

# TOLERANCES GEOMETRIQUES EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIERE

Page 1/27

## SANS RESTRICTION D'UTILISATION

### AVANT-PROPOS

La présente norme est identique (IDT) aux normes ISO 2692 (88) et NF E 04-555 (02-92).

#### Introduction :

L'assemblage des pièces dépend de la relation entre la dimension réelle et les écarts géométriques réels des éléments à ajuster, tel que des trous de passage de boulons dans deux brides et leurs boulons de retenue.

Le jeu d'assemblage minimal existe lorsque chacun des éléments conjugués est à sa dimension au maximum de matière (par exemple, le plus grand boulon et le plus petit alésage) et lorsque l'écart géométrique (par exemple, les écarts de position) est également à son maximum.

Le jeu d'assemblage augmente jusqu'au maximum lorsque les dimensions réelles des éléments assemblés s'éloignent des dimensions au maximum de matière (par exemple, le plus petit boulon et le plus grand alésage) et lorsque les écarts géométriques (par exemple, les écarts de position) sont zéro.

Suite à ce qui précède, il ressort que si les dimensions réelles d'un élément conjugué n'atteignent pas leurs dimensions au maximum de matière, les tolérances géométriques indiquées peuvent être augmentées sans nuire à l'assemblage de l'autre pièce.

Ceci est appelé l'exigence du maximum de matière et est indiqué sur les dessins par le symbole .

Les figures de la présente norme ne sont données que comme illustration pour aider le lecteur à comprendre l'exigence du maximum de matière. Dans certains cas, les figures montrent des détails complémentaires pour accentuer la démonstration ; dans d'autres cas, les figures sont intentionnellement incomplètes. Les valeurs numériques des dimensions et des tolérances ne sont que des exemples.

Pour simplifier, les exemples sont limités aux cylindres et aux plans.

Pour des raisons d'uniformité, les figures de la présente norme sont disposées suivant la méthode de projection du premier dièdre.

Il est entendu que les principes établis s'appliquent également à la méthode de projection du troisième dièdre.

## SOMMAIRE

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. OBJET                                                                                       | 2  |
| 2. DÉFINITIONS                                                                                 | 2  |
| 2.1. DIMENSION LOCALE RÉELLE                                                                   | 2  |
| 2.2. DIMENSION D'ASSEMBLAGE                                                                    | 2  |
| 2.3. ÉTAT AU MAXIMUM DE MATIÈRE (MMC)                                                          | 3  |
| 2.4. DIMENSION AU MAXIMUM DE MATIÈRE (MMS)                                                     | 3  |
| 2.5. ÉTAT AU MINIMUM DE MATIÈRE (LMC)                                                          | 3  |
| 2.6. DIMENSION AU MINIMUM DE MATIÈRE (LMS)                                                     | 3  |
| 2.7. ÉTAT VIRTUEL                                                                              | 3  |
| 2.8. DIMENSION VIRTUELLE                                                                       | 4  |
| 3. EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIÈRE                                                              | 4  |
| 3.1. GÉNÉRALITÉS                                                                               | 4  |
| 3.2. EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIÈRE APPLIQUÉE À L'(AUX) ÉLÉMENT(S) TOLÉRANCÉ(S)                | 4  |
| 3.3. EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIÈRE APPLIQUÉE À L'(AUX) ÉLÉMENT(S) DE RÉFÉRENCE                | 4  |
| 4. APPLICATION DE L'EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIÈRE                                             | 4  |
| 4.1. TOLÉRANCE DE LOCALISATION POUR UN GROUPE DE TROUS                                         | 4  |
| 4.2. TOLÉRANCE DE PERPENDICULARITÉ D'UN ARBRE PAR RAPPORT À UN PLAN DE RÉFÉRENCE               | 8  |
| 5. EXEMPLES AVEC L'EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIÈRE APPLIQUÉE À UN (DES) ÉLÉMENT(S) TOLÉRANCÉ(S) | 9  |
| 5.1. TOLÉRANCE DE RECTITUDE D'UN AXE                                                           | 9  |
| 5.2. TOLÉRANCE DE PARALLÉLISME D'UN ARBRE PAR RAPPORT À UN PLAN DE RÉFÉRENCE                   | 10 |

|                                         |          |      |
|-----------------------------------------|----------|------|
| TOLERANCES GEOMETRIQUES-MAXIMUM MATIERE | A32 2160 | 2/27 |
|-----------------------------------------|----------|------|

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3. TOLÉRANCE DE PERPENDICULARITÉ D'UN ALÉSAGE PAR RAPPORT À UN PLAN DE RÉFÉRENCE                                         | 12 |
| 5.4. TOLÉRANCE D'INCLINAISON D'UNE RAINURE PAR RAPPORT À UN PLAN DE RÉFÉRENCE                                              | 13 |
| 5.5. TOLÉRANCE DE LOCALISATION DE QUATRE ALÉSAGES LES UNS PAR RAPPORT AUX AUTRES                                           | 14 |
| 6. TOLÉRANCEMENT GÉOMÉTRIQUE ZÉRO                                                                                          | 17 |
| 6.1. GÉNÉRALITÉS                                                                                                           | 17 |
| 6.2. EXEMPLES                                                                                                              | 17 |
| 7. EXEMPLES AVEC L'EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIÈRE APPLIQUÉE À UN (AUX) ÉLÉMENT(S) TOLÉRANCÉ(S) ET À L'ÉLÉMENT DE RÉFÉRENCE | 22 |
| 7.1. TOLÉRANCE DE LOCALISATION DE QUATRE ALÉSAGES PAR RAPPORT À UN ALÉSAGE DE RÉFÉRENCE                                    | 22 |
| 7.2. TOLÉRANCE DE COAXIALITÉ                                                                                               | 25 |
| 8. HISTORIQUE ET DOCUMENT CITÉS                                                                                            | 27 |
| 8.1. HISTORIQUE                                                                                                            | 27 |
| 8.2. DOCUMENTS CITÉS                                                                                                       | 27 |
| 8.3. EQUIVALENT À :                                                                                                        | 27 |
| 8.4. CONFORME À :                                                                                                          | 27 |
| 8.5. MOTS CLEFS                                                                                                            | 27 |

## 1.OBJET

La présente norme fixe les règles de l'exigence du maximum de matière et définit son mode d'application.

**L'utilisation de l'exigence du maximum de matière facilite la fabrication sans nuire au libre assemblage des éléments pour lesquels il y a une interdépendance entre la dimension et la géométrie.**

**Nota :** L'exigence d'enveloppe (voir § 4.2.2.) pour un élément isolé doit être indiquée par le symbole  (voir A32 0200).

## 2.DEFINITIONS

### 2.1.DIMENSION LOCALE REELLE

Chaque distance individuelle dans toute section d'un élément, c'est-à-dire dimension mesurée entre deux points opposés [exemples : voir figures 1, 12b et 13b].

### 2.2.DIMENSION D'ASSEMBLAGE

#### 2.2.1.DIMENSION D'ASSEMBLAGE POUR UN ELEMENT EXTERIEUR

Dimension du plus petit élément parfait qui peut être circonscrit autour de l'élément et qui tangente la surface aux points les plus hauts.

**Nota :** Par exemple, dimension du plus petit cylindre de forme parfaite ou plus petite distance entre deux plans parallèles de forme parfaite qui tangente le(s) point(s) le(s) plus haut(s) de la (des) surface(s) réelle(s) (voir figure 1).

#### 2.2.2.DIMENSION D'ASSEMBLAGE POUR UN ELEMENT INTERIEUR

Dimension du plus grand élément parfait qui peut être inscrit dans l'élément et qui tangente la surface aux points les plus hauts.

**Nota :** Par exemple, dimension du plus grand cylindre de forme parfaite ou plus grande distance entre deux plans parallèles de forme parfaite qui tangente le(s) point(s) le(s) plus haut(s) de la (des) surface(s) réelle(s).

## 2.3.ETAT AU MAXIMUM DE MATIERE (MMC)

(MMC = Maximum Material Condition)

Etat de l'élément considéré lorsque, en tout endroit, il est à la dimension limite telle que l'élément ait le maximum de matière, par exemple diamètre minimal d'un alésage et diamètre maximal d'un arbre (voir figure 1).

**Nota :** L'axe de l'élément peut ne pas être droit.

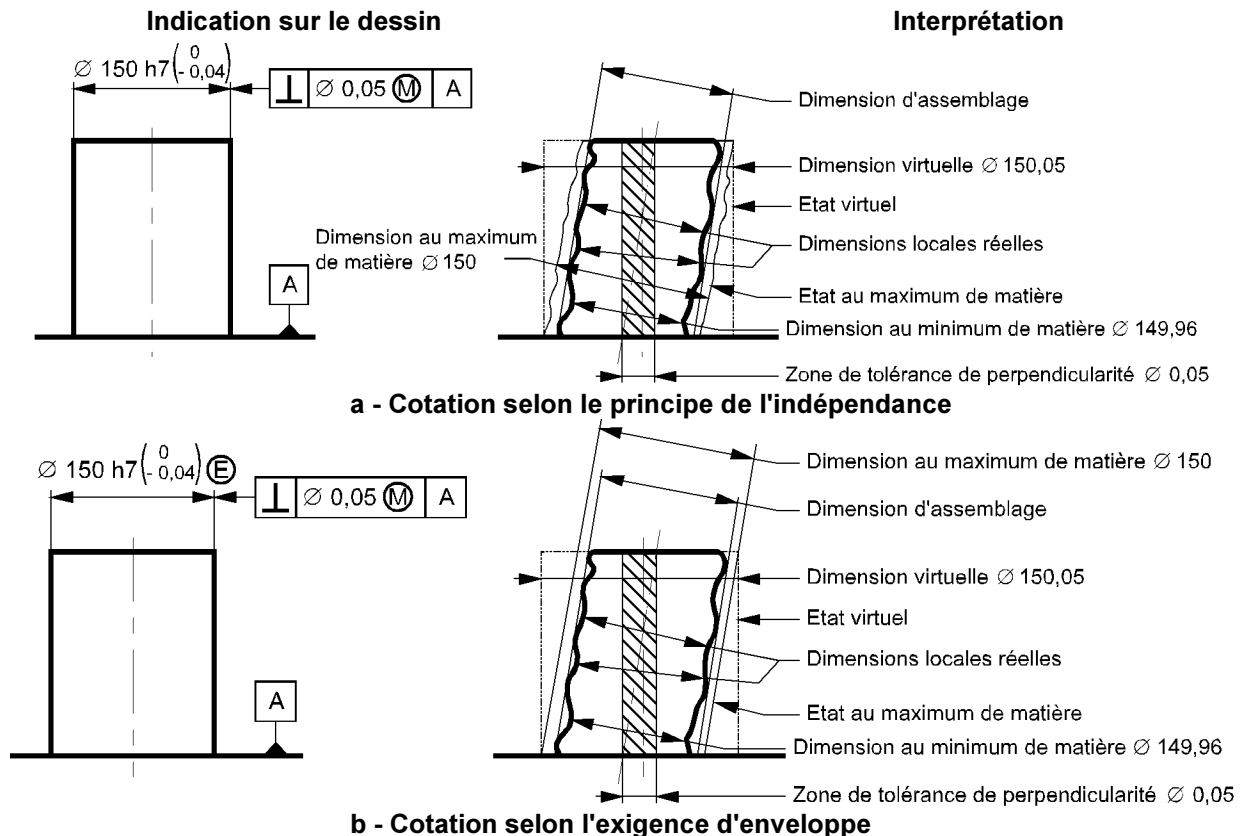


Figure 1

## 2.4.DIMENSION AU MAXIMUM DE MATIERE (MMS)

(MMS = Maximum Material Size)

Dimension définissant l'état au maximum de matière d'un élément (voir figure 1).

## 2.5.ETAT AU MINIMUM DE MATIERE (LMC)

(LMC = Least Material Condition)

Etat de l'élément considéré lorsque, en tout endroit, il est à la dimension limite telle que l'élément ait le minimum de matière, par exemple diamètre maximal d'un alésage de diamètre minimal d'un arbre (voir figure 1).

## 2.6.DIMENSION AU MINIMUM DE MATIERE (LMS)

(LMS = Least Material Size)

Dimension définissant l'état au minimum de matière d'un élément (voir figure 1).

## 2.7.ETAT VIRTUEL

Etat de l'enveloppe limite de forme parfaite permis par les exigences du dessin pour l'élément. Il est généré par l'effet collectif de la dimension au maximum de matière et des tolérances géométriques.

Lorsque l'exigence du maximum de matière s'applique, seules les tolérances géométriques suivies par le symbole



sont à prendre en compte pour déterminer l'état virtuel (voir figure 1).

**Nota :** L'état virtuel représente la dimension de définition du calibre fonctionnel.

## 2.8.DIMENSION VIRTUELLE

Dimension définissant l'état virtuel d'un élément.

## 3.EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIERE

### 3.1.GENERALITES

L'exigence du maximum de matière est une règle de tolérancement qui implique que l'état virtuel de l'(des) élément(s) tolérancé(s) et, si indiqué, l'état de forme parfaite au maximum de matière pour l'(les) élément(s) de référence ne soient pas dépassés.

Cette exigence s'applique aux axes ou aux plans médians et prend en compte la relation mutuelle de la dimension et de la tolérance géométrique concernée. L'application de cette exigence doit être indiquée par

le symbole .

### 3.2.EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIERE APPLIQUEE A L'(AUX) ELEMENT(S) TOLERANCE(S)

L'exigence du maximum de matière appliquée à l'(aux) élément(s) tolérancé(s) permet une augmentation de la tolérance géométrique indiquée lorsque l'élément tolérancé concerné n'est pas à son état au maximum de matière sous réserve que l'élément ne dépasse pas l'état virtuel.

### 3.3.EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIERE APPLIQUEE A L'(AUX) ELEMENT(S) DE REFERENCE

Lorsque l'exigence du maximum de matière est appliquée à l'(aux) élément(s) de référence, l'axe ou le plan médian de référence peut être flottant par rapport à l'élément tolérancé si l'élément de référence s'écarte de son état au maximum de matière. La valeur du jeu (flottement) est égale à l'écart entre la dimension d'assemblage de l'élément de référence et sa dimension au maximum de matière (voir figures 27b et 27c).

**Nota :** L'écart de l'élément de référence par rapport à sa dimension au maximum de matière n'augmente pas la tolérance des éléments tolérancés entre eux.

## 4.APPLICATION DE L'EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIERE

Dans tous les cas, le concepteur doit décider s'il est possible d'appliquer l'exigence du maximum de matière aux tolérances concernées.

**Nota :** L'exigence du maximum de matière ne devrait pas être utilisée pour des applications telles que les liaisons cinématiques, centres d'engrenages, taraudages, ajustement à serrage, etc., pour lesquels il y aurait un risque fonctionnel en augmentant la tolérance.

### 4.1.TOLERANCE DE LOCALISATION POUR UN GROUPE DE TROUS

L'exigence du maximum de matière est la plus couramment utilisée avec des tolérances de localisation, c'est la raison pour laquelle le tolérancement de localisation a été utilisé sur les illustrations suivantes.

**Nota :** Dans les calculs des dimensions virtuelles donnés ci-après, il a été supposé que l'arbre aussi bien que l'alésage sont à leur dimension au maximum de matière et de forme parfaite.

**4.1.1** L'indication sur le dessin de la tolérance de la localisation pour un groupe de quatre alésages est représentée à la figure 2.

L'indication sur le dessin de la tolérance de localisation pour un groupe de quatre arbres fixes qui s'ajustent dans le groupe d'alésages est représentée à la figure 4.

La dimension minimale des alésages est de  $\varnothing 8,1$  ; c'est la dimension au maximum de matière.

La dimension maximale des arbres est de  $\varnothing 7,9$  ; c'est la dimension au maximum de matière.

**4.1.2** La différence entre la dimension au maximum de matière des alésages et celle des arbres est de  $8,1 - 7,9 = 0,2$ .

La somme des tolérances de localisation pour les alésages et les arbres ne doit pas dépasser cette différence (0,2). Dans cet exemple, cette tolérance est également répartie entre les alésages et les arbres, c'est-à-dire que la tolérance de localisation pour les alésages est de  $\varnothing 0,1$  (voir figure 2) et celle des arbres est également de  $\varnothing 0,1$  (voir figure 4).

Les zones de tolérance de  $\varnothing 0,1$  sont positionnées à leur position théoriquement exacte (voir figures 3 et 5).

En fonction de la dimension réelle de chaque élément, la tolérance de localisation additionnelle peut être différente de l'un à l'autre.

Indication sur les dessins

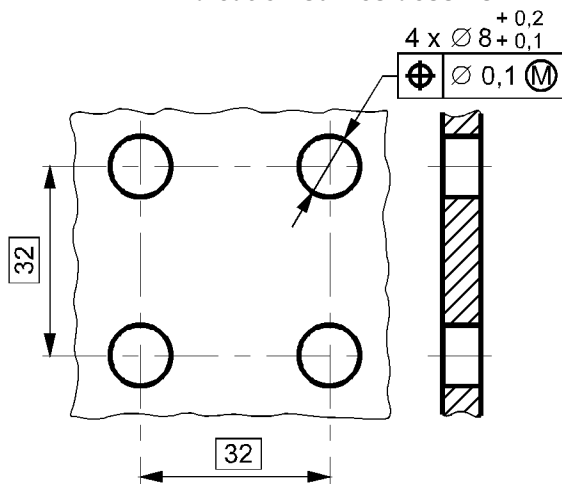


Figure 2

Interprétation

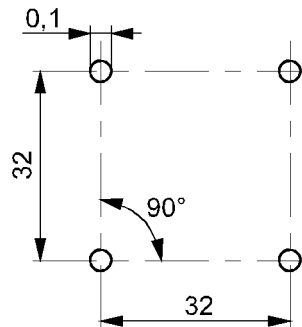


Figure 3

Indication sur les dessins

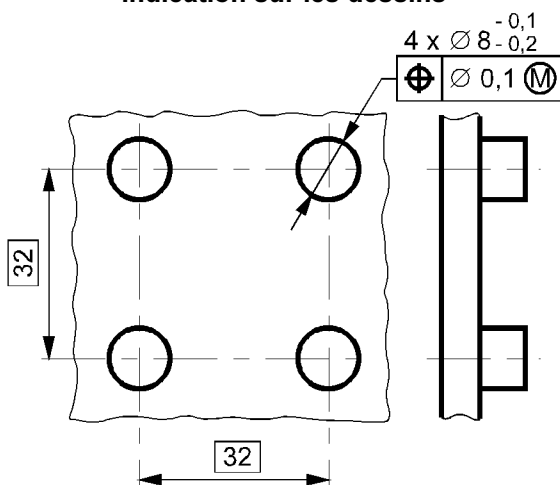


Figure 4

Interprétation

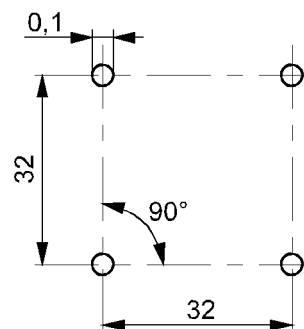


Figure 5

**4.1.3** La figure 6 représente quatre surfaces cylindriques pour chacun des quatre alésages, chacune étant à sa dimension au maximum de matière et à sa forme parfaite. Les axes sont situés aux positions limites à l'intérieur de la zone de tolérance.

La figure 8 représente les arbres correspondant à leurs dimensions au maximum de matière. On peut voir sur les figures 6 à 9 que l'assemblage des pièces est toujours possible dans les conditions les plus défavorables.

**4.1.3.1** Un des alésages de la figure 6 est représenté à la figure 7 à une plus grande échelle. La zone de tolérance pour l'axe est de  $\varnothing 0,1$ . La dimension au maximum de matière de l'alésage est de  $\varnothing 8,1$ . Tous les cercles de  $\varnothing 8,1$ , dont les axes sont positionnés à la limite extrême de la zone de tolérance de  $\varnothing 0,1$ , forment un cylindre enveloppe inscrit de  $\varnothing 8$ . Ce cylindre enveloppe de  $\varnothing 8$  est situé à sa position théoriquement exacte et forme la limite fonctionnelle pour la surface de l'alésage.

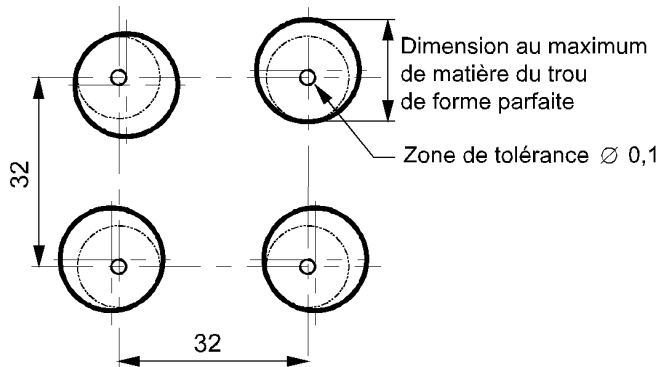


Figure 6

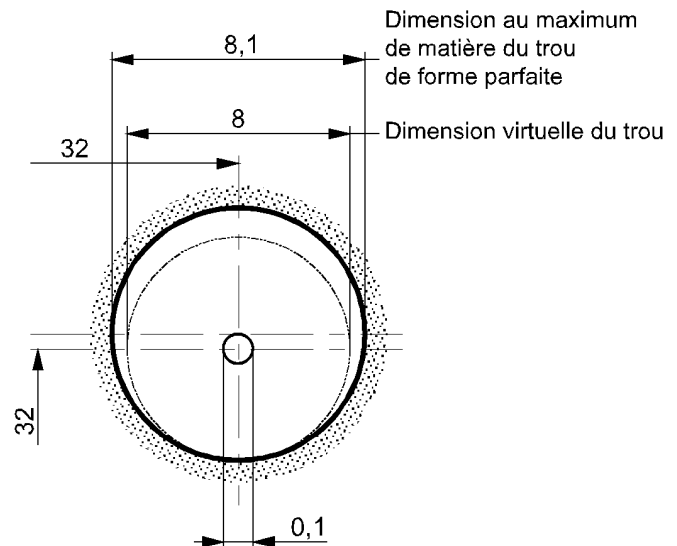


Figure 7

**4.1.3.2** Un des arbres de la figure 8 est représenté à la figure 9 à une plus grande échelle. La zone de tolérance pour les axes est de  $\varnothing 0,1$ . La dimension au maximum de matière de l'arbre est de  $\varnothing 7,9$ . Tous les cercles de  $\varnothing 7,9$ , dont les axes sont situés à la limite extrême de la zone de tolérance de  $\varnothing 0,1$ , forment un cylindre enveloppe circonscrit de  $\varnothing 8$ , qui est l'état virtuel de l'arbre.

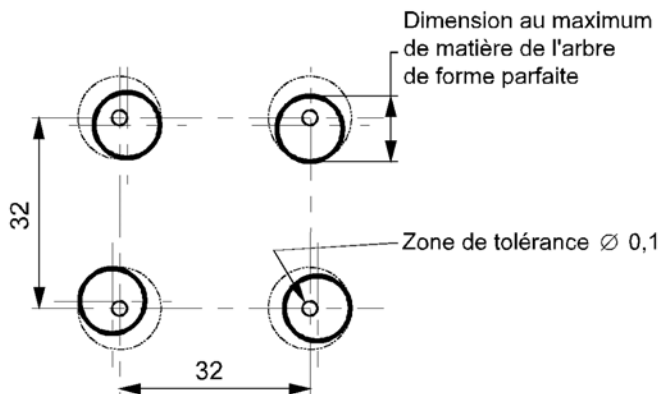


Figure 8

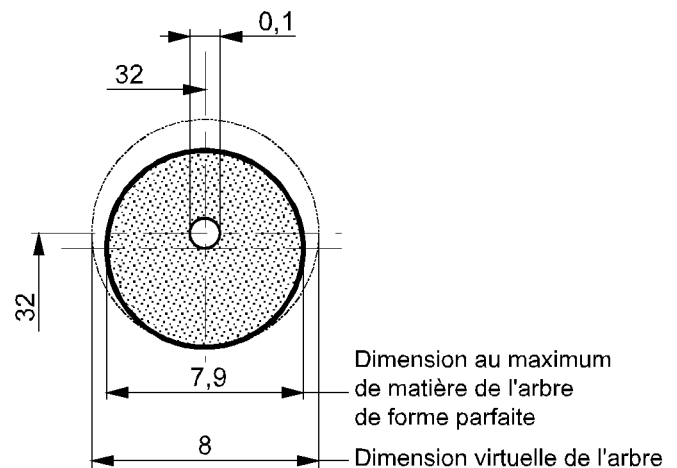


Figure 9

**4.1.4** Lorsque la dimension de l'alésage est plus grande que sa dimension au maximum de matière, et/ou lorsque la dimension de l'arbre est plus petite que sa dimension au maximum de matière, il y a un jeu plus grand entre l'arbre et l'alésage qui peut être utilisé pour augmenter les tolérances de localisation de l'arbre et/ou de l'alésage. Suivant la dimension réelle de chacun des éléments, l'augmentation de la tolérance de localisation peut être différente pour chacun d'eux.

Le cas extrême se produit lorsque l'alésage est à sa dimension au minimum de matière, soit au  $\varnothing 8,2$ . La figure 10 montre que l'axe de l'alésage peut se situer n'importe où à l'intérieur d'une zone de tolérance de  $\varnothing 0,2$  sans que la surface de l'alésage dépasse le cylindre de dimension virtuelle.

La figure 11 montre une situation similaire appliquée aux arbres. Lorsque l'arbre est à sa dimension au minimum de matière, soit au  $\varnothing 7,8$ , le diamètre de la zone de tolérance pour la localisation est égal à  $\varnothing 0,2$ .

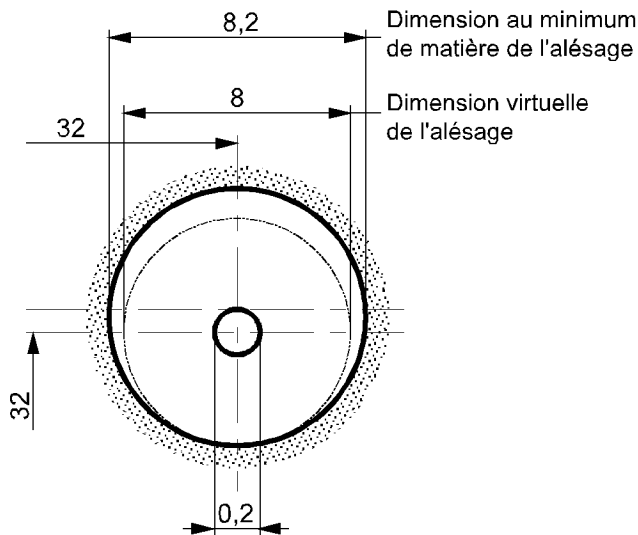


Figure 10

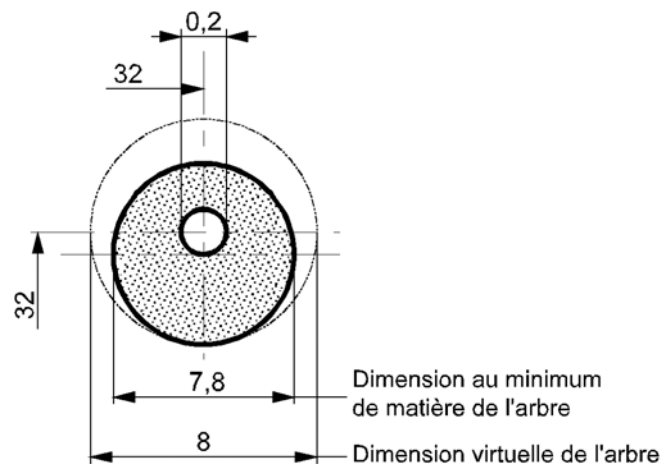


Figure 11

**4.1.5** L'augmentation de la tolérance géométrique est appliquée à un élément de l'assemblage sans référence à l'élément conjugué. L'assemblage sera toujours possible même si l'élément conjugué est fabriqué aux limites extrêmes de la tolérance les plus défavorables pour l'assemblage, puisque l'écart combiné de dimension et de géométrie d'aucun élément n'est dépassé, c'est-à-dire que les états virtuels ne sont pas dépassés.

## 4.2.TOLERANCE DE PERPENDICULARITE D'UN ARBRE PAR RAPPORT A UN PLAN DE REFERENCE

**4.2.1** L'élément tolérancé à la figure 12a doit remplir les conditions représentées à la figure 12b, c'est-à-dire que l'élément ne doit pas dépasser l'état virtuel, soit  $\varnothing 20,2$  ( $\varnothing 20 + 0,2$ ), et comme toutes les dimensions locales réelles doivent se situer entre  $\varnothing 19,9$  et  $\varnothing 20$ , l'écart de rectitude des génératrices ou de l'axe ne peut pas dépasser 0,2 ... 0,3 suivant la dimension locale réelle, par exemple 0,2 si toutes les dimensions locales réelles sont de  $\varnothing 20$  (voir figure 12c) et 0,3 si toutes les dimensions locales réelles sont de  $\varnothing 19,9$  (voir figure 12d).

Indication sur le dessin

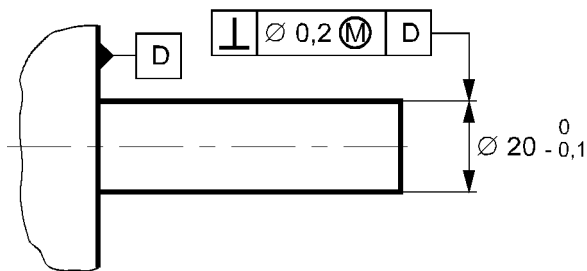
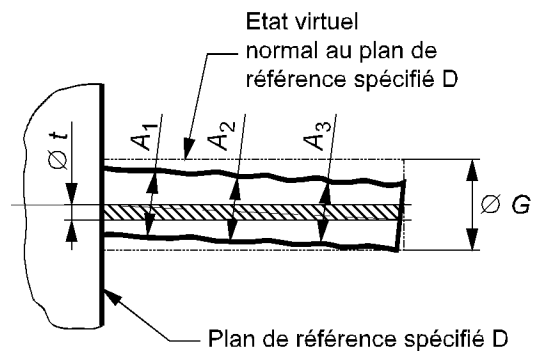


Figure 12a

Interprétation



$A_1$  à  $A_3$  = dimensions locales réelles = 19,9 ... 20  
(dimension au maximum de matière =  $\varnothing 20$ )  
 $G$  = dimension virtuelle =  $\varnothing 20,2$   
 $\varnothing t$  = zone de tolérance d'orientation = 0,2 ... 0,3

Figure 12b

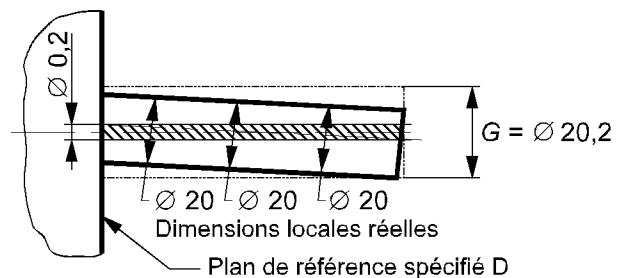


Figure 12c

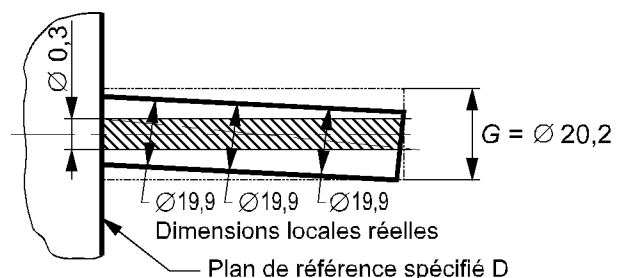


Figure 12d

**4.2.2** A la figure 13a, l'exigence supplémentaire **(E)** (voir norme A32 0200) associée au **(M)** implique que l'élément reste à l'intérieur de l'enveloppe de forme parfaite à sa dimension au maximum de matière de  $\varnothing 20$  (voir figure 13b). Dans cet exemple, les dimensions locales réelles doivent se situer entre  $\varnothing 19,9$  et  $\varnothing 20$ , et l'effet combiné des écarts de rectitude et de circularité ne doit pas conduire l'élément à dépasser l'exigence de l'enveloppe ; par exemple, l'écart de rectitude des génératrices ou de l'axe ne peut pas dépasser  $0 \dots 0,1$  en

fonction des dimensions locales réelles. Cependant, l'écart de perpendicularité par l'indication du **(M)** peut être augmenté à  $0,3$  (dimension virtuelle =  $\varnothing 20,2$ ) lorsque les dimensions locales réelles de l'élément sont de  $\varnothing 19,9$  (voir figure 13b).

Indication sur le dessin

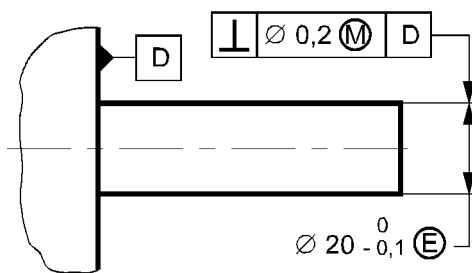
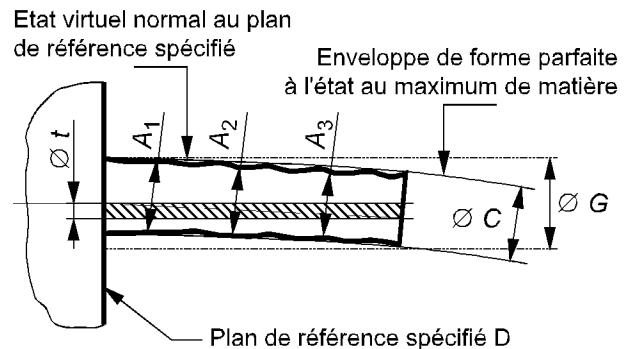


Figure 13a

Interprétation



$A_1$  à  $A_3$  = dimensions locales réelles =  $19,9 \dots 20$   
 $C$  = dimension au maximum de matière =  $\varnothing 20$   
 $G$  = dimension virtuelle =  $\varnothing 20,2$   
 $\varnothing t$  = zone de tolérance d'orientation =  $0,2 \dots 0,3$

Figure 13b

## 5.EXEMPLES AVEC L'EXIGENCE DU MAXIMUM DE MATIERE APPLIQUEE A UN (DES) ELEMENT(S) TOLERANCE(S)

### 5.1.TOLERANCE DE RECTITUDE D'UN AXE

#### 5.1.1.INDICATION SUR LE DESSIN

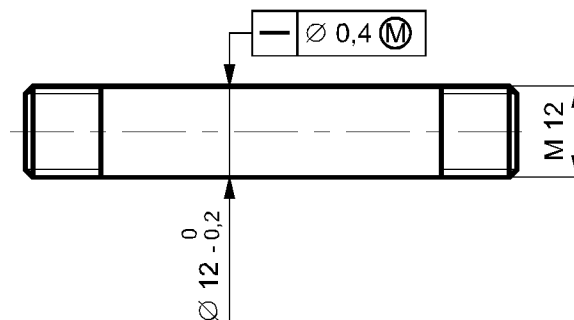


Figure 14a