de la(des) spécification(s) dimensionnelle(s) (de(des) entités dimensionnelle(s)).

NOTE Comme défini par le domaine d'application, les seuls éléments dérivés considérés dans le présent document sont les lignes médianes et les surfaces médianes.

Lorsque la détermination indirecte de la dimension virtuelle est utilisée, alors la MMVS ou la LMVS doit être le résultat des calculs décrits ci-dessous.

Pour les entités dimensionnelles extérieures de taille linéaire à l'exception d'un élément de référence avec MMR lorsque la règle F est respectée [voir 4.2.2 b)], la MMVS est donnée par la [Formule \(1\)](#):

$$\sigma_{\text{MMVS}} = \sigma_{\text{MMS}} + \delta \quad (1)$$

Pour les entités dimensionnelles intérieures de taille linéaire à l'exception d'un élément de référence avec MMR lorsque la règle F est respectée [voir 4.2.2 b)], la MMVS est donnée par la [Formule \(2\)](#):

$$\sigma_{\text{MMVS}} = \sigma_{\text{MMS}} - \delta \quad (2)$$

Pour les entités dimensionnelles extérieures de taille linéaire à l'exception d'un élément de référence avec LMR lorsque la règle M est respectée [voir 4.3.2 b)], la LMVS est donnée par la [Formule \(3\)](#):

$$\sigma_{\text{LMVS}} = \sigma_{\text{LMS}} - \delta \quad (3)$$

Pour les entités dimensionnelles intérieures de taille linéaire à l'exception d'un élément de référence avec LMR lorsque la règle M est respectée [voir 4.3.2 b)], la LMVS est donnée par la [Formule \(4\)](#):

$$\sigma_{\text{LMVS}} = \sigma_{\text{LMS}} + \delta \quad (4)$$

Pour un élément de référence avec MMR lorsque la règle F est respectée [voir 4.2.2 b)], la MMVS pour les entités dimensionnelles extérieures et intérieures est donnée dans la [Formule \(5\)](#):

$$\sigma_{\text{MMVS}} = \sigma_{\text{MMS}} \quad (5)$$

Pour un élément de référence avec LMR lorsque la règle M est respectée [voir 4.3.2 b)], la LMVS pour les entités dimensionnelles extérieures et intérieures est donnée par la [Formule \(6\)](#):

$$\sigma_{\text{LMVS}} = \sigma_{\text{LMS}} \quad (6)$$

où

σ_{MMVS} est la MMVS;

σ_{MMS} est la MMS;

σ_{LMVS} est la LMVS;

σ_{LMS} est la LMS;

δ est la tolérance géométrique.

4.1.3 Indication directe de la MMVS ou de la LMVS

Lorsque l'indication directe de la dimension virtuelle est sélectionnée [4.1.1 b)], alors la MMVS ou la LMVS doit être indiquée entre crochets dans l'indicateur de tolérance et la dimension virtuelle est égale à cette valeur tel qu'indiqué dans les règles du présent document. Si une dimension est également spécifiée pour l'élément considéré, elle doit être considérée comme une spécification indépendante selon l'ISO 14405-1. Aucune exigence combinée n'est créée entre les deux spécifications (spécification dimensionnelle et spécification géométrique) dans le cas de l'indication directe de MMVS ou de LMVS.

NOTE Il est de la responsabilité du concepteur de sélectionner des valeurs compatibles pour la dimension de l'élément et la MMVS ou la LMVS car elles peuvent être en conflit.

4.1.4 MMR ou LMR appliquées à plusieurs éléments tolérancés

Lorsqu'une MMR ou une LMR s'applique à plusieurs éléments tolérancés, les symboles CZ ou SZ doivent toujours être indiqués dans la section «Zone» de l'indicateur de tolérance suivant l'ordre séquentiel spécifié dans l'ISO 1101.

NOTE Voir l'Annexe B pour l'ancienne pratique.

4.1.5 Exigence simultanée

Une exigence simultanée peut être utile pour, par exemple une MMR ou une LMR avec la même indication de référence spécifiée contenant une MMR ou une LMR.

Lorsqu'une exigence simultanée est nécessaire, le symbole SIM éventuellement suivi d'un numéro d'identification (SIMi) sans espace doit être indiqué dans le champ d'indication adjacent de chaque spécification géométrique liée conformément à l'ISO 5458.

L'utilisation du modificateur SIM transforme un ensemble de plusieurs spécifications géométriques avec une MMR ou une LMR en une spécification combinée. Les MMVC ou LMVC correspondantes sont regroupées avec les contraintes de position et d'orientation conformément aux règles du présent document. Le système de références spécifiées est également contraint à être le même pour chaque spécification du même groupe SIM.

La Figure A.17 illustre un exemple d'exigence simultanée.

4.1.6 MMR ou LMR sur une référence spécifiée sans MMR ou LMR sur l'élément tolérancé

Lorsqu'une MMR ou LMR s'applique uniquement à la référence spécifiée (voir Figure A.19), alors les règles pour la référence spécifiée s'appliquent pleinement (voir 4.2.2, 4.2.4 et 4.3.2, 4.3.4). De plus les contraintes sur le(les) MMVC(s) de(s) référence(s) spécifiée(s) et le(les) MMVC(s) de(s) élément(s) tolérancé(s) indiqués dans la règle D [voir 4.2.1 d)] ou dans la règle K [voir 4.3.1 d)] sont remplacés avec les contraintes correspondantes appliquées sur le(les) MMVC(s) de(s) référence(s) spécifiée(s) et la zone de tolérance tel que défini dans l'ISO 1101 et l'ISO 5459.

4.2 Exigence du maximum de matière (MMR)

4.2.1 MMR pour éléments tolérancés avec détermination indirecte de la dimension virtuelle

Lorsque la MMR s'applique à un élément tolérancé et que la détermination indirecte de la dimension virtuelle est sélectionnée, elle doit être indiquée sur les dessins par le symbole $\textcircled{M}$ placé après la tolérance géométrique de l'élément dérivé de l'entité dimensionnelle de taille linéaire (élément tolérancé) dans l'indicateur de tolérance avec aucune dimension indiquée entre crochets.

La MMR pour les éléments tolérancés avec détermination indirecte de la dimension virtuelle se traduit par quatre exigences indépendantes:

- une exigence pour la limite supérieure de taille [voir règles A 1) et A 2)];

- une exigence pour la limite inférieure de taille [voir règles B 1) et B 2)];
- une exigence pour le non-dépassement par la surface du MMVC (voir règle C);
- une exigence pour l'application de contraintes aux MMVCs (voir règle D).

Lorsque la MMR est spécifiée pour l'élément tolérancé avec détermination indirecte de la dimension virtuelle, alors les règles suivantes doivent être appliquées pour la(les) surface(s) (de l'entité dimensionnelle de taille linéaire), et la MMVS doit être calculée à partir de la spécification dimensionnelle et la spécification géométrique conformément aux règles du présent document.

a) **Règle A:** Les dimensions de l'élément tolérancé doivent être:

- 1) inférieures ou égales à la MMS, pour les éléments extérieurs;
- 2) supérieures ou égales à la MMS, pour les éléments intérieurs.

NOTE 1 Cette règle peut être modifiée par l'indication de RPR, avec le symbole [®] après le symbole [®] [voir 5.2 et Figure A.1 b)].

b) **Règle B:** Les dimensions de l'élément tolérancé doivent être:

- 1) supérieures ou égales à la LMS, pour les éléments extérieurs [voir Figures A.2 a), A.3 a), A.4 a), A.6 a), A.7 a), A.10, A.11 et A.12];
- 2) inférieures ou égales à la LMS, pour les éléments intérieurs [voir Figures A.2 b), A.3 b), A.4 b), A.6 b), A.7 b), A.10 à A.13, A.16 à A.19].

c) **Règle C:** Le MMVC de l'élément tolérancé ne doit pas être dépassé par l'élément (intégral) extrait (voir Figures A.2, A.3, A.4, A.6, A.7, A.10 à A.19).

NOTE 2 L'utilisation de l'exigence d'enveloppe [®] peut conduire à des contraintes superflues, réduisant l'avantage technique et économique de MMR, si l'exigence fonctionnelle est purement l'aptitude à l'assemblage.

NOTE 3 L'indication 0[®] appliquée à une spécification de forme sur une entité dimensionnelle de taille linéaire a la même signification que l'exigence d'enveloppe [®] appliquée à une dimension.

d) **Règle D:** La règle s'applique comme suit:

- Lorsque la spécification géométrique est une orientation ou une position par rapport à une référence spécifiée (primaire) ou un système de références spécifiées, le MMVC de l'élément tolérancé doit être en orientation ou en position théorique exacte par rapport à la référence spécifiée ou au système de références spécifiées, conformément à l'ISO 1101 et à l'ISO 5459 (voir 3.9, Note 2 à l'article, et Figures A.3, A.4, A.6 et A.7).
- De plus, si plusieurs éléments tolérancés sont contrôlés par la même indication de tolérance avec le symbole CZ, les MMVCs doivent également être en orientation et en position théoriques exactes les uns par rapport aux autres (voir Figures A.1, A.10, A.11 et A.13).
- Si plusieurs éléments tolérancés sont contrôlés par le même indicateur de tolérance avec le symbole SZ, alors les MMVCs ne sont pas contraints à être en orientation ni en position théoriques exactes les uns par rapport aux autres (voir Figure A.18). Dans les deux cas (indication CZ ou SZ), des contraintes subsistent quant aux références spécifiées.
- Par ailleurs, si le symbole SIM éventuellement suivi d'un indice tel que requis par l'ISO 5458 est indiqué, alors les MMVCs doivent être contraints en orientation et en position avec les MMVCs du groupe SIM.

4.2.2 MMR pour éléments de référence considérés avec détermination indirecte de la dimension virtuelle

Lorsque la MMR s'applique à un élément de référence et que la détermination indirecte de la dimension virtuelle est sélectionnée, elle doit être indiquée sur les dessins par le symbole $\textcircled{M}$ placé après la(les) lettre(s) de la référence spécifiée dans l'indicateur de tolérance.

La(les) lettre(s) de la référence spécifiée suivie du symbole $\textcircled{M}$ se traduit par un élément associé avec une taille fixe définie par le MMVC.

NOTE 1 Les états virtuels de l'élément tolérancé et l'élément de référence sont contraints entre eux en orientation et en position. Cela se traduit par un seul état virtuel combiné.

La MMR pour les éléments de référence se décline en trois exigences indépendantes:

- une exigence pour le non-dépassement par la surface du MMVC (voir règle E);
- une exigence pour la MMVS lorsqu'il n'y a pas de spécification géométrique ou lorsqu'il n'y a que des spécifications géométriques dont la valeur de tolérance n'est pas suivie du symbole $\textcircled{M}$ (voir règle F);
- une exigence pour la MMVS lorsqu'il y a une spécification géométrique dont la valeur de la tolérance est suivie du symbole $\textcircled{M}$ et dont la section «références spécifiées» (troisième case et cases suivantes) de l'indicateur de tolérance respecte une propriété définie dans la règle G.

NOTE 2 L'emploi de $\textcircled{M}$ après la lettre de la référence spécifiée est possible uniquement si la référence spécifiée est obtenue à partir d'une entité dimensionnelle de taille linéaire.

Lorsque la MMR s'applique à tous les éléments de la collection de surfaces d'une référence spécifiée commune, la séquence correspondante des lettres identifiant la référence spécifiée commune doit être indiquée entre parenthèses (voir [Figure A.13](#) et ISO 5459:2011, règle 9) et les MMVCs sont par défaut contraints en position et en orientation entre eux (voir l'ISO 5459:2011, règle 7). Lorsque la MMR ne s'applique qu'à une seule surface de la collection des éléments impliqués dans une référence spécifiée commune, la séquence des lettres identifiant la référence spécifiée commune ne doit pas être indiquée entre parenthèses, et l'exigence s'applique uniquement à l'élément identifié par la lettre placée juste avant le modificateur.

Dans ce cas, elle spécifie pour la(les) surface(s) (de l'entité dimensionnelle de taille linéaire) les règles suivantes:

- a) **Règle E:** Le MMVC de l'élément de référence considéré ne doit pas être dépassé par l'élément de référence (intégral) extrait à partir duquel la référence spécifiée est dérivée (voir [Figures A.6](#) et [A.7](#)). Si un symbole SIM facultativement suivi d'un indice tel que requis par l'ISO 5458 est indiqué dans la zone adjacente de l'indicateur de tolérance correspondant, alors le MMVC doit être dans les mêmes orientations et positions que les MMVCs considérés pour les références spécifiées du même groupe SIM (voir [Figure A.17](#)).
- b) **Règle F:** La MMVS de l'élément de référence considéré doit être égal à sa MMS [voir [Formule \(5\)](#)], lorsque l'élément de référence considéré:
 - n'a aucune spécification géométrique (voir [Figure A.6](#)); ou
 - a seulement des spécifications géométriques dont la valeur de tolérance n'est pas suivie du symbole $\textcircled{M}$; ou
 - n'a aucune spécification géométrique conforme à la règle G.

NOTE 3 Il convient de souligner que lorsque l'élément de référence considéré a une spécification géométrique sans le symbole $\textcircled{M}$, alors la règle F n'est pas suffisante pour garantir l'aptitude à l'assemblage de l'élément de référence. Voir le calcul de MMVS en [4.1.2](#) et [Figure A.6 c](#)). De plus, si la spécification géométrique de l'élément de référence est modifiée dans une révision ultérieure du dessin, alors la MMVS pourrait changer si la règle G devient obligatoire dans ce cas.