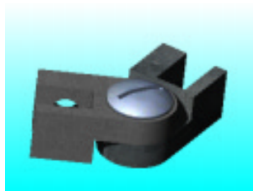


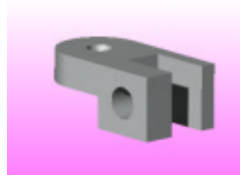
CI 6 – PPM – PRODUITS PROCÉDÉS MATÉRIAUX

ÉLABORATION DES PIÈCES MÉCANIQUES. INTRODUCTION DE LA CHAÎNE NUMÉRIQUE.

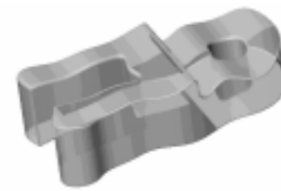
CHAPITRE 6 – SPÉCIFICATION GÉOMÉTRIQUE DES PRODUITS



Produit désiré par l'utilisateur



Produit issu de la conception



Produit issu de la fabrication

Beaucoup de raisons peuvent expliquer que, généralement, le produit acheté par un consommateur n'est pas exactement le même que celui qu'il aurait désiré. Outre le coût que pourrait avoir un tel produit, il est d'abord difficile pour le concepteur de créer un produit qui conviendrait à l'ensemble des utilisateurs. Ensuite, le produit réalisé en CAO à la particularité d'avoir des dimensions "parfaites". Cependant, il est impossible pour le fabricant de réaliser des pièces "parfaites". L'ensemble des défauts des moyens de production feront que la pièce réalisée ne sera pas totalement identique au produit initialement conçu.

A une échelle un peu plus réduite, on se demande comment deux pièces fabriquées indépendamment peuvent s'assembler à coup sûr.

SAVOIRS :

- Disposer des cotes sur un dessin de façon normalisée
- Lire et interpréter une spécification géométrique ou dimensionnelle

Savoir

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 1 | Quelques concepts | 2 |
| 2 | Tolérancement dimensionnel | 3 |
| 2.1 | Tolérancement linéaire | 3 |
| 2.2 | L'exigence de l'enveloppe | 5 |
| 2.3 | Tolérancement angulaire | 6 |
| 3 | Tolérancement géométrique | 6 |
| 3.1 | Présentation | 6 |
| 3.2 | Spécifications de forme | 14 |
| 3.3 | Spécifications d'orientation | 16 |
| 3.4 | Spécifications de position | 17 |
| 3.5 | Spécifications de battement | 18 |

Ce document évolue. Merci de signaler toutes erreurs ou coquilles.

1 Quelques concepts

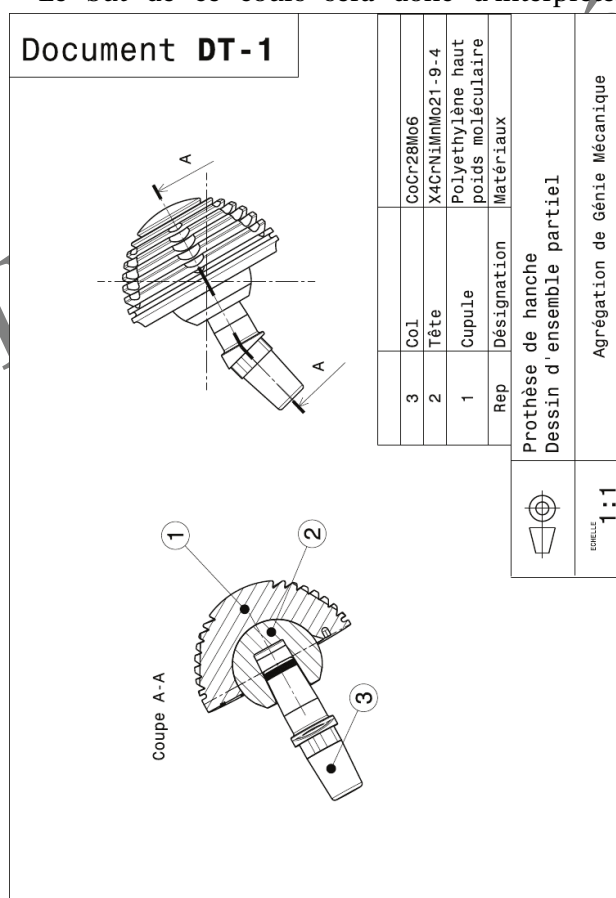
Les moyens de production utilisés pour fabriquer des produits ne permettent pas de réaliser des pièces ayant des qualités dimensionnelles et géométriques parfaites. Cependant, le produit final devra quand même fonctionner avec des pièces non parfaites.

Ainsi, une fois le produit « idéal » conçu par le concepteur, il devra alors préciser quels seront les intervalles de tolérance et les zones de tolérances sur les pièces fabriquées afin de garantir l'assemblage.

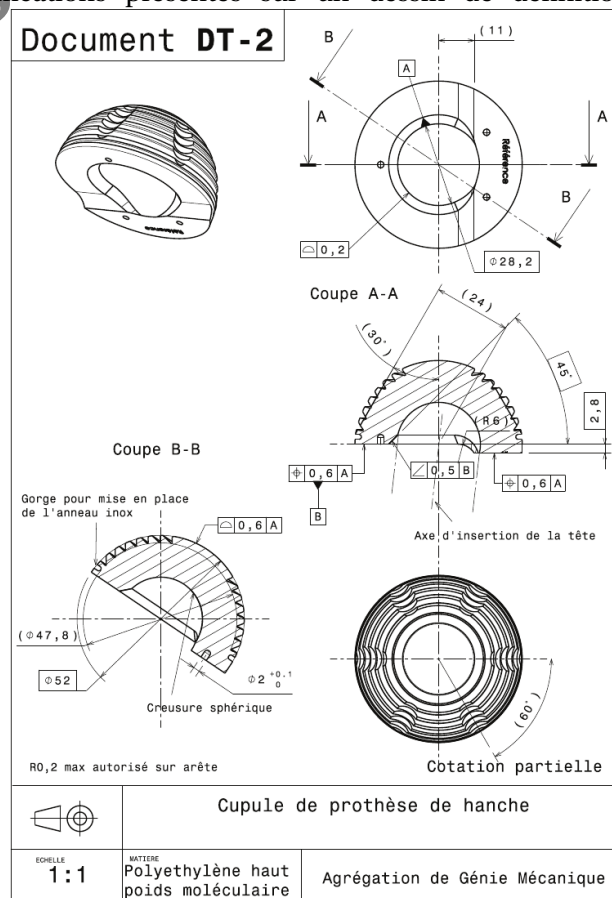
Les difficultés de la lecture des spécifications sont les suivantes :

- dissocier les éléments géométriques réels (non parfaits, non idéaux) et les éléments géométriques parfaits (ou idéaux) ;
- connaître le vocabulaire associé à ces éléments géométriques ;
- connaître les critères d'association entre éléments géométriques idéaux et non idéaux.

Le but de ce cours sera donc d'interpréter les spécifications présentes sur un dessin de définition.



Dessin d'ensemble



Dessin de définition



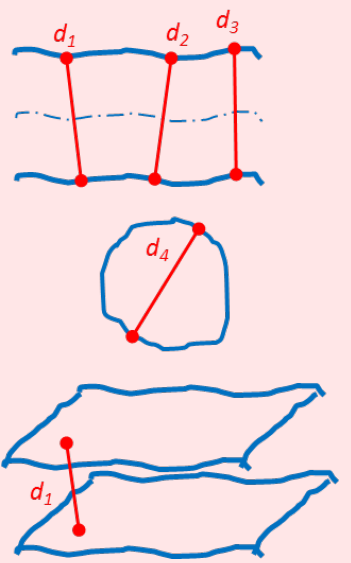
Principe de l'indépendance [NF E 04-561], [ISO 8015]

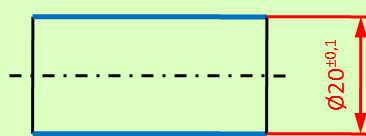
Chaque exigence dimensionnelle ou géométrique spécifiée sur un dessin doit être respectée en elle-même sauf indication particulière.

2 Tolérancement dimensionnel

2.1 Tolérancement linéaire

| | |
|----------|---|
| Résultat | Tolérancement linéaire [NF E 04-561], [ISO 8015] |
| | Une tolérance linéaire limite uniquement les dimensions locales réelles (distances entre deux points) d'un élément simple. |

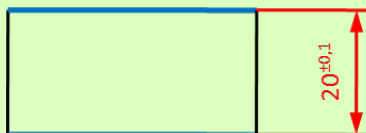
| | | | |
|----------|--|---|---|
| Résultat | <p>Spécification</p>   | <p>Interprétation</p> <p>La pièce est dite conforme si toutes les dimensions locales d_i sont comprises entre $D - t$ et $D + t$.</p> | <p>Interprétation géométrique</p>  |
| | | | |

| | | | |
|---------|--|---|--|
| Exemple | <p><i>Cylindre de révolution</i></p> <p>Spécification</p>  | <p>Interprétation</p> <p>La pièce est dite conforme si toutes les dimensions locales réelles d_i sont comprises entre $D - t$ et $D + t$.</p> | <p>Interprétation géométrique</p> |
| | | | |

Distance entre deux plans parallèles

Exemple

Spécification



Interprétation

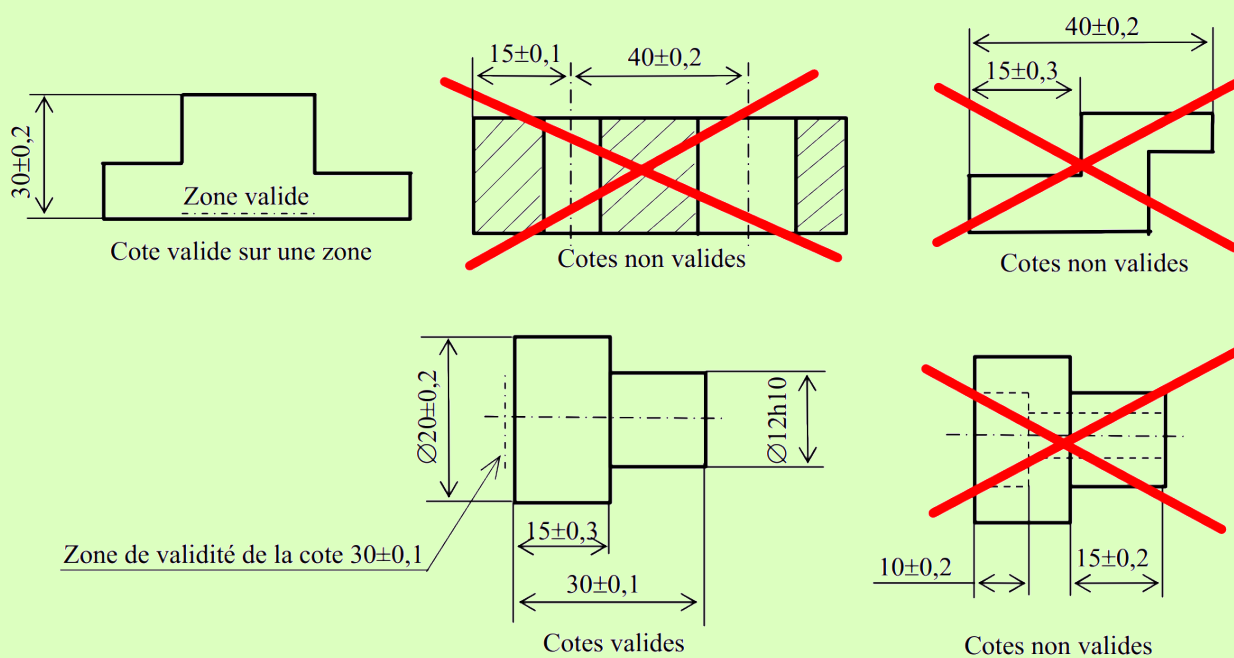
La pièce est dite conforme si toutes les dimensions locales réelles l_i sont comprises entre $L - t$ et $L + t$.

Interprétation géométrique

Attention

La norme limite les tolérances linéaires aux cas où la distance entre deux points existe physiquement. Ainsi, on ne peut pas coter une distance entre 2 axes.

Exemple



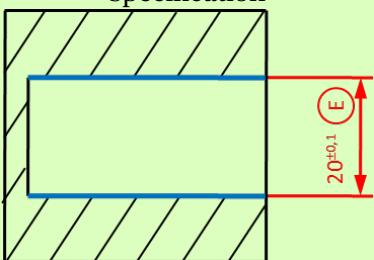
2.2 L'exigence de l'enveloppe

Résultat

| L'exigence de l'enveloppe | | |
|---------------------------|--|----------------------------|
| Spécification | Interprétation | Interprétation géométrique |
| | <p>La pièce est dite conforme si :</p> <ul style="list-style-type: none"> toutes les dimensions locales d_i sont comprises entre $D - t$ et $D + t$; l'enveloppe parfaite au maximum de matière n'est pas dépassée. <p>Cette dernière exigence peut aussi s'interpréter à l'aide d'un gabarit.</p> | |
| | | |

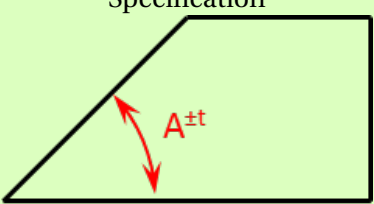
Exemple

| Cylindre de révolution | | |
|------------------------|---|----------------------------|
| Spécification | Interprétation | Interprétation géométrique |
| | <p>La pièce est dite conforme si :</p> <ul style="list-style-type: none"> toutes les dimensions locales d_i sont comprises entre $D - t$ et $D + t$; l'enveloppe parfaite au maximum de matière n'est pas dépassée. L'enveloppe est ici un cylindre de diamètre $D + t$. | |

| Exemple | Distance entre deux plans parallèles | | |
|---------|---|--|----------------------------|
| | Spécification | Interprétation | Interprétation géométrique |
| |  | <p>La pièce est dite conforme si :</p> <ul style="list-style-type: none"> – toutes les dimensions locales d_i sont comprises entre $D - t$ et $D + t$; – l'enveloppe parfaite au maximum de matière n'est pas dépassée. L'enveloppe est ici composée de deux plans distants de $D + t$. | |

2.3 Tolérancement angulaire

| Résultat | Tolérancement angulaire [ISO 2768-1] | |
|----------|---|--|
| | <p>Une tolérance angulaire limite uniquement l'orientation générale des lignes ou des éléments linéaires des surfaces.</p> | |

| Exemple | Tolérancement angulaire | | |
|---------|---|----------------|----------------------------|
| | Spécification | Interprétation | Interprétation géométrique |
| |  | | |

3 Tolérancement géométrique

3.1 Présentation

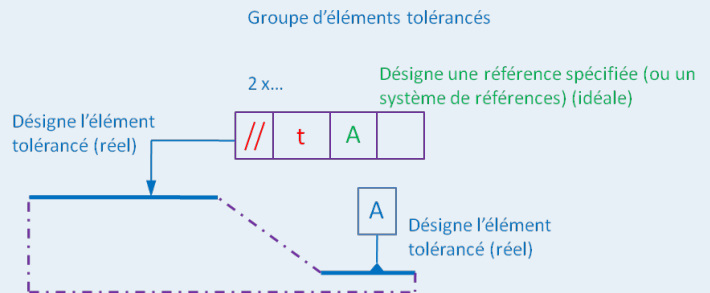
L'objectif du tolérancement géométrique est multiple : lors de la phase de conception il permet de définir des spécifications géométriques qui doivent assurer que différentes pièces pourront s'assembler. Lors de la fabrication, il permet de faire en sorte que les moyens de fabrication utilisés soient compatibles avec les pièces qu'on cherche à fabriquer. Lors du contrôle des produits finis, le tolérancement géométrique doit permettre de s'assurer que la pièce fabriquée est compatible avec le cahier des charges.

Le principe du tolérancement géométrique est de définir les variations géométriques que peut avoir la pièce. Ainsi, pour chaque surface fonctionnelle d'un produit, il permet de définir une **zone de tolérance** géométriquement **parfaite**. On devra alors vérifier, que chacune des surfaces fonctionnelles de la pièce **réelle** appartient à cette zone de tolérance.

Définition

Une tolérance géométrique comporte :

- l' (ou les) élément(s) tolérancé(s) ;
- le symbole de la spécification ;
- l'étendue de la zone de tolérance ;
- **dans certains cas** une (ou un système) de référence(s) spécifiée(s). Dans ce cas, les éléments de référence sont précisés sur le dessin de définition.



3.1.1 Éléments tolérancés

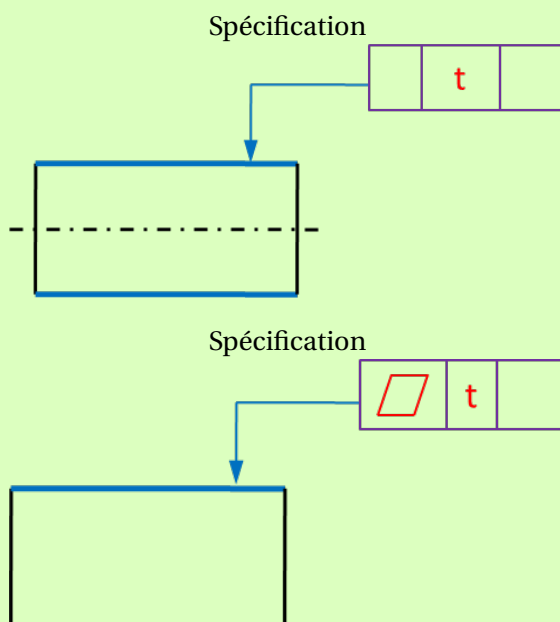
Définition

Les éléments tolérancés sont des éléments réels. Ils peuvent être des points, des « lignes réelles », des « surfaces réelles ». Ils sont désignés par une flèche pointant une surface de la pièce.

Élément tolérancé unique

Exemple

Éléments extraits de la surface réelle



Élément tolérancé

L'élément tolérancé est une surface **nominalement plane**.

Élément tolérancé

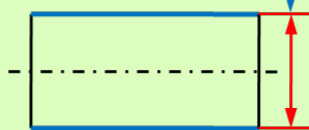
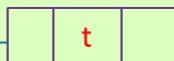
L'élément tolérancé est une surface **nominalement cylindrique**.

Éléments tolérancés construits

Élément tolérancé

L'élément tolérancé est l'**axe réel d'une surface nominalelement cylindrique**.

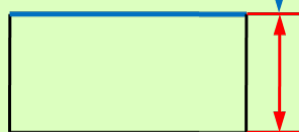
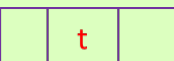
Spécification



Élément tolérancé

L'élément tolérancé est une surface **médiane nominalelement plane**.

Spécification



Exemple

Remarque

Les éléments tolérancés sont construits lorsque la flèche désignant l'élément tolérancé est situé en face d'une ligne de cote bilimite.

Remarque

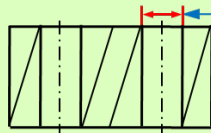
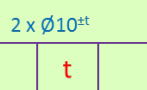
Construction d'un élément tolérancé construit

Groupe d'éléments tolérancés

On parle de groupe d'éléments tolérancés lorsqu'on précise un nombre au dessus de la spécification géométrique.

Éléments tolérancés

Spécification



Exemple

3.1.2 Éléments de référence et référence spécifiée

Définition

Élément de référence

L'élément de référence est un élément réel issu du skin modèle. Cette élément est désigné par un triangle noirci.

Définition

Référence spécifiée

La référence spécifiée est un élément idéal. Ce ne peut être qu'un **point**, une **droite** ou un **plan**.

La référence spécifiée est **construite géométriquement** à partir de l'élément de référence.

Remarque

Critères d'association – la RS est toujours extérieure à la matière.

L'élément de référence est :

Une surface nominalement plane

Une surface nominalement cylindrique

Une ligne nominalement circulaire

La référence spécifiée peut être :

Le plan tangent extérieur matière qui minimise le défaut de forme

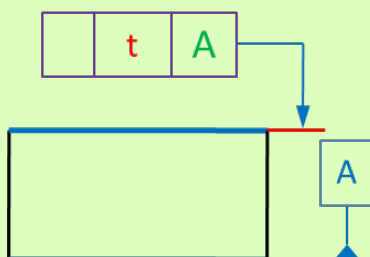
– L'axe du plus grand cylindre inscrit qui minimise le défaut de forme

– L'axe du plus petit cylindre circonscrit qui minimise le défaut de forme

– Le point centre du plus grand cercle inscrit

– Le point centre du plus petit cercle circonscrit

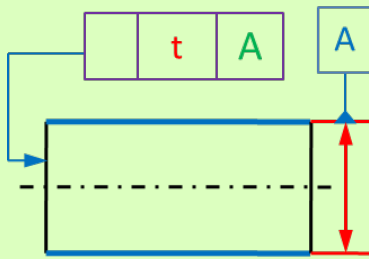
Exemple



ER : Surface nominalement plane

RS : Plan tangent extérieur matière qui minimise le défaut de forme

Exemple



ER : Surface nominale-
ment cylindrique

RS : AXE du plus grand cylindre
inscrit qui minimise le défaut de
forme.

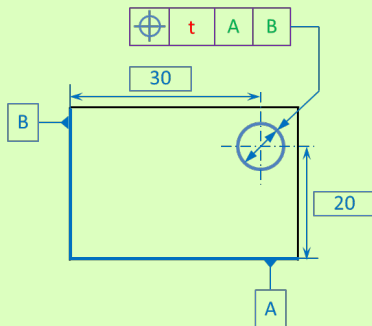
3.1.3 Systèmes de références spécifiées

Définition

Lorsque plusieurs références spécifiées sont précisées dans le cadre de la tolérance, on parle de systèmes de références spécifiées.

La première référence spécifiée est construite avec un critère d'association usuel par rapport à l'élément de référence primaire. La référence secondaire doit être contrainte par rapport à la référence primaire (contrainte d'orthogonalité ou de parallélisme). Il en est de même pour la référence spécifiée secondaire.

Exemple



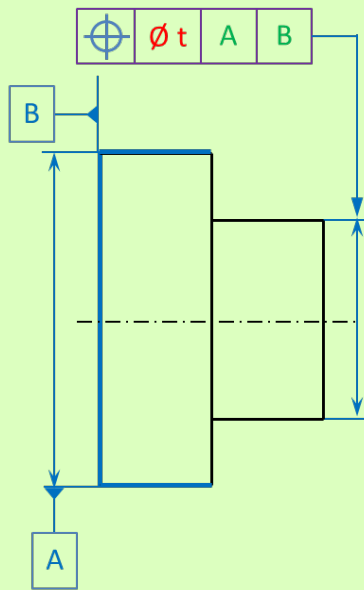
ER :

- élément de référence
primaire : surface
nominale-ment plane
- élément de référence
secondaire : surface
nominale-ment plane

RS :

- référence spécifiée primaire :
plan tangent extérieur
matière qui minimise le
défaut de forme
- référence spécifiée
secondaire : plan tangent
extérieur matière qui
minimise le défaut de forme
et qui est perpendiculaire à la
RS primaire.

Exemple



ER :

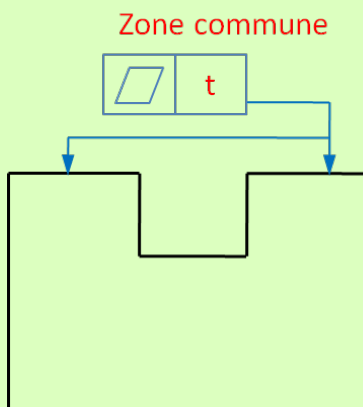
- élément de référence primaire : surface nominale plane ;
- élément de référence secondaire : surface nominale cylindrique.

RS :

- référence spécifiée primaire : plan tangent extérieur matière qui minimise le défaut de forme ;
- référence spécifiée secondaire : axe du plus grand cylindre inscrit qui minimise le défaut de forme et qui est perpendiculaire à la RS primaire.

3.1.4 Zones communes

Exemple



3.1.5 Zones de tolérance

Définition

Zone de tolérance

Une zone de tolérance est un volume ou une surface géométrique parfait. Afin de garantir la conformité de la pièce, il est nécessaire que l'élément tolérance soit situé dans la zone de tolérance.

Définition

La zone de tolérance est **unique** si l'élément tolérancé est unique. La zone de tolérance est composée lorsqu'on prend en compte un groupe d'éléments tolérancés.

La forme de la zone de tolérance dépend du symbole de la spécification de la nature de l'élément tolérancé et du modificateur se situant devant la valeur de la tolérance.

Résultat

Spécifications de forme

| | |
|--|--------------------------------|
| | Rectitude |
| | Circularité |
| | Planéité |
| | Cylindricité |
| | Forme d'une ligne quelconque |
| | Forme d'une surface quelconque |

Spécifications d'orientation

| | |
|--|--------------------------------------|
| | Parallélisme |
| | Perpendicularité |
| | Inclinaison |
| | Orientation d'une ligne quelconque |
| | Orientation d'une surface quelconque |

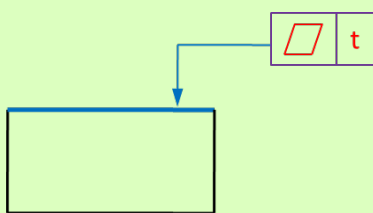
Spécifications de position

| | |
|--|-----------------------------------|
| | Symétrie |
| | Concentricité |
| | Coaxialité |
| | Localisation |
| | Position d'une ligne quelconque |
| | Position d'une surface quelconque |

Spécifications de battement

| | |
|--|----------------------|
| | Battement circulaire |
| | Battement total |

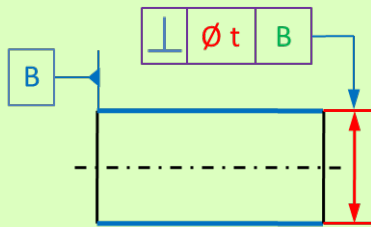
Exemple



Zone de tolérance :

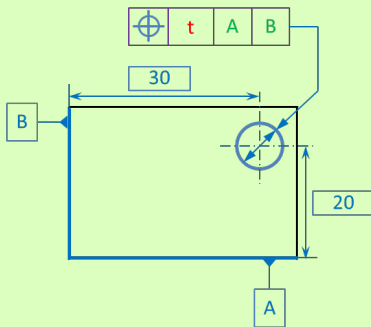
Zone comprise entre deux plans parallèles distants de t .

Exemple



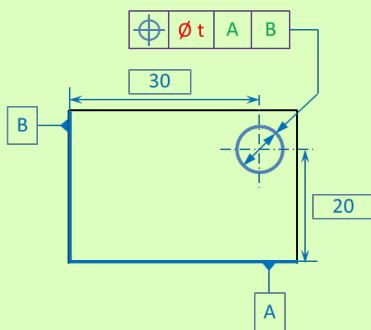
Zone de tolérance :
Cylindre de diamètre t .

Exemple



Zone de tolérance :

Exemple



Zone de tolérance :

3.2 Spécifications de forme

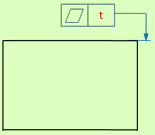
Exemple

| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
| | | | | | |

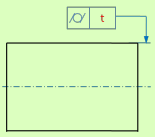
Exemple

| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
| | | | | | |

Exemple

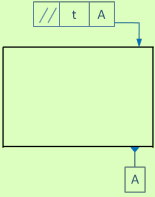
| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|---|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | |

Exemple

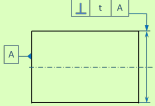
| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|---|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | |

3.3 Spécifications d'orientation

Exemple

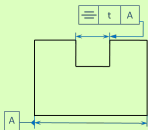
| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|---|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | |

Exemple

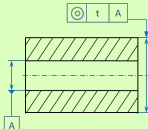
| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|---|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | |

3.4 Spécifications de position

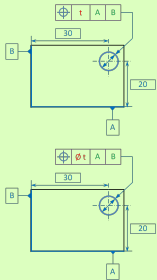
Exemple

| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|---|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | |

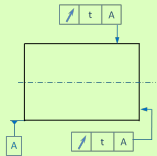
Exemple

| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|---|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | |

Exemple

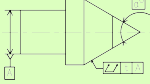
| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | | | |
|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | | | |
| Condition de conformité | Unique | Groupe | Unique | Multiplés | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | | | |

Exemple

| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | | | | |
|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | | | | |
| Condition de conformité | Unique | Groupe | Unique | Multiplés | Simple | Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | | | | |

3.5 Spécifications de battement

Exemple

| Symbole de la spécification | Éléments non idéaux | | Élément idéaux | | |
|---|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| Type de spécification | Éléments tolérancés | Éléments de référence | Référence spécifiée | Zone de tolérance | |
| Condition de conformité | Unique Groupe | Unique Multiples | Simple Commune Système | Simple Composée | Contraintes et/ou position |
|  | | | | | |

Références

- [1] *Centre d'Études et de Renovation Pédagogique de l'Enseignement Technique*, Exploitation du concept G.P.S. et de la normalisation pour la Spécification Géométrique des Produits.
- [2] *Le Décodage du Dessin de Définition*, Guy Percebois, Lycée Louis Vincent – Metz . <http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/sti/genimeca/zip/GPS/Tol%20g%E9o%20pr%E9%20bac.pdf>