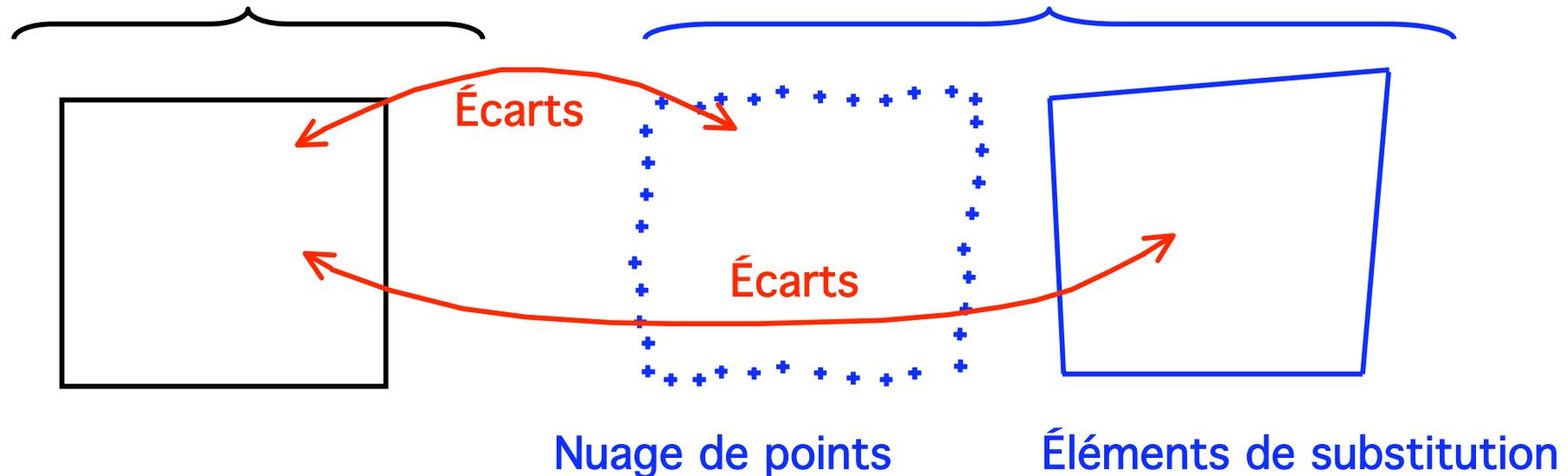


Tolérancement géométrique

Modèle nominal - Réel - Écart

Géométrie nominale

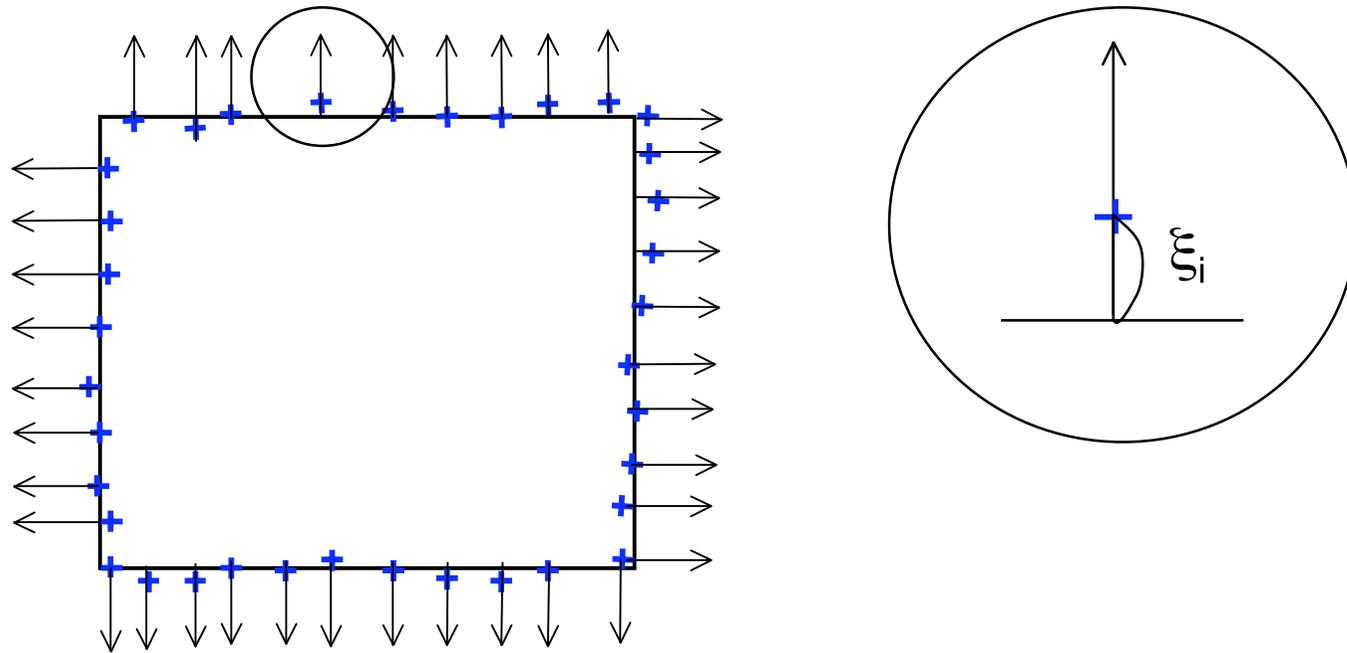
Représentation du réel



Tolérancement : spécifier les limites de variation des écarts entre la géométrie nominale et une représentation du réel.

Limiter la variation des écarts

(entre points mesurés et la surface nominale idéale)

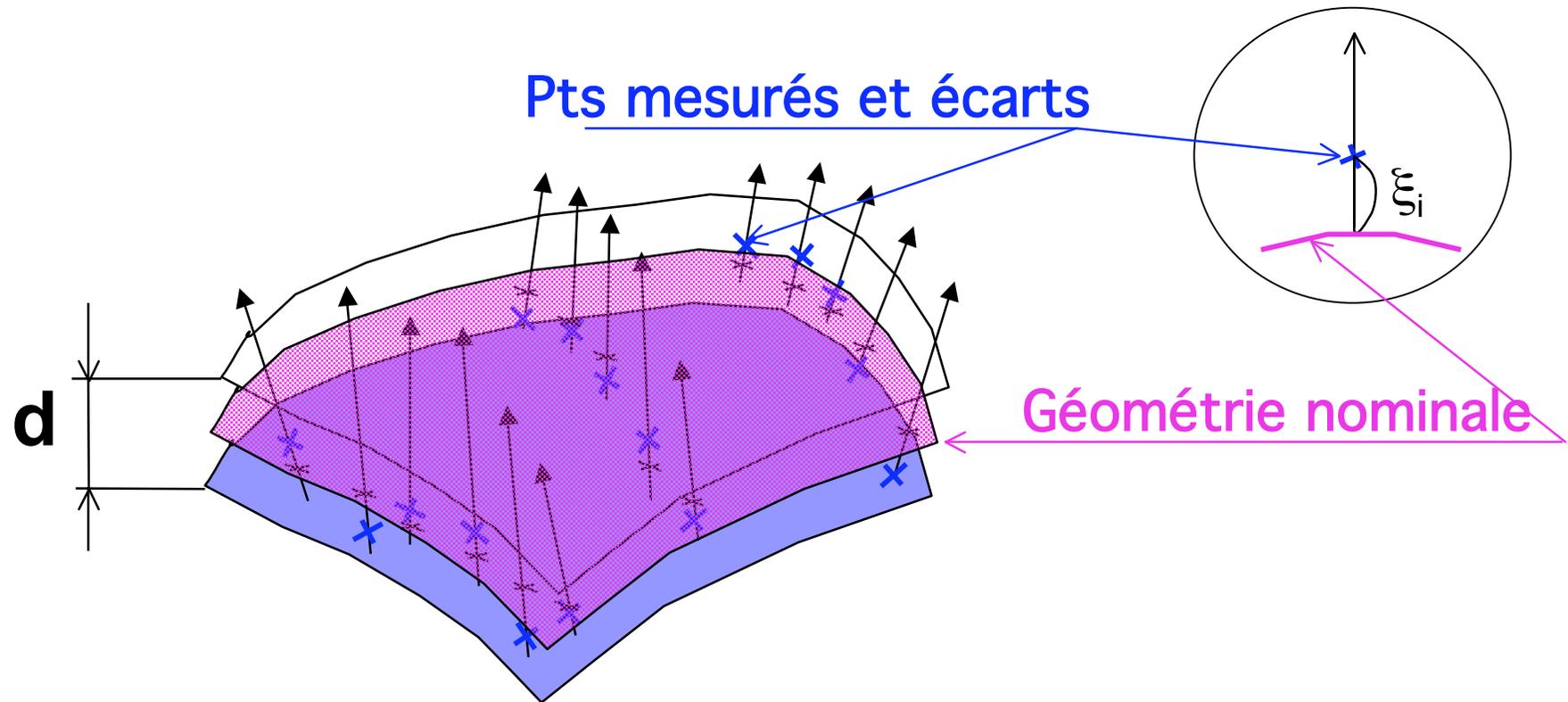


- Pour une position du modèle nominale chaque écart ξ_i doit respecter la condition :

$$\xi_{i \text{ MINI}} \leq \xi_i \leq \xi_{i \text{ MAXI}}$$

- La position du modèle nominale peut-être optimisée par calcul.

Critères d'optimisation (le « meilleur » positionnement)



Critères d'optimisation :

Moindres carrés

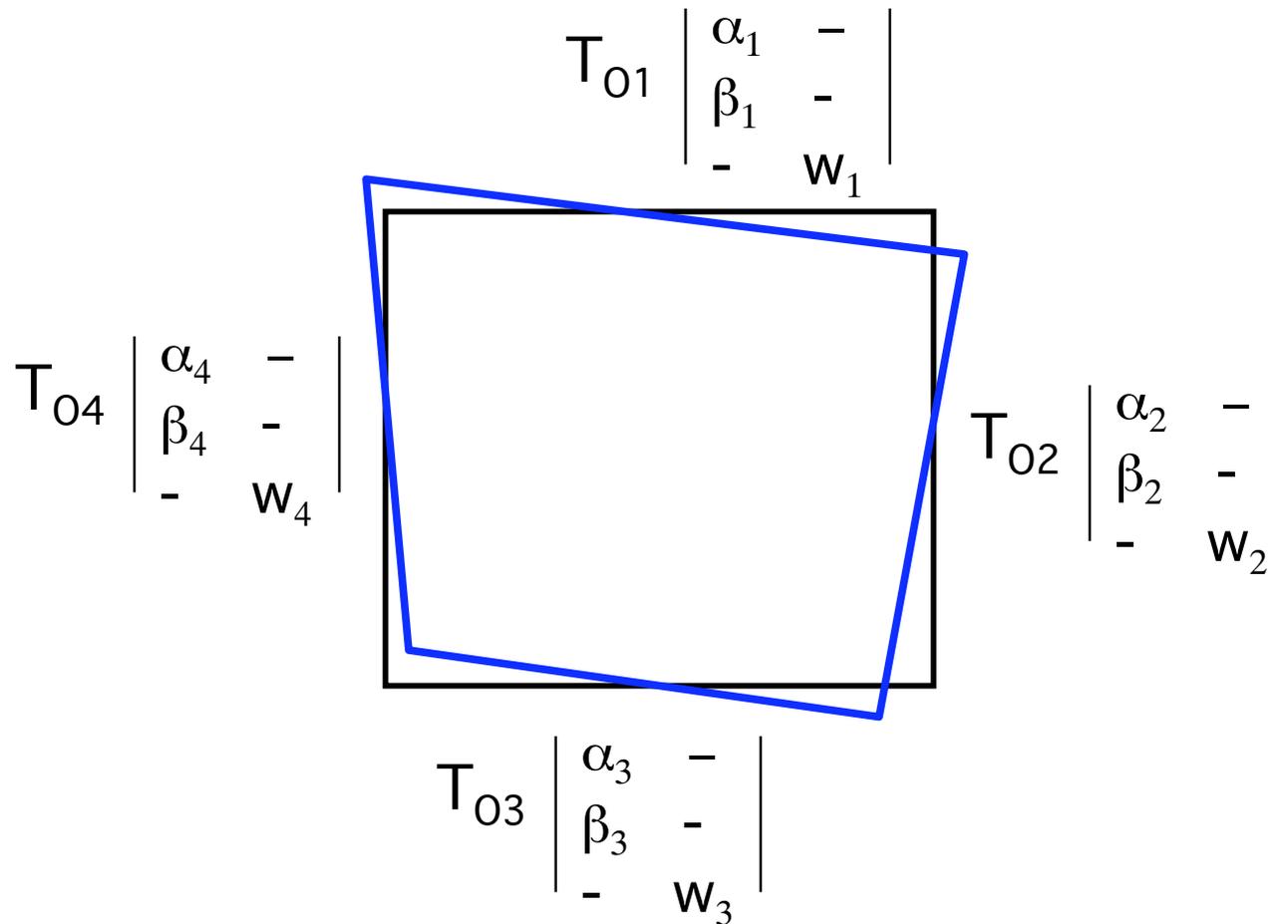
$$W = \sum (\xi_i)^2 \text{ minimale}$$

Mini-max

$$d = (\xi_{i \text{ MAXI}} - \xi_{i \text{ MINI}}) \text{ minimale}$$

Limiter la variation des écarts

(entre surfaces de substitution et la surface nominale idéale)
par un torseur de petits déplacements



Limiter la variation des écarts

(entre surfaces de substitution et la surface nominale idéale)
par un torseur de petits déplacements

Le déplacement d'un solide peut-être caractérisé en un point O par un vecteur translation \vec{D}_O et une matrice de rotation \overline{R}' représentant la rotation d'un système d'axes autour de trois axes.

La translation d'un point M due aux 3 rotations successives α, β, γ autour des axes x, y et z s'exprime par : $\vec{MM}' = \overline{R}' \cdot \vec{OM} - \vec{OM}$

La matrice \overline{R}' est de la forme :

$$\begin{vmatrix} \cos \gamma \cdot \cos \beta & -\sin \gamma \cdot \cos \beta & \sin \beta \\ \sin \gamma \cdot \cos \alpha + \cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha & \cos \gamma \cdot \cos \alpha - \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha & -\cos \beta \cdot \sin \alpha \\ \sin \gamma \cdot \sin \alpha - \cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha & \cos \gamma \cdot \sin \alpha + \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha & \cos \beta \cdot \cos \alpha \end{vmatrix}$$

En considérant des petits rotations la matrice \overline{R}' devient :

$$\overline{R}' = \begin{vmatrix} 1 & -\gamma & \beta \\ \gamma & 1 & -\alpha \\ -\beta & \alpha & 1 \end{vmatrix} \quad \vec{MM}' = (\overline{R}' - \overline{1}) \cdot \vec{OM} = \overline{R} \cdot \vec{OM}$$

Expression du torseur de petits déplacements

Le translation \vec{D}_M d'un point M quelconque d'un solide est :

$$\vec{D}_M = \vec{D}_O + \begin{vmatrix} 0 & -\gamma & \beta \\ \gamma & 0 & -\alpha \\ -\beta & \alpha & 0 \end{vmatrix} \cdot \vec{OM}$$

Le petit déplacement \vec{D}_M d'un point M quelconque du solide est donné par la formule :

$$\vec{D}_M = \vec{D}_O + \vec{MO} \wedge \vec{\Omega}$$

Le couple de vecteurs $\{\vec{D}_O, \vec{\Omega}\}$ constitue un torseur que l'on appelle torseur de petits déplacements

Torseur de petits déplacements

| Classe | Torseur | Figures | Classe | Torseur | Figures |
|------------------------------|--|---------|---|---|---------|
| plane | $\begin{vmatrix} \alpha & - \\ \beta & - \\ - & w \end{vmatrix}$ | | Prismatique d'axe z | $\begin{vmatrix} \alpha & u \\ \beta & v \\ \gamma & - \end{vmatrix}$ | |
| sphérique | $\begin{vmatrix} - & u \\ - & v \\ - & w \end{vmatrix}$ | | Hélicoïdale d'axe z | $\begin{vmatrix} \alpha & u \\ \beta & v \\ \gamma & p\gamma \end{vmatrix}$ | |
| Cylindrique d'axe z | $\begin{vmatrix} \alpha & u \\ \beta & v \\ - & - \end{vmatrix}$ | | complexe | $\begin{vmatrix} \alpha & u \\ \beta & v \\ \gamma & w \end{vmatrix}$ | |
| Révolution (cône d'axe z) | $\begin{vmatrix} \alpha & u \\ \beta & v \\ - & w \end{vmatrix}$ | | cercle dans un plan (Révolution) | $\begin{vmatrix} \alpha & u \\ \beta & v \\ - & w \end{vmatrix}$ | |

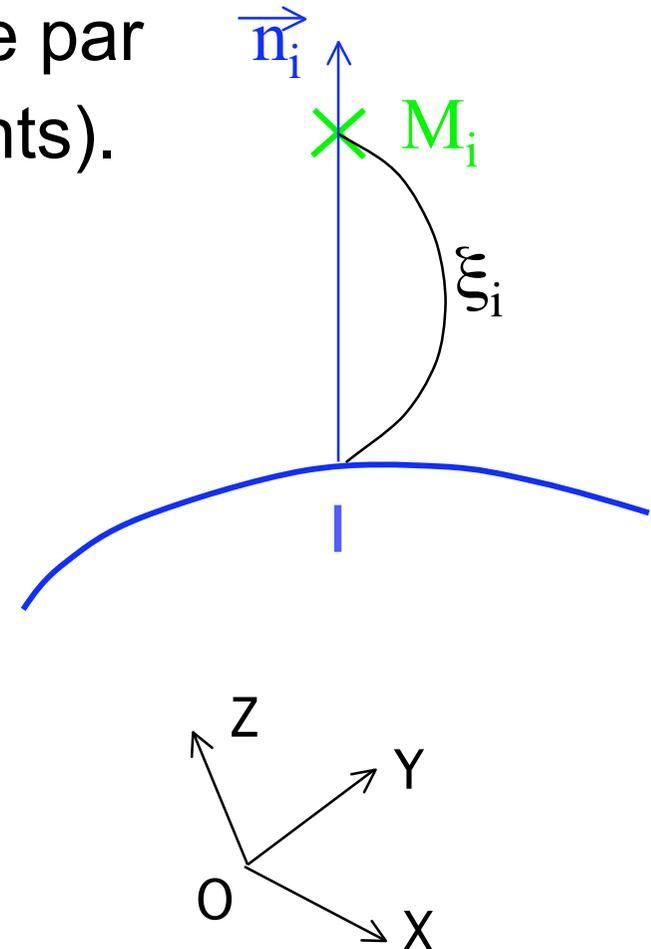
Écart optimisé en un point

∀ la surface, elle peut toujours être définie par un tableau à 7 colonnes et n lignes (n points).

Surface réelle $\{M_1 \dots M_i \dots M_n\}$

Surface idéale $\{l_1 \dots l_i \dots l_n\}$

| | | | | | | |
|---|-------|-------|--|-------|-------|---------|
| x_i | y_i | z_i | a_i | b_i | c_i | ξ_i |
| $\underbrace{\hspace{10em}}_{\vec{OI}}$ | | | $\underbrace{\hspace{10em}}_{\vec{n}_i}$ | | | |
| | | | | | | écart |



Écart optimisé en un point

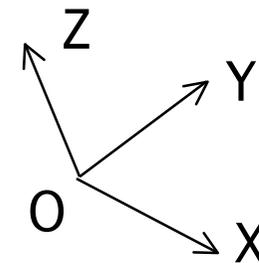
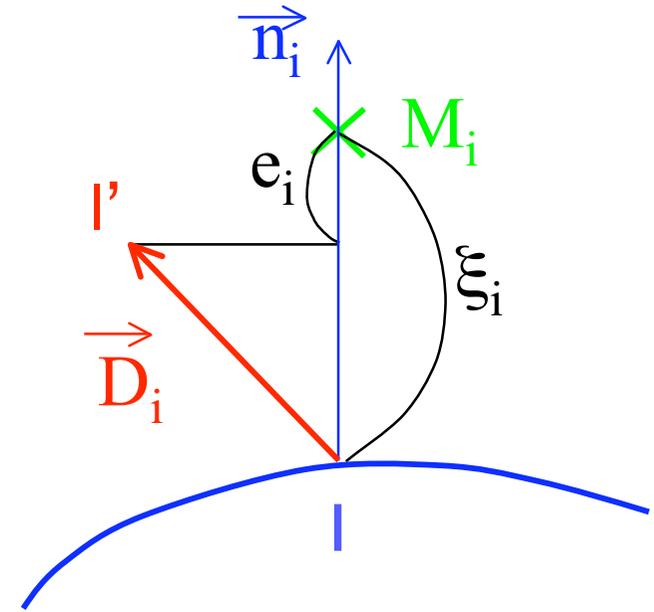
Si la surface réelle est sans défaut ou si le nb (n) de points $I = \text{rang } (r)$ de la surf. idéale :
par un petit déplacement de la surface idéale on peut amener tous les points I aux points M_i

En mesure la surface réelle a des défauts
leurs identification nécessite que $n \gg r$:

Tous les points I ne pourrons jamais coïncider
avec les points M_i

Le déplacement du point I sera tel que :

$$e_i = \xi_i - \vec{D}_i \cdot \vec{n}_i$$



Écart optimisé en un point

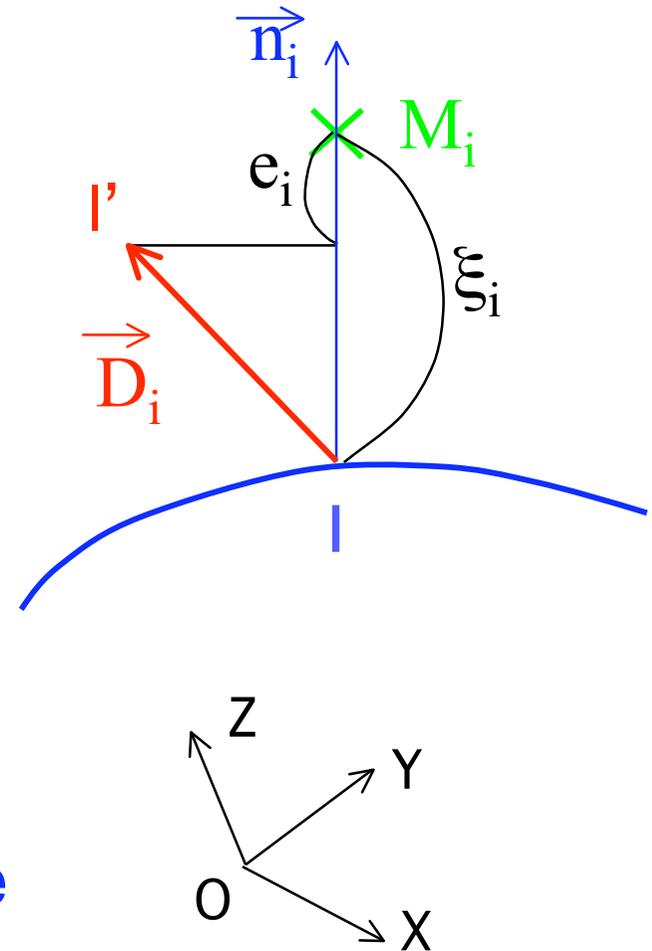
$$e_i = \xi_i - \vec{D}_i \cdot \vec{n}_i$$

$$e_i = \xi_i - (\vec{D}_O + \vec{IO} \wedge \vec{\Omega}) \cdot \vec{n}_i$$

$$e_i = \xi_i - (\vec{D}_O \cdot \vec{n}_i + (\vec{OI} \wedge \vec{n}_i) \cdot \vec{\Omega})$$

$$e_i = \xi_i - [Pi]_O \cdot [T]_O$$

avec $[Pi]_O \begin{vmatrix} \vec{n}_i \\ \vec{OI} \wedge \vec{n}_i \end{vmatrix}$ et $[T]_O \begin{vmatrix} \vec{\Omega} \\ \vec{D}_O \end{vmatrix}$



Moindres carrés

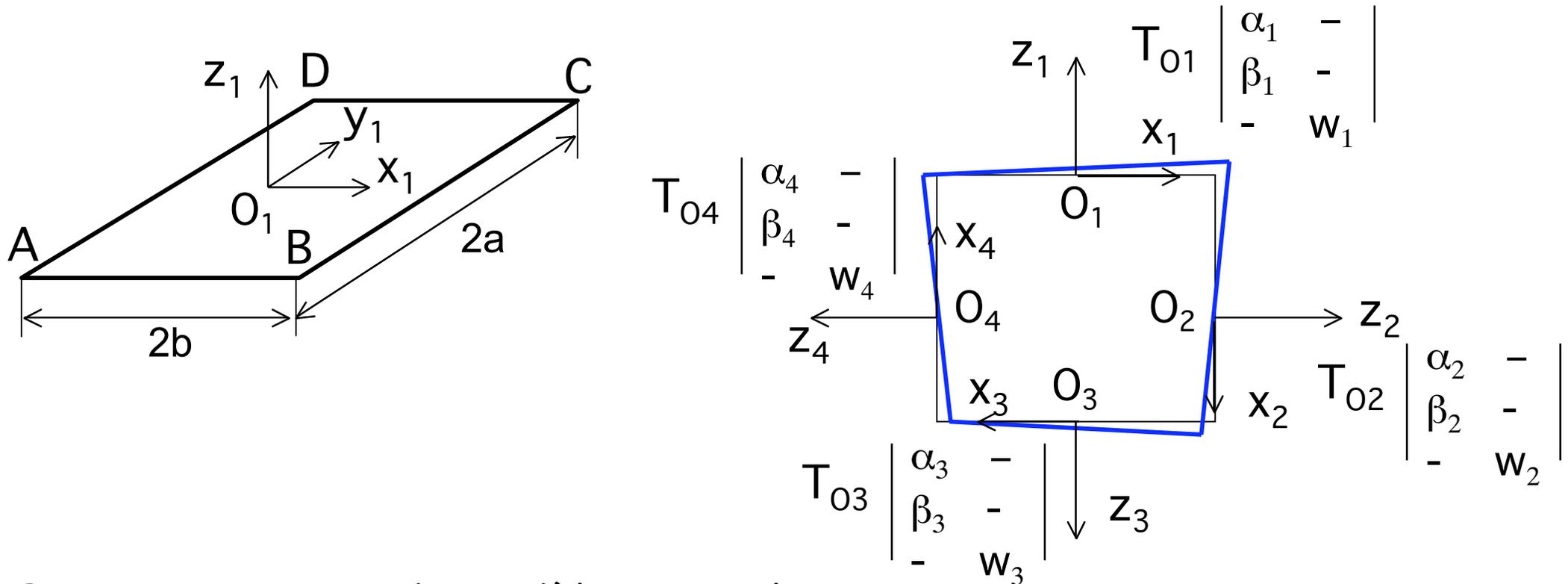
$\Sigma(e_i)^2$ minimale

Mini-max

$$e_{\text{sup}} - e_i \geq 0 \quad e_{\text{inf}} - e_i \leq 0$$

fonction objectif : $(e_{\text{sup}} - e_{\text{inf}})$ minimum

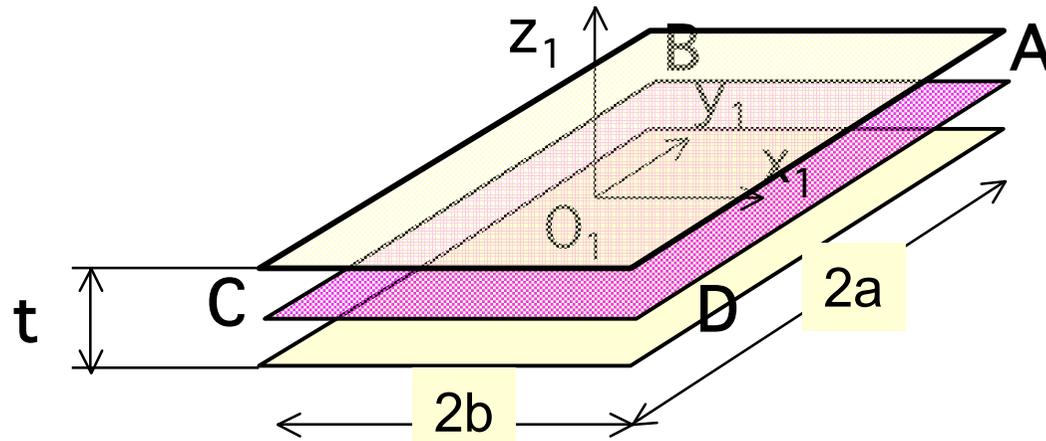
Torseurs de petits déplacements (Torseurs d'écart)



Pour une position du modèle nominale :

on obtient un ensemble d'écart, composantes des torseurs de petits déplacements des surfaces de substitution par rapport aux surfaces nominales

Limitation des écarts par des domaines de tolérance



$$T_{01} \begin{vmatrix} \alpha_1 & - \\ \beta_1 & - \\ - & w_1 \end{vmatrix}$$

Domaine de tolérance :

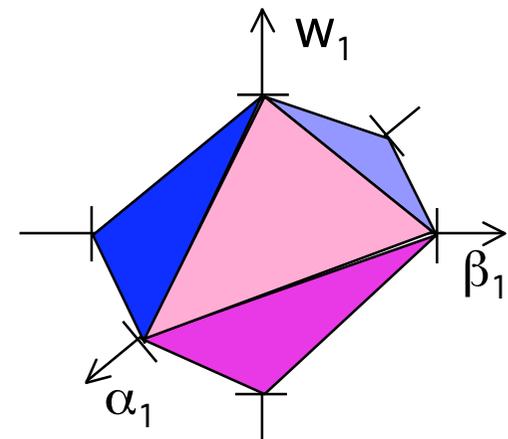
Pt A : $-t/2 \leq w_1 + a \alpha_1 - b \beta_1 \leq t/2$

Pt B : $-t/2 \leq w_1 + a \alpha_1 + b \beta_1 \leq t/2$

Pt C : $-t/2 \leq w_1 - a \alpha_1 - b \beta_1 \leq t/2$

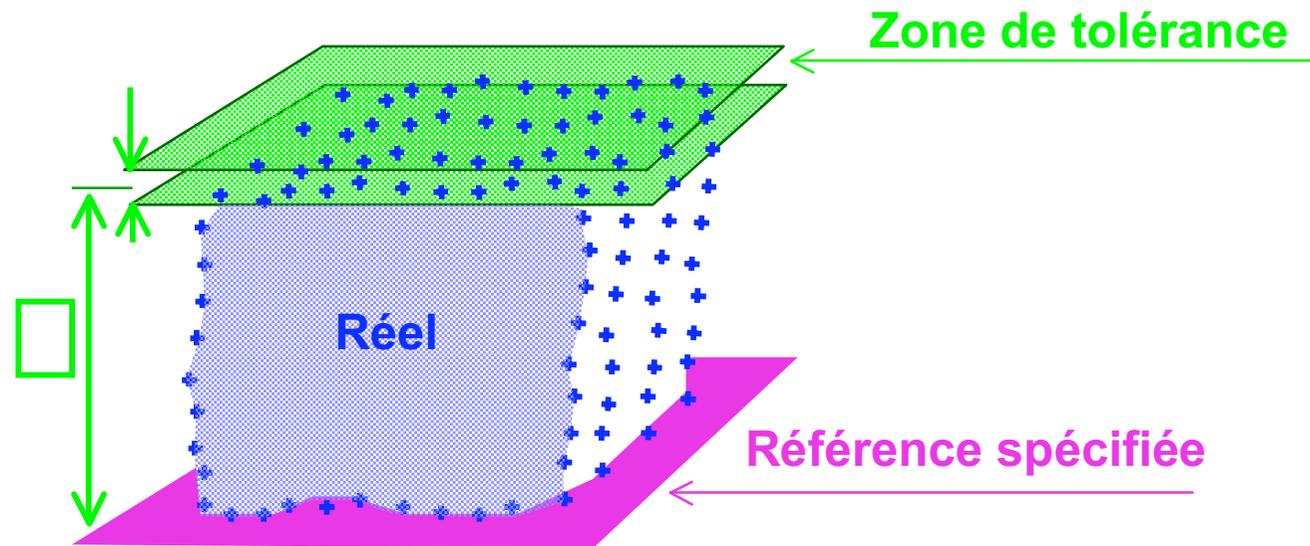
Pt D : $-t/2 \leq w_1 - a \alpha_1 + b \beta_1 \leq t/2$

Pt .. :



Limitation des écarts proposition par les normes ISO

- Tolérancement dimensionnel :
 - Linéaire (entre deux points)
 - Angulaire (deux lignes coplanaires)
- Tolérancement géométrique (par zones de tolérance)



ISO : Spécification géométrique des Produits (GPS 21ème siècle)

■ Objectifs :

- Unifier le langage utilisé dans les différentes normes
- Intégrer la spécification et la vérification
- Supprimer les ambiguïtés d'interprétation
- Répondre au besoin des utilisateurs

■ Mise en œuvre prévue en 2005

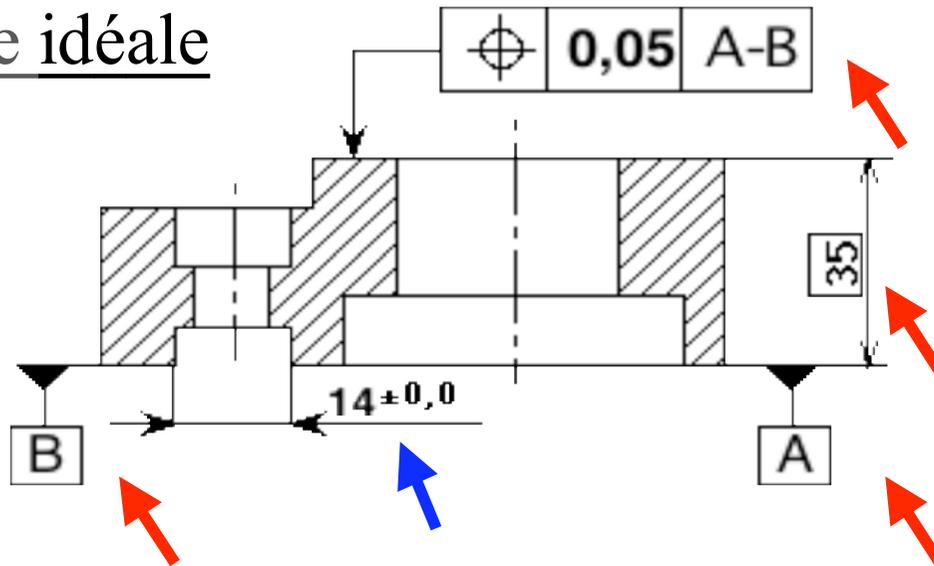
Tolérancement des pièces

Concepts généraux

Normes ISO : 8015 - 1101 - 5458 - 5459 - 2692 - 1460-2

Dessin technique et pièce réelle

pièce idéale

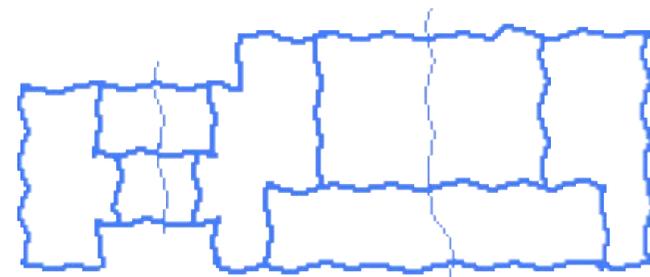


indications du dessin

Exigences dimensionnelles

Exigences géométriques

Spécifier la géométrie
d'une
pièce réelle



Principe de l'indépendance

Chaque exigence dimensionnelle ou géométrique, spécifiée sur un dessin **doit être respectée** en elle même **(indépendamment)**, sauf si une relation particulière est spécifiée.

Deux types de tolérancement

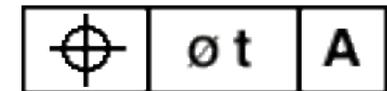
■ Tolérancement dimensionnel

- tolérances linéaires
- tolérances angulaires

$\overleftarrow{20 \pm 0,03} \overrightarrow{\hspace{1cm}}$

■ Tolérancement géométrique

- tolérances de forme
- tolérances d'orientation
- tolérances de position
- tolérances de battement



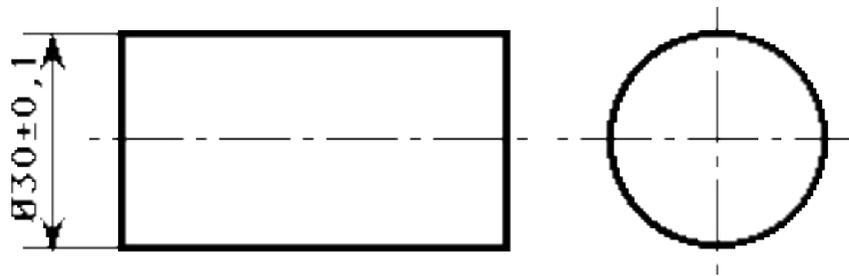
Tolérancement dimensionnel

(ISO 8015)

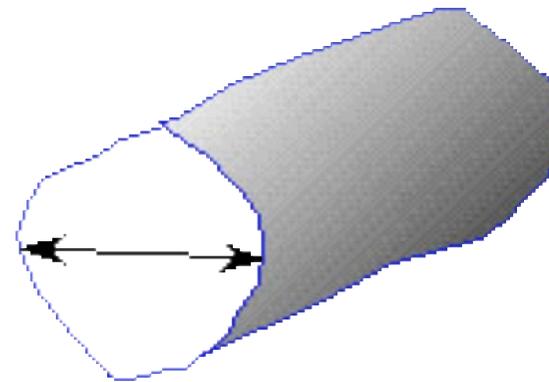
- tolérances linéaires
- tolérances angulaires

Tolérancement dimensionnel

tolérance linéaire



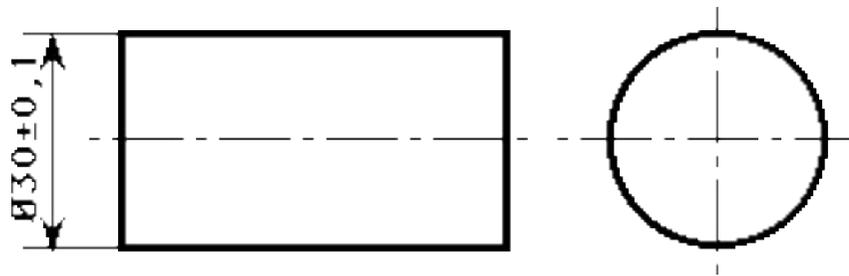
dimension locale réelle :
mesure entre deux points



pièce réelle

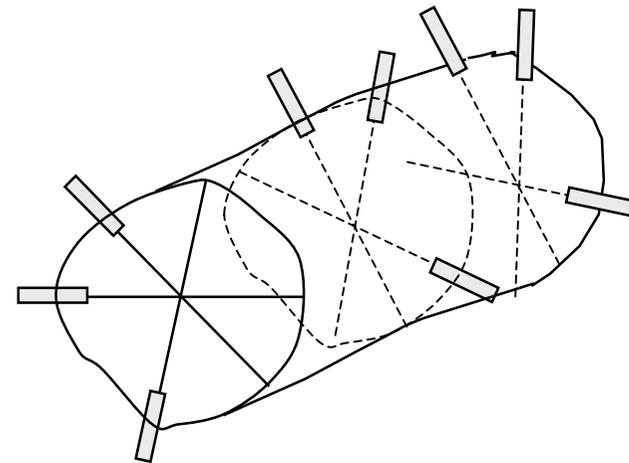
Tolérancement dimensionnel

tolérance linéaire



Une tolérance dimensionnelle
limite uniquement
les dimensions locales réelles

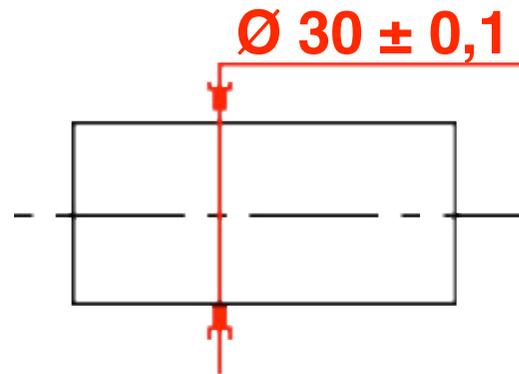
$$29,9 \leq d_i \leq 30,1$$



*Chaque dimension locale réelle doit être respectée
indépendamment des autres dimensions locales
réelles*

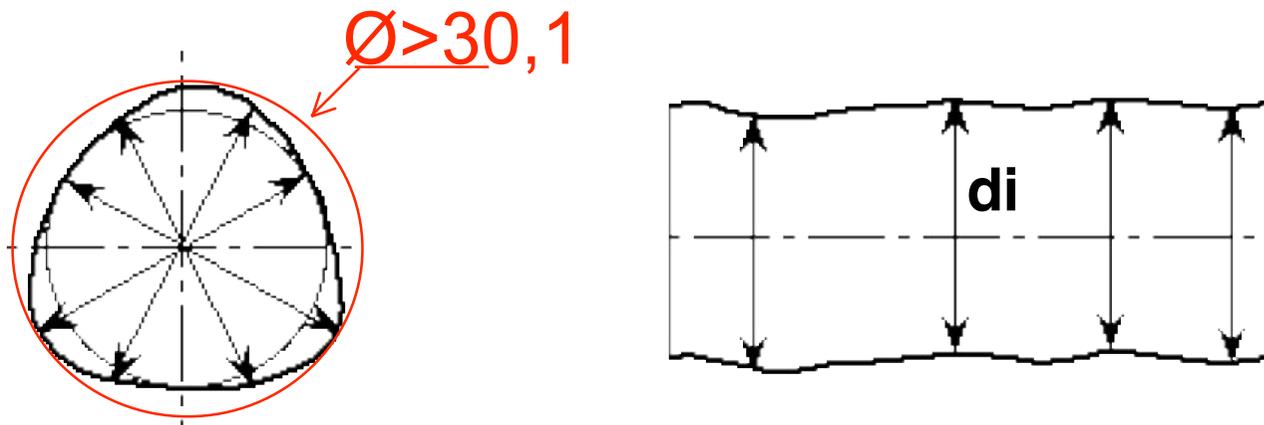
Exigence d'une tolérance dimensionnelle (exemple)

Dessin technique



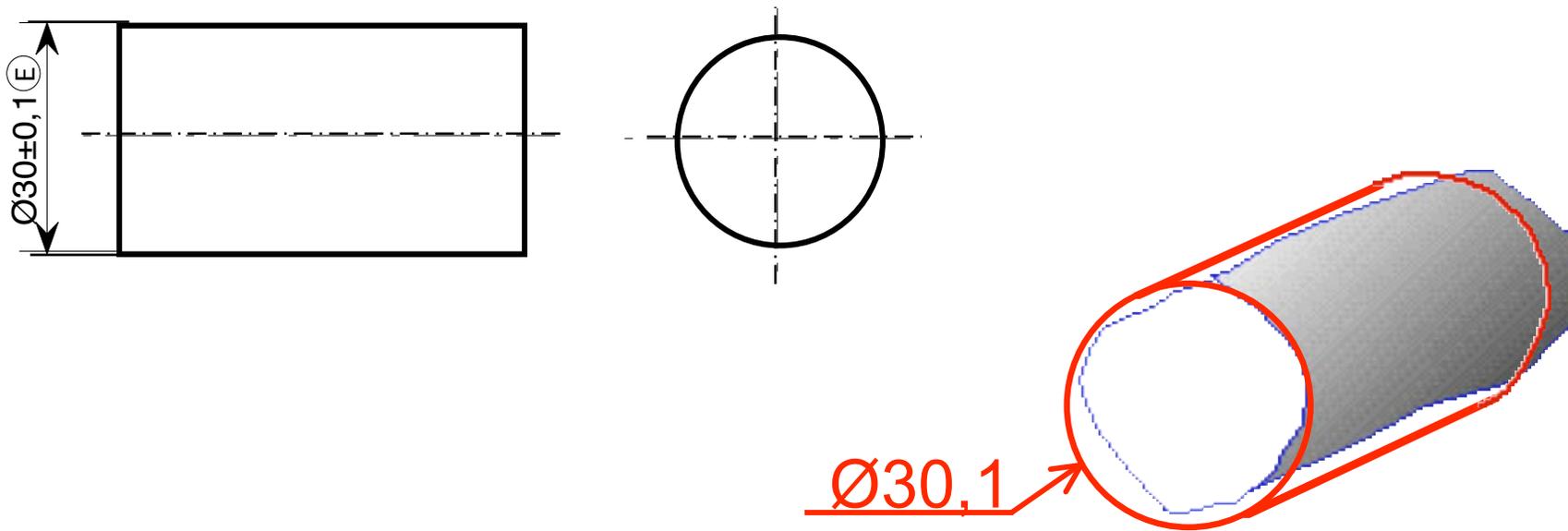
chaque dimension locale réelle doit rester dans la tolérance dimensionnelle

Exemple : Cas où chaque dimension locale réelle $d_i=30,1$



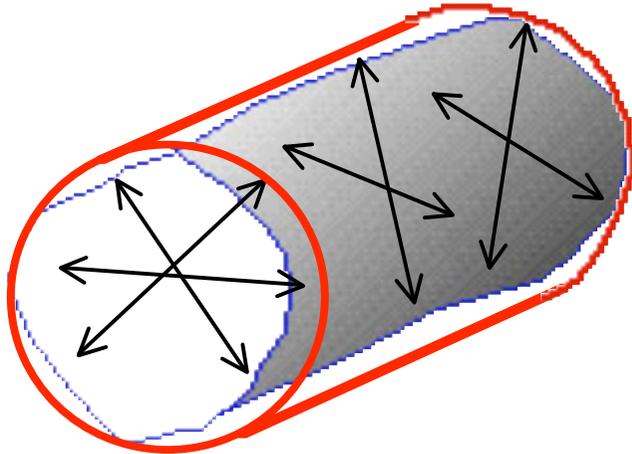
Exigence de l'enveloppe

$\varnothing 30 \pm 0,1$ **E**



l'enveloppe de forme parfaite au maximum de matière ne doit pas être dépassée (ISO 8015)

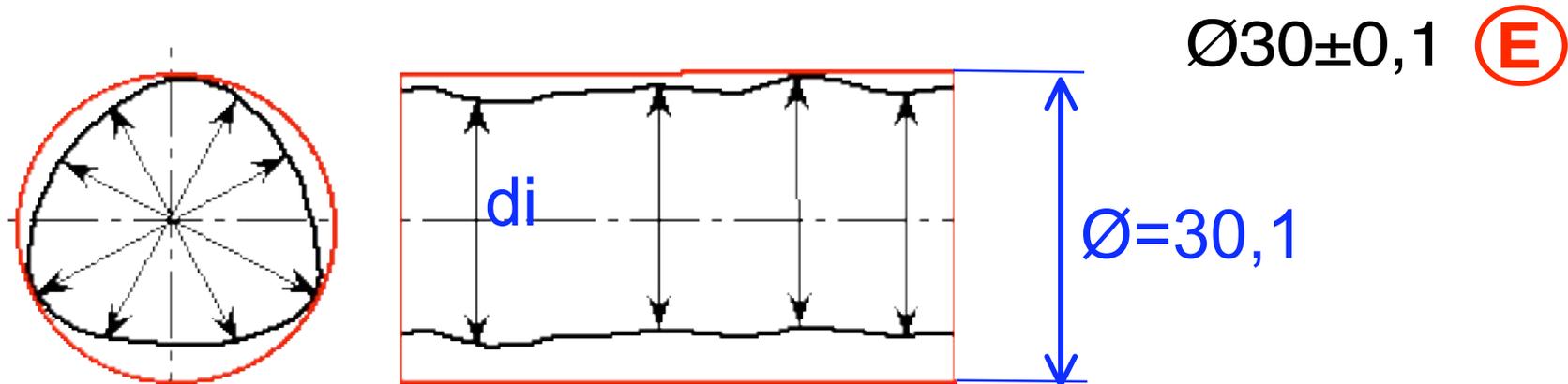
Exigences fonctionnelles



$\text{Ø}30\pm0,1$ (E)

- la surface de l'élément cylindrique ne doit pas dépasser l'enveloppe de forme parfaite à la dimension au maximum de matière de $\text{Ø} 30,1$
- aucune dimension locale réelle ne doit être inférieure à $\text{Ø}29,9$

Exigences fonctionnelles (assemblage)



- la surface de l'élément cylindrique ne doit pas dépasser l'enveloppe de forme parfaite à la dimension au maximum de matière de $\text{Ø } 30,1$
- aucune dimension locale réelle ne doit être inférieure à $\text{Ø}29,9$: $d_i \geq 29,9$

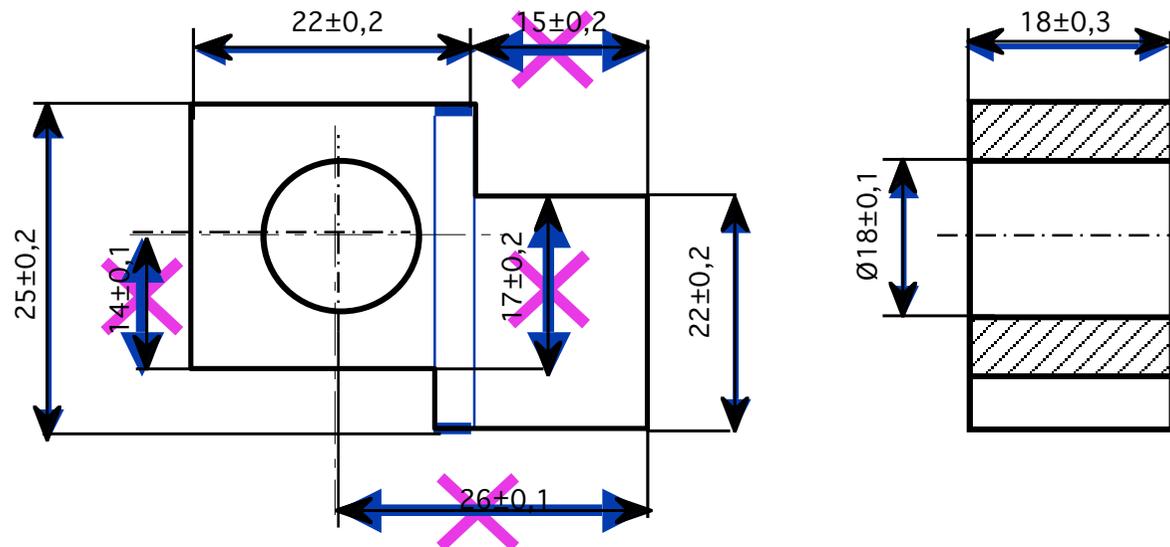
Tolérancement dimensionnel

Remarque :

Une tolérance linéaire ne s'applique qu'à :

- un cylindre (avec de la matière en vis à vis)
- deux plans parallèles (avec de la matière en vis à vis)

Exemple



Existence de dimensions locales réelles ?

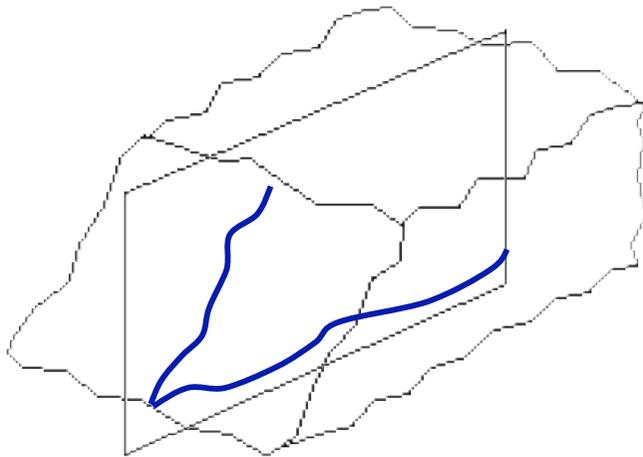
Tolérancement dimensionnel

(ISO 8015)

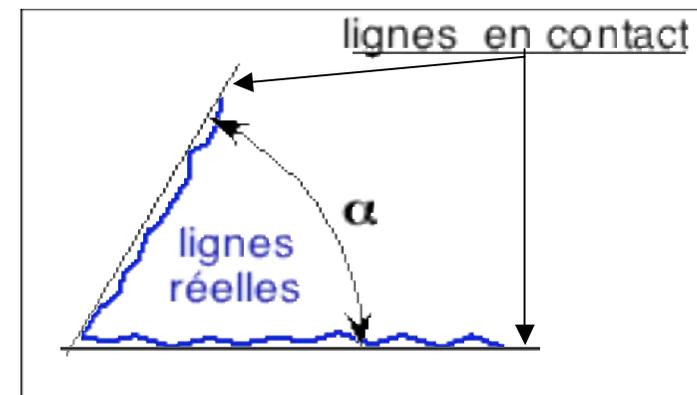
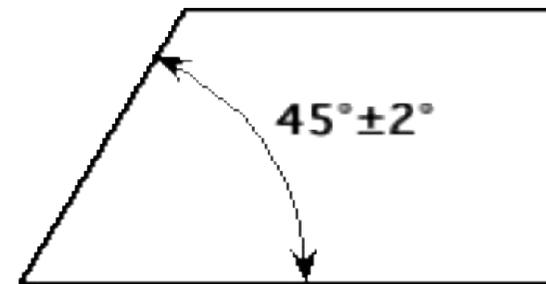
- **tolérances linéaires**
- **tolérances angulaires**

Tolérancement dimensionnel

tolérance angulaire



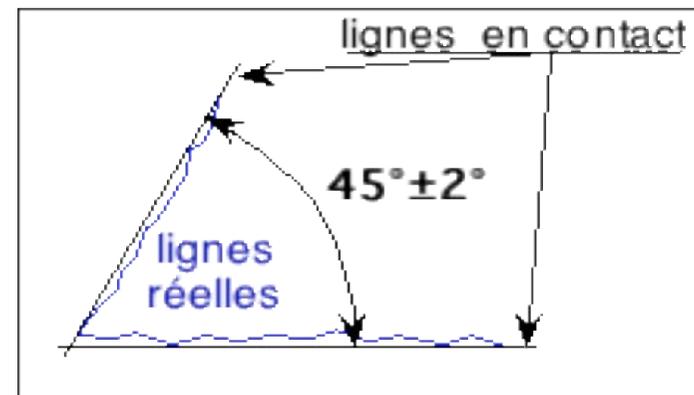
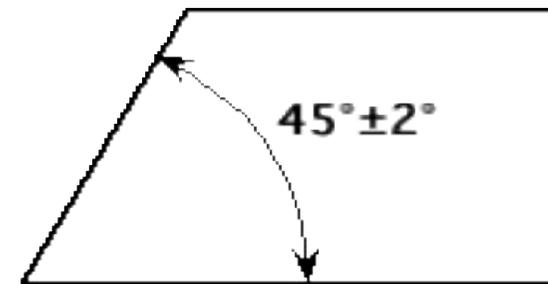
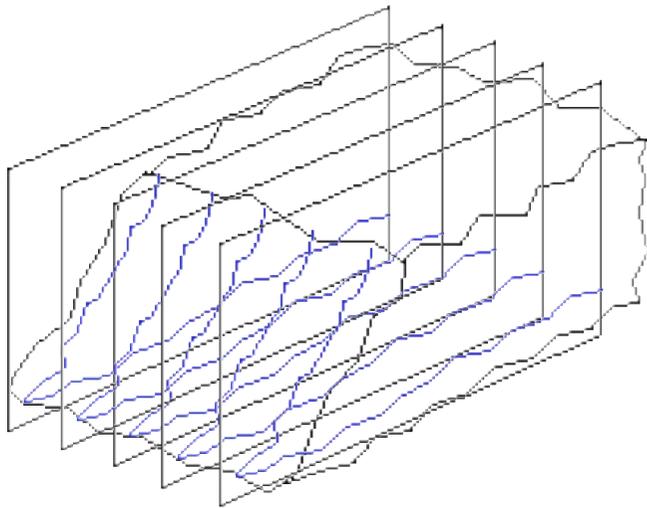
Pièce réelle



$$43^\circ \leq \alpha \leq 47^\circ$$

Tolérancement dimensionnel

tolérance angulaire



Dans chaque plan
chaque dimension locale réelle doit rester
dans la tolérance dimensionnelle

Tolérancement géométrique

(tolérancement par zones de tolérances)

Chaque zone de tolérance

limite les variations d'un élément réel de la pièce.

Problème posé :

Comment positionner les zones de tolérance
sur la pièce réelle ?

Tolérancement géométrique

Vocabulaire :

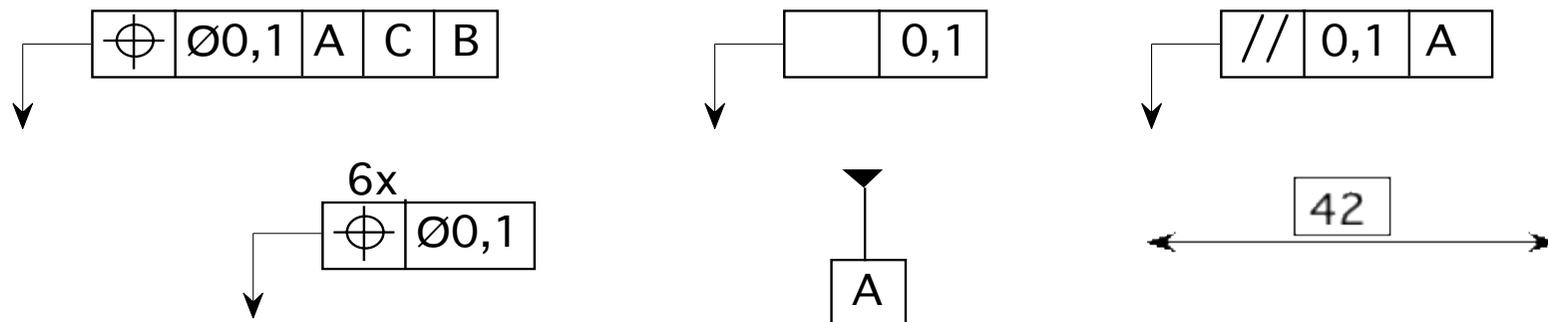
Éléments réels :

- élément tolérancé - élément de référence

Éléments théoriques exacts :

- référence spécifiée - système de références spécifiées
- zone de tolérance - dimensions théoriques exactes ...

Écriture symbolique :



Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Tolérancement géométrique

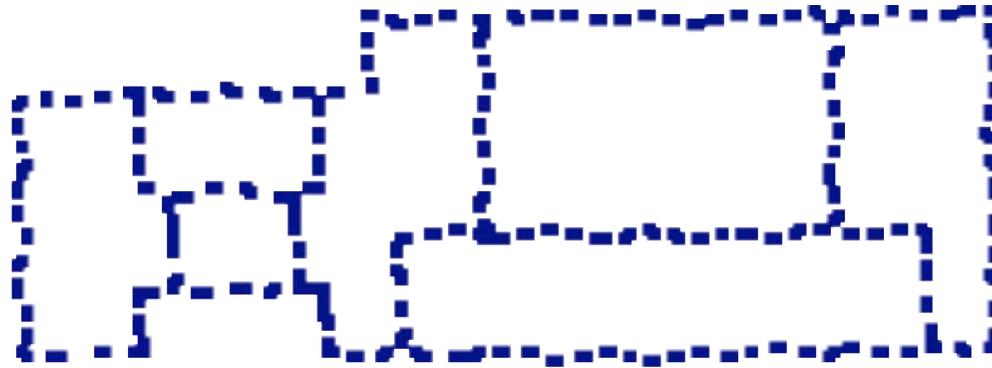
(ISO 1101)

- éléments réels
 - *représentation du réel*
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

La surface réelle d'une pièce

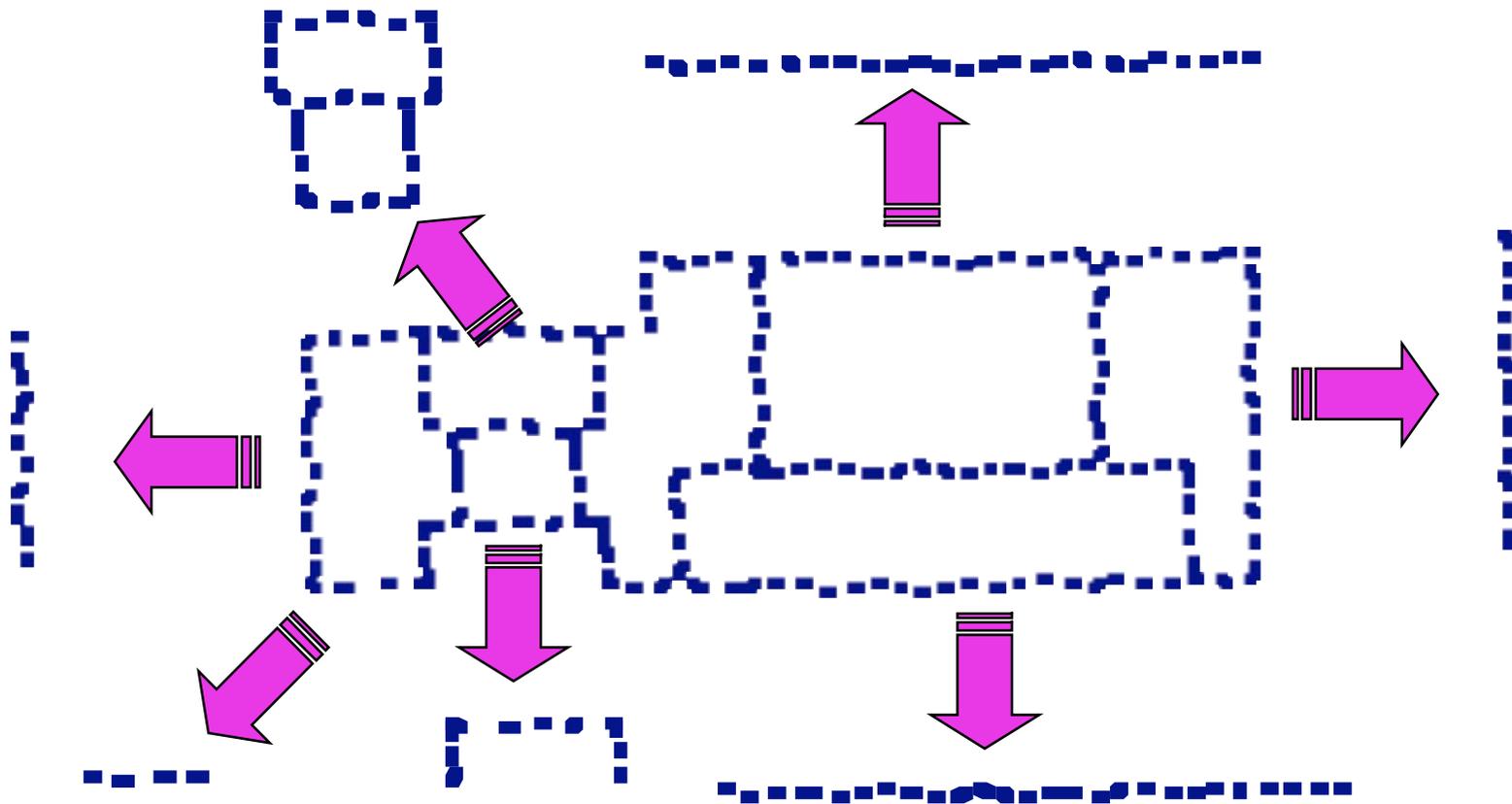
Def. : interface entre la matière et son environnement

Cet interface peut-être représenté par exemple
par un nuage d'un nombre infini de points



Surfaces réelles extraites

Def. : ensemble infini de points délimité par un contour fermé, extrait de la surface réelle de la pièce



Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
 - représentation du réel
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

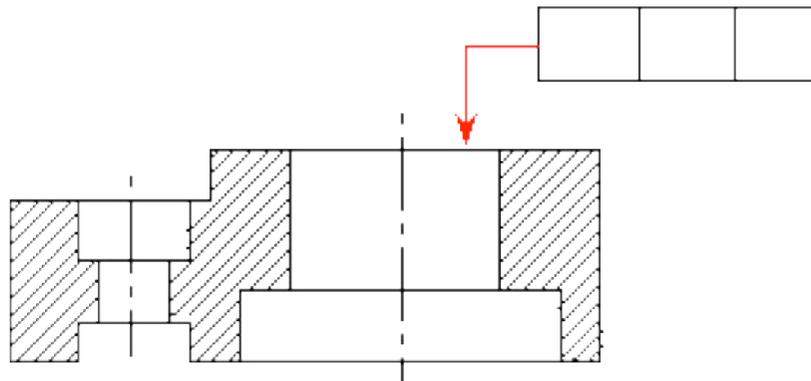
Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

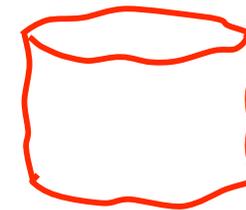
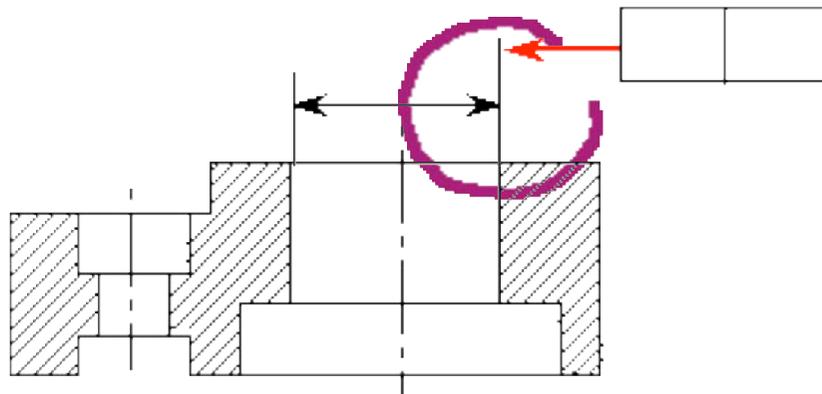
- éléments réels
 - représentation du réel
 - **éléments tolérancés**
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Élément tolérancé

- la flèche désigne un élément réel (extrait)
 - une surface



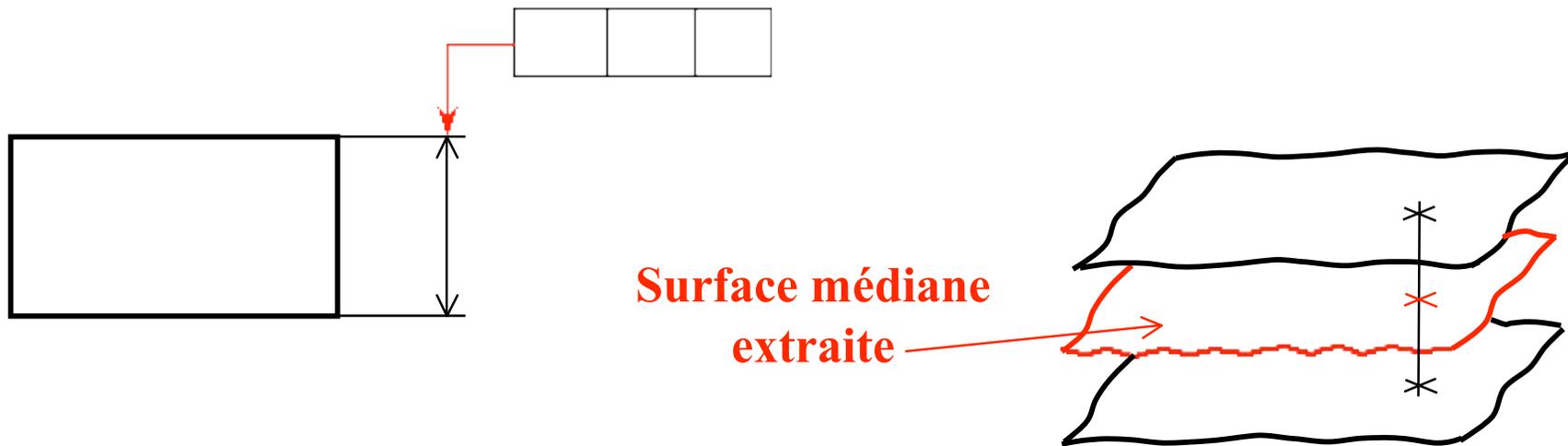
Surface réputée plane



Surface réputée cylindrique

Élément tolérancé

- la flèche désigne un élément réel (extrait)
 - une surface médiane extraite



Lieu des points milieux des paires de points appartenant aux surfaces réputées planes opposées tels que:

Les droites joignant les paires de points sont perpendiculaires au plan médian associé

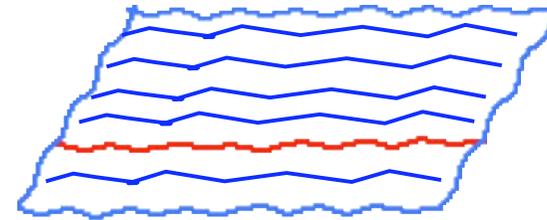
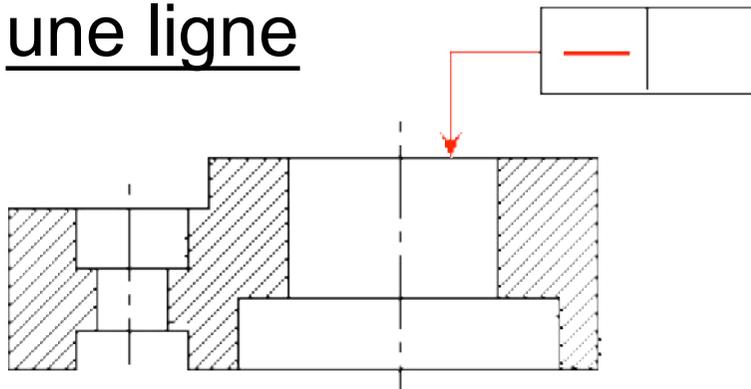
Le plan médian associé est le plan médian de 2 plans // associés suivant le critère des moindres carrés aux 2 surfaces réputées planes.

Élément tolérancé

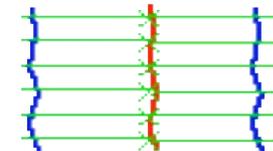
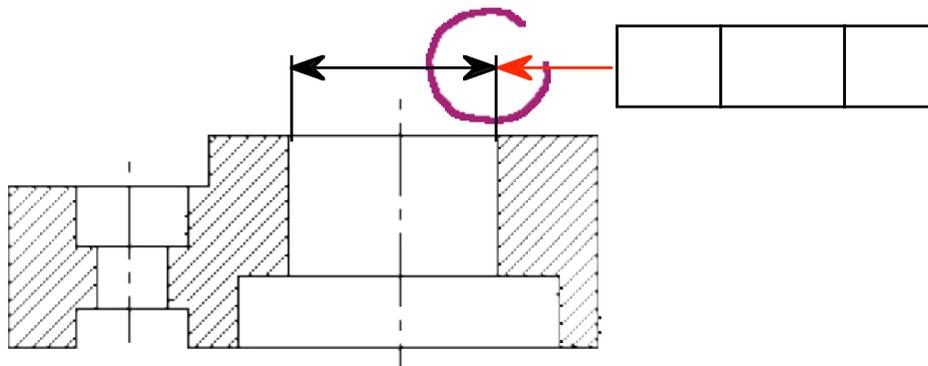
■ la flèche désigne un élément réel (extrait)

➤ une surface

➤ une ligne

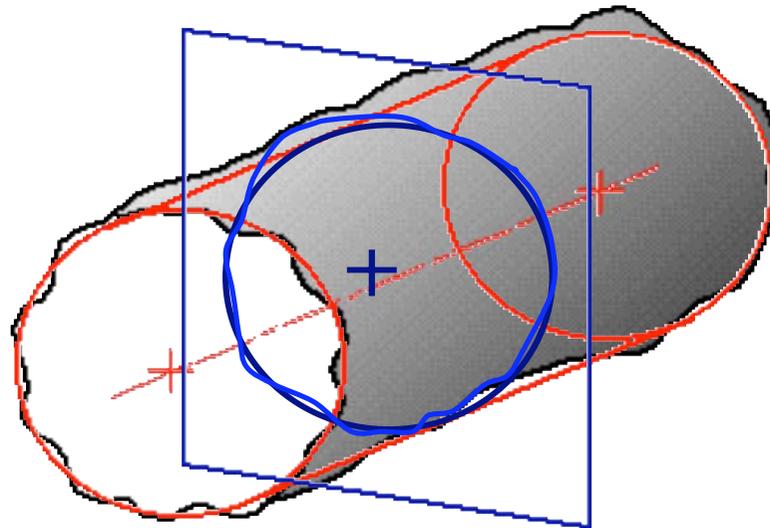


**Toute ligne réputée rectiligne
(dans des plans // au plan d'annotation)**



Axe réel du cylindre

Axe réel d'un cylindre

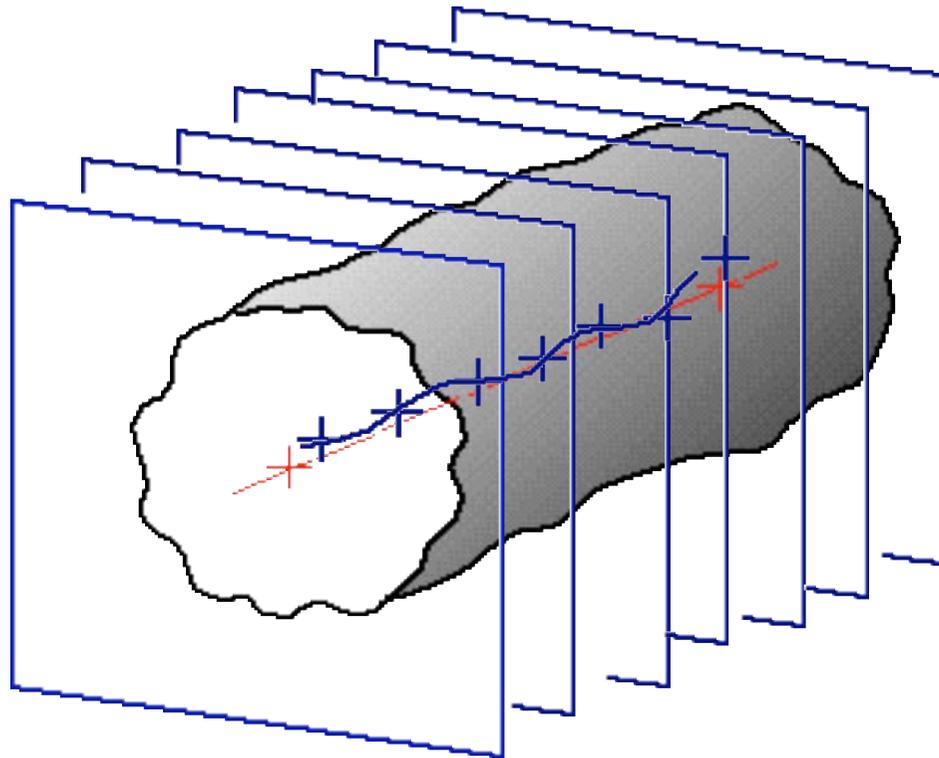


Cylindre des moindres carrés

Plan perpendiculaire à l'axe du cylindre des moindres carrés

Centre du cercle des moindres carrés

Axe réel d'un cylindre

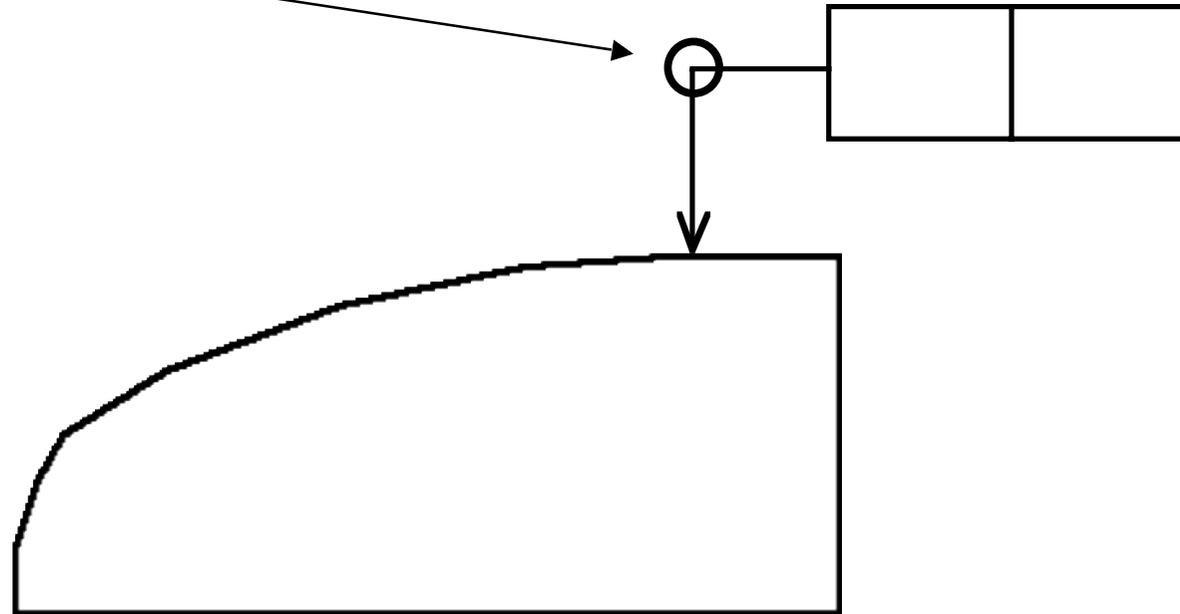


Ligne joignant les centres des cercles des moindres carrés

Élément tolérancé

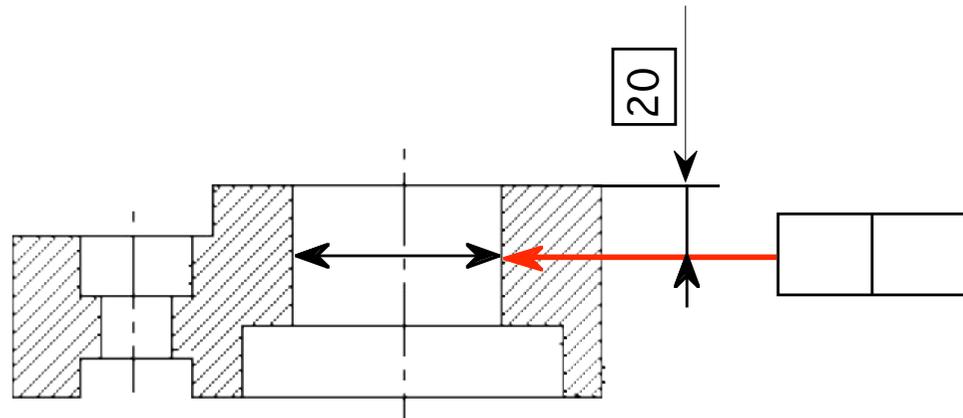
- Un contour (ligne fermée)

Symbole « tout autour »

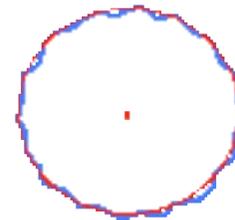


Élément tolérancé

- la flèche désigne un élément réel (extrait)
 - une surface
 - une ligne
 - un point

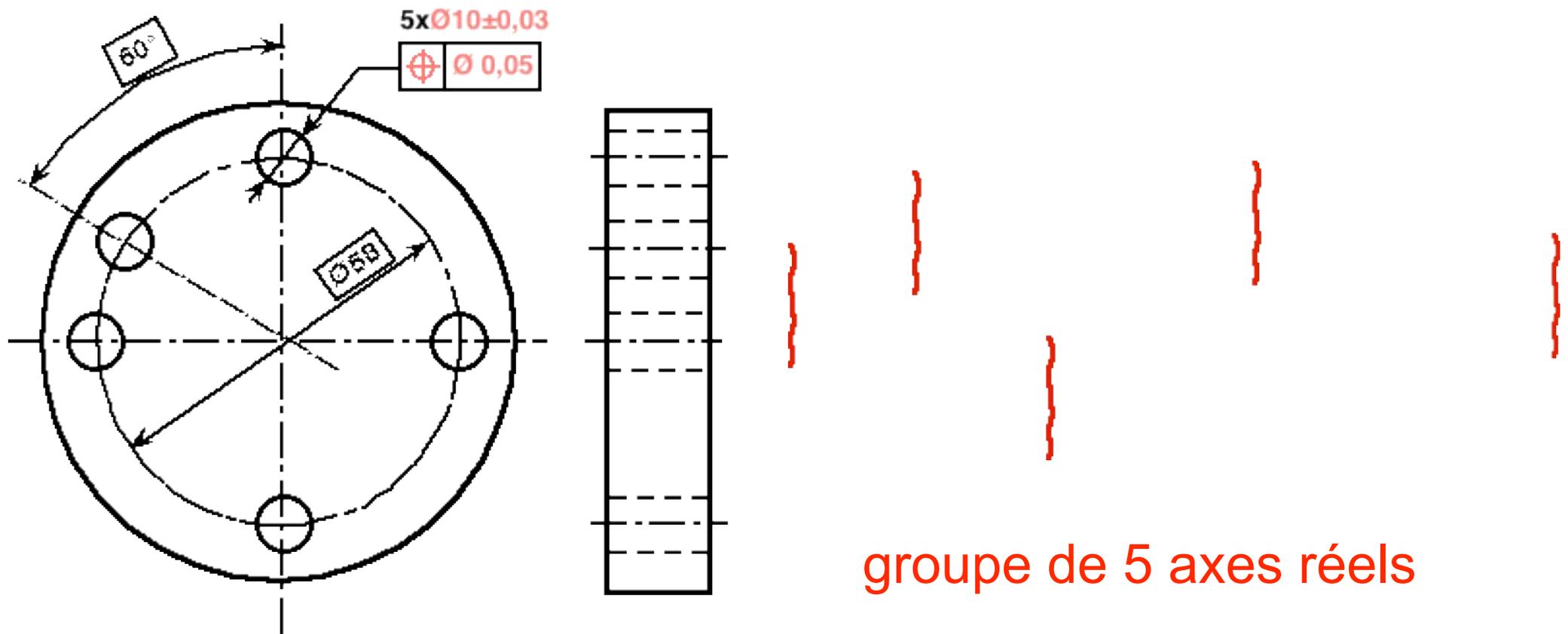


centres du cercle
des moindres carrés



Désignation d'un élément tolérancé

- la flèche désigne un groupe d'éléments réels (extraits)



groupe de 5 axes réels

Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
 - représentation du réel
 - éléments tolérancés
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

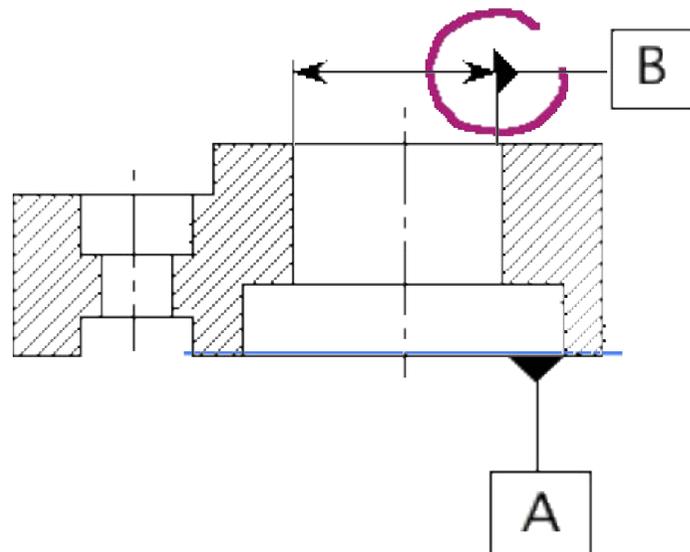
Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
 - représentation du réel
 - éléments tolérancés
 - **éléments de référence**
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Élément de référence

Le triangle désigne un élément réel (extrait de la surface réelle d'une pièce)



Surface réputée cylindrique



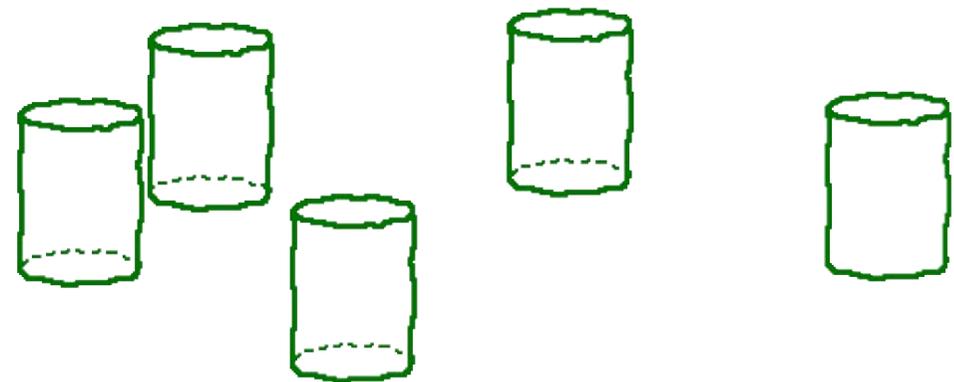
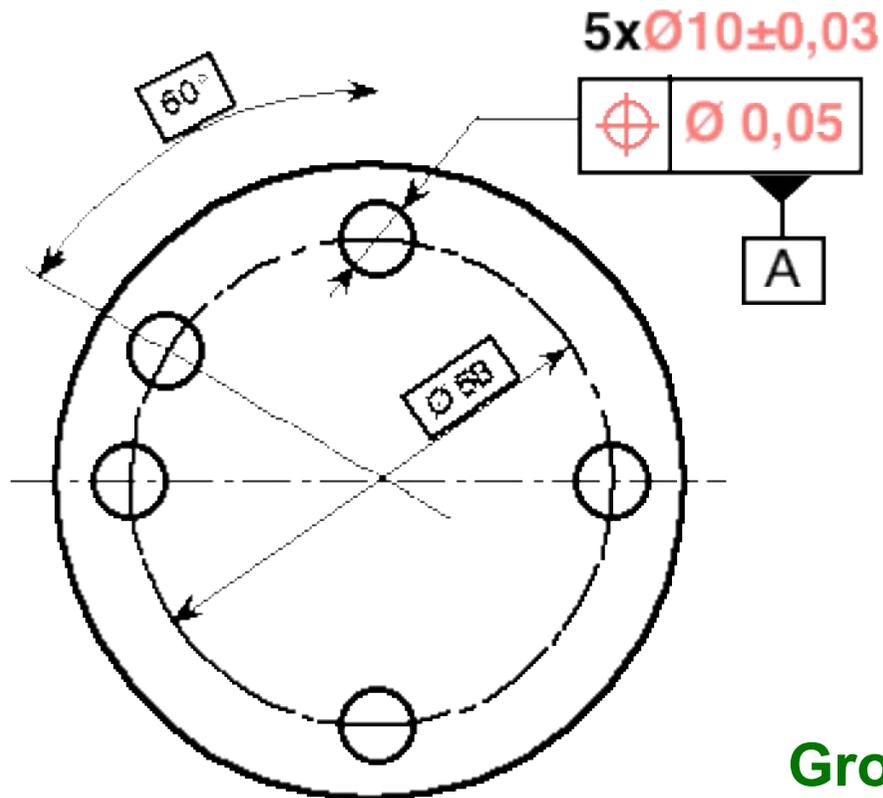
Surface réputée plane



L'élément de référence servira à positionner une référence spécifiée

Désignation d'un élément de référence

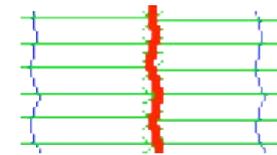
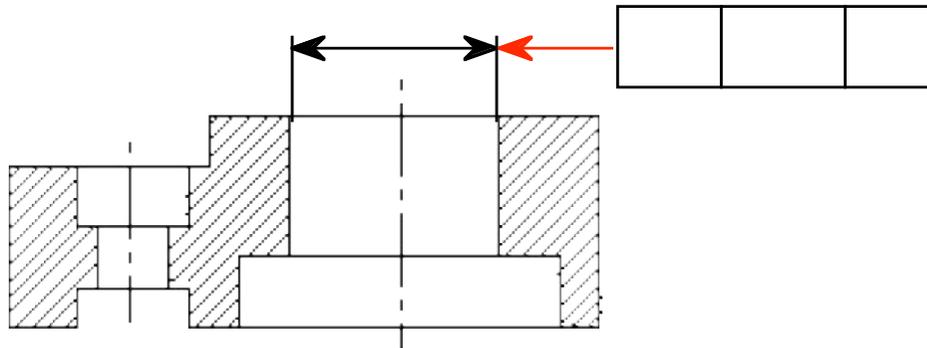
Le triangle désigne un groupe d'éléments réels (extraits)



Groupe de 5 surfaces réputées cylindriques

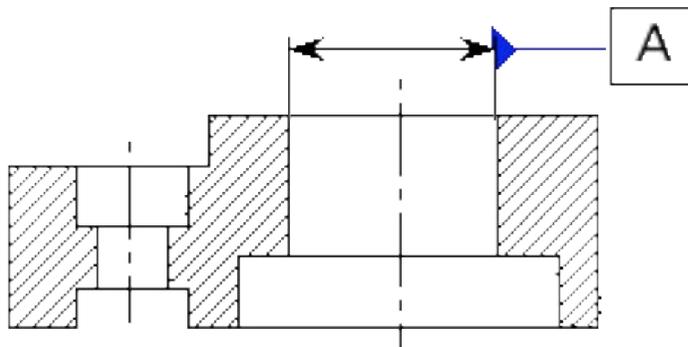
Désignation des éléments réels d'une pièce

élément tolérancé



axe réel du cylindre

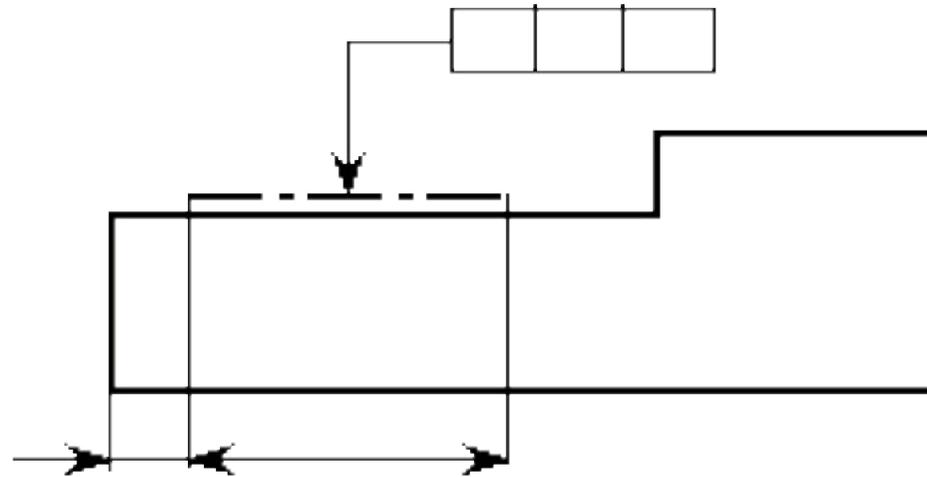
élément de référence



surface réputée cylindrique

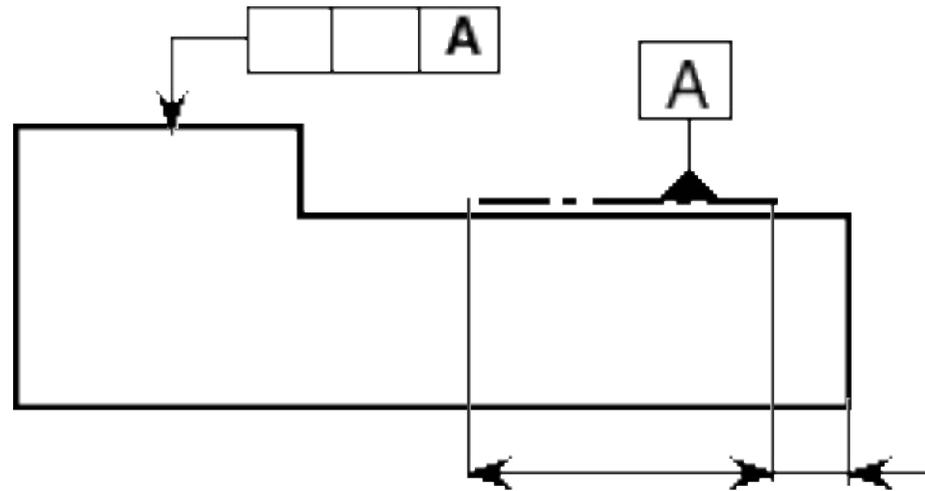
Partie restreinte de l'élément tolérancé ou de référence

- tolérance appliquée sur une partie restreinte de l'élément tolérancé



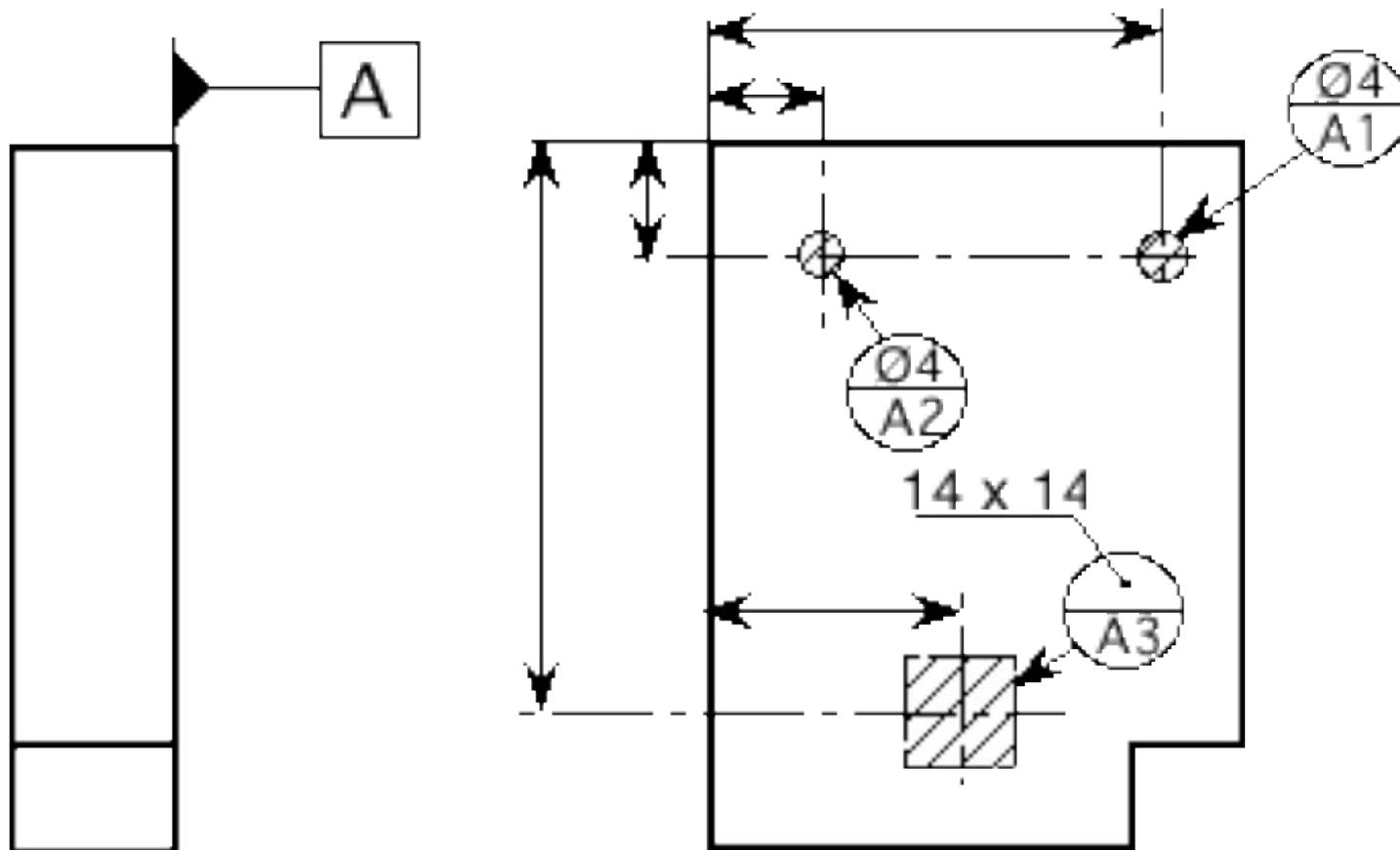
Partie restreinte de l'élément tolérancé ou de référence

- tolérance appliquée sur une partie restreinte de l'élément de référence



Références partielles

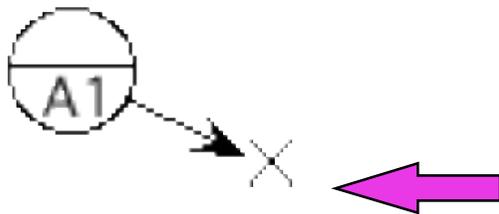
un élément de référence peut être composé de plusieurs références partielles



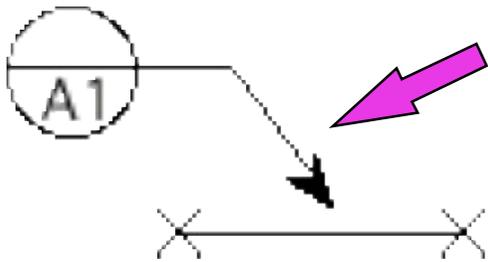
Références partielles

une référence partielle est indiquée par un cadre circulaire divisé en deux cases

la référence partielle peut être

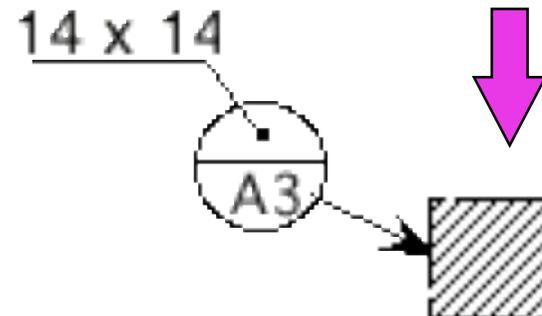
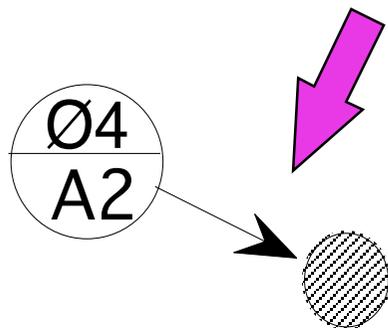


un point : indiqué par une croix



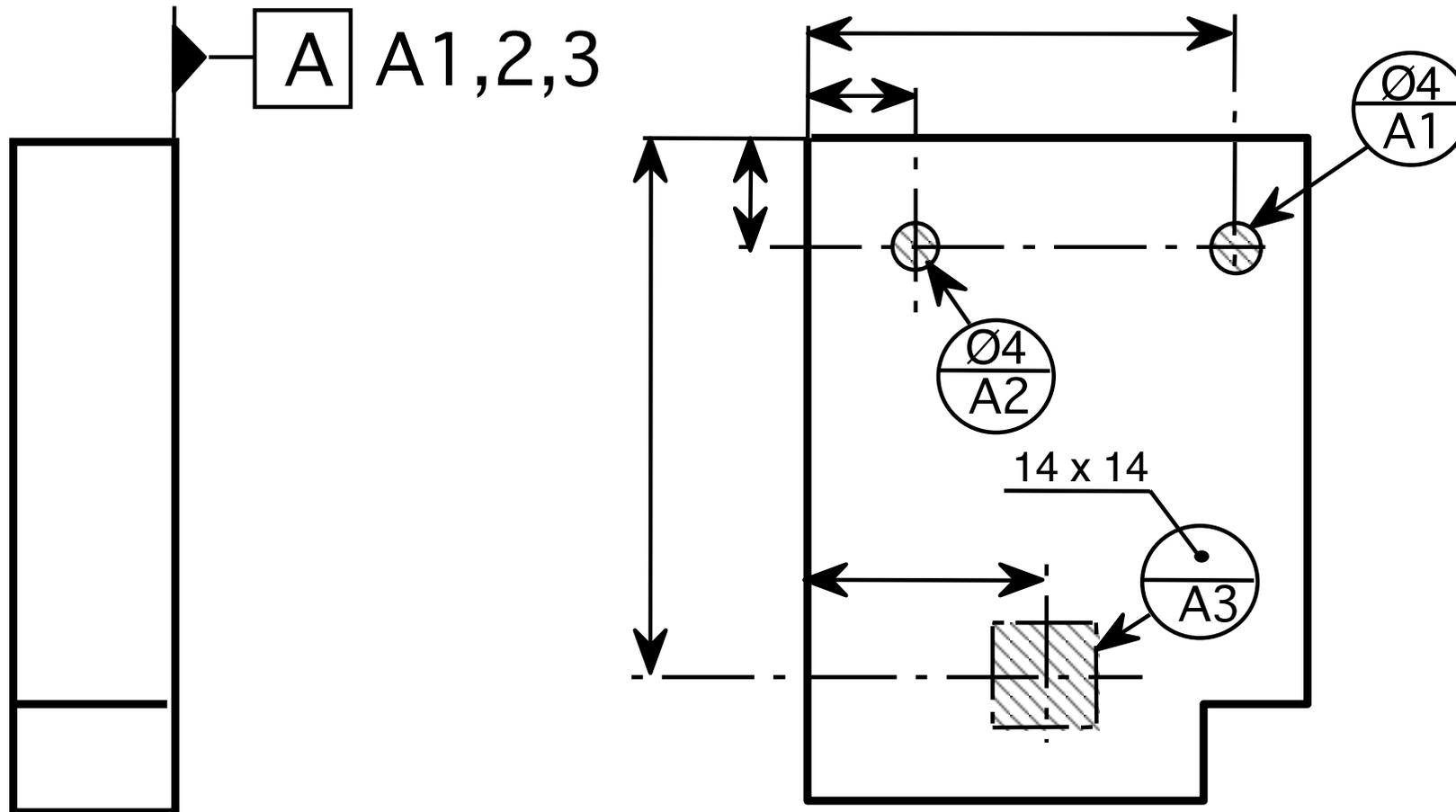
une ligne : indiquée par deux croix reliées par un trait continu fin

une zone : indiquée par une zone hachurée encadrée par un trait mixte à deux points

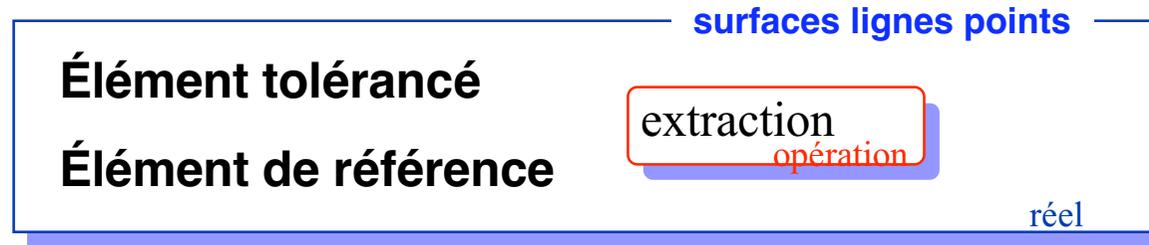


ISO 5459-1981

Références partielles



Lecture d'une tolérance géométrique ISO (sans indications particulières)



Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
 - représentation du réel
 - éléments tolérancés
 - éléments de référence
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
- éléments théoriques associés aux éléments réels
 - *référence spécifiée simple*
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Référence spécifiée

forme géométrique **théoriquement exacte**
associée à un élément de référence

Référence spécifiée simple

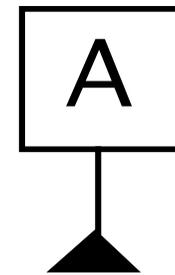
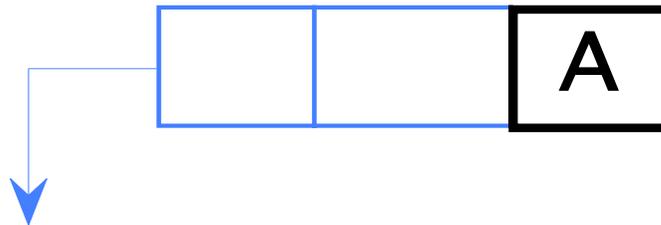
Une référence spécifiée simple est l'un des trois éléments géométriques théoriquement exact

point

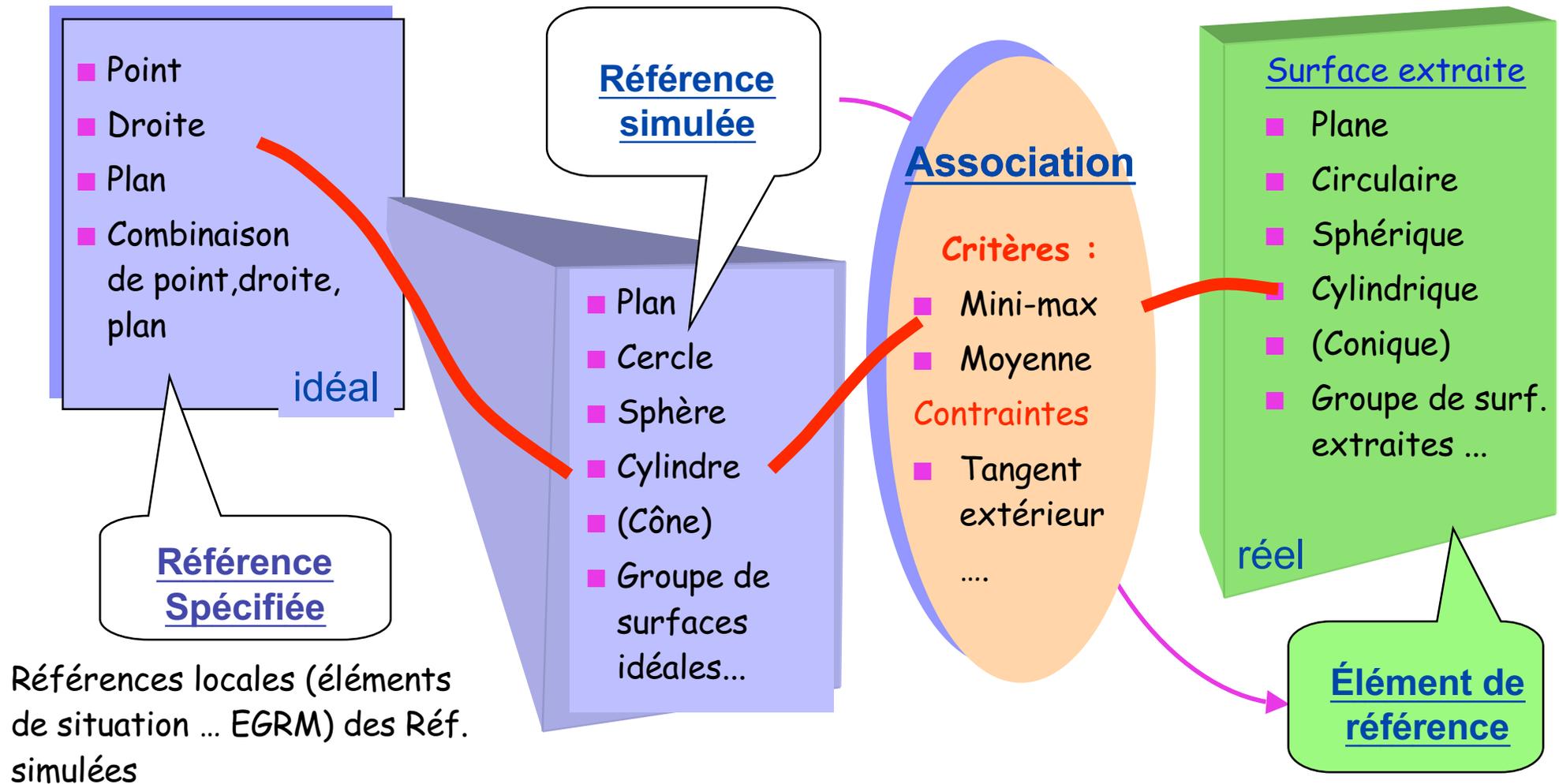
droite

plan

désigné par une lettre



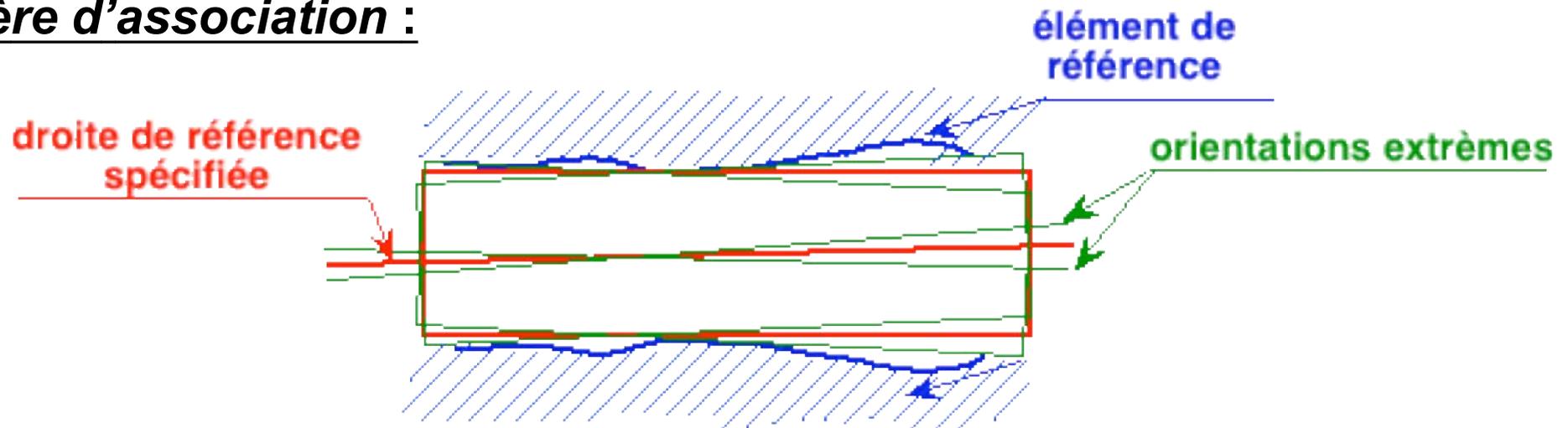
Association d'une référence spécifiée à un élément de référence



Association : critères (norme ISO)

Cas d'une surface réputée cylindrique

critère d'association :

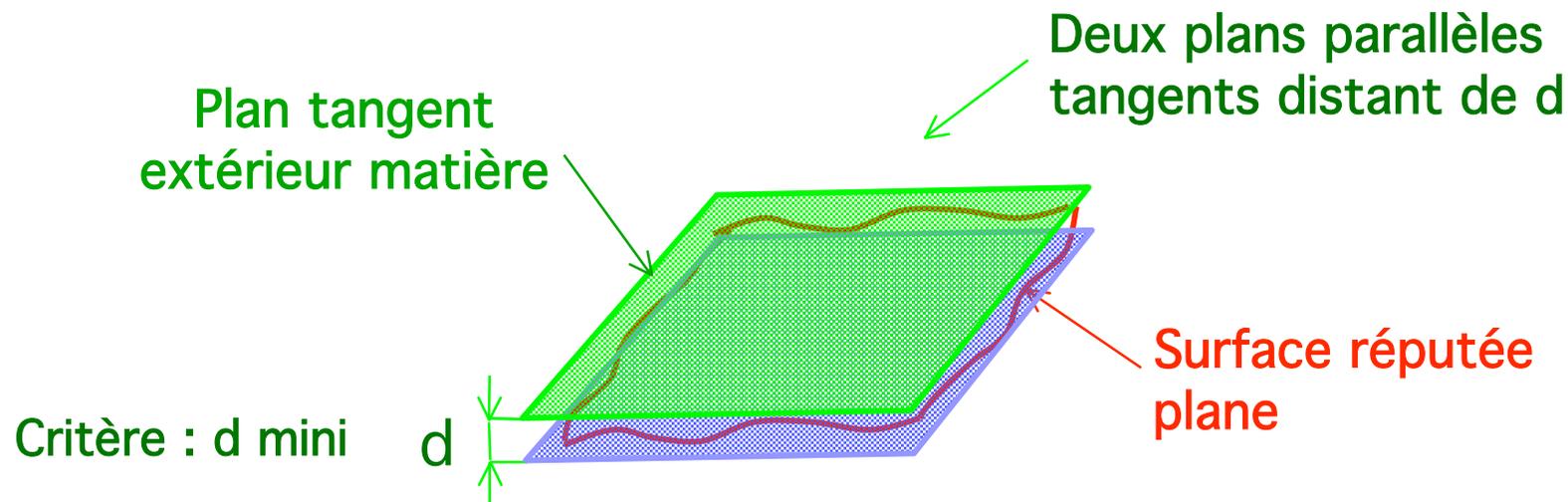


Le plus grand élément inscrit pour une pièce creuse, ou **le plus petit élément circonscrit** pour une pièce pleine, disposé de telle façon que n'importe quel mouvement possible de l'élément dans n'importe quelle direction soit égal.

La référence spécifiée est unique (ISO)

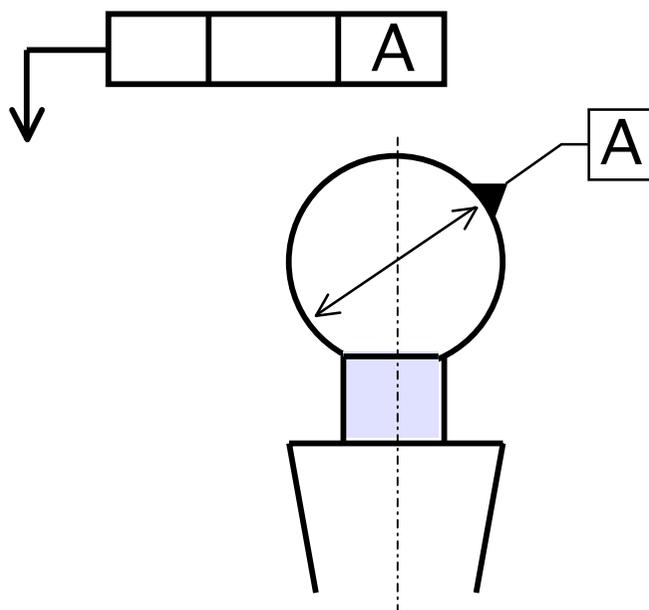
Association : critères (norme ISO)

Cas d'une surface réputée plane

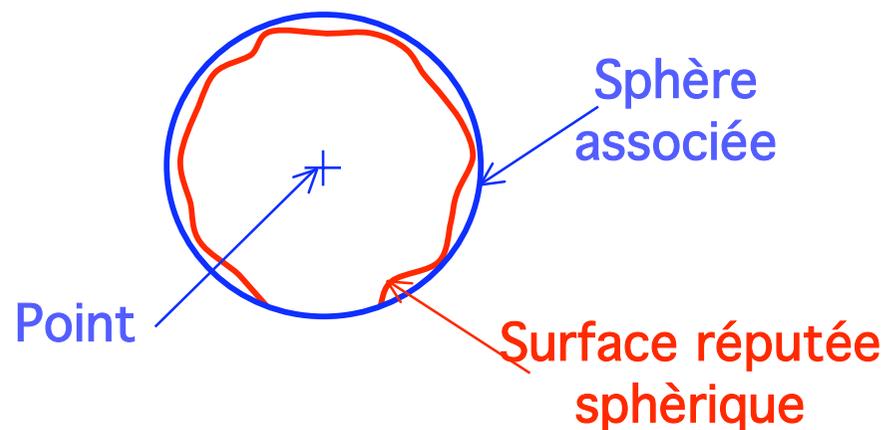


plan tangent extérieur matière, disposés de façon que la plus grande des distances entre le plan tangent à l'élément de référence soit minimale

La référence spécifiée est un point

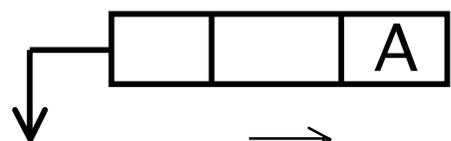


■ Centre d'une sphère

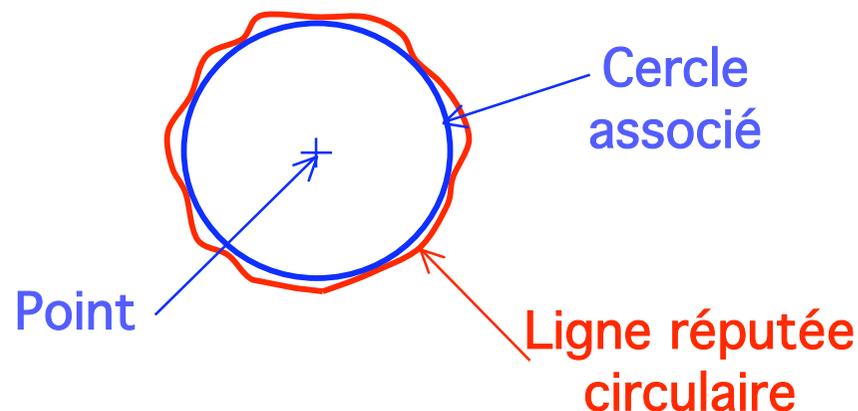
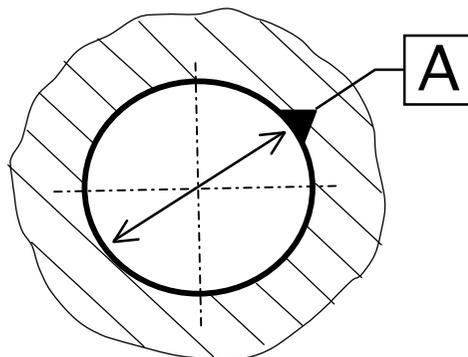
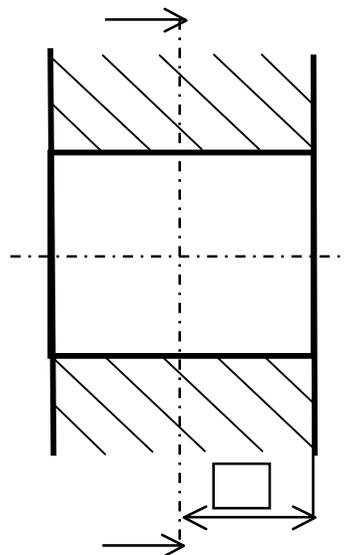


| | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| <u>Élément de référence :</u> | Surface réputée sphérique |
| <u>Référence simulée :</u> | Sphère |
| <u>Critère d'association :</u> | Sphère minimale circonscrite |
| <u>Référence spécifiée :</u> | Point (centre de la sphère) |

La référence spécifiée est un point



■ Centre d'une section circulaire



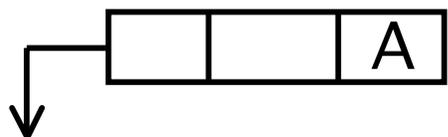
Élément de référence : Ligne réputée circulaire

Référence simulée : Cercle

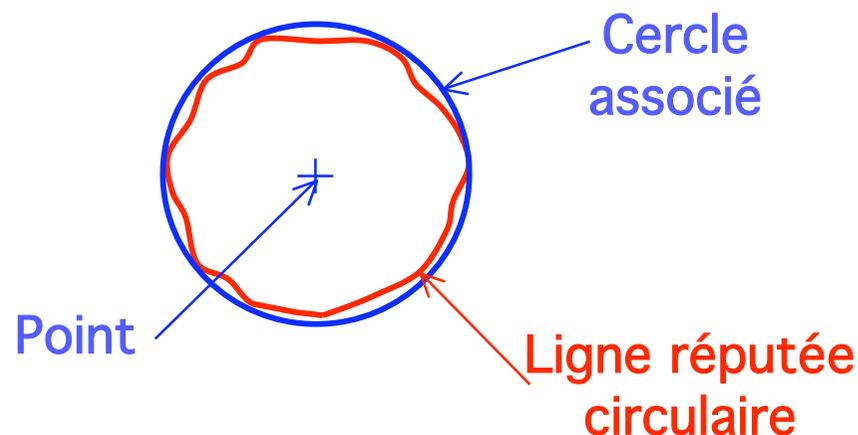
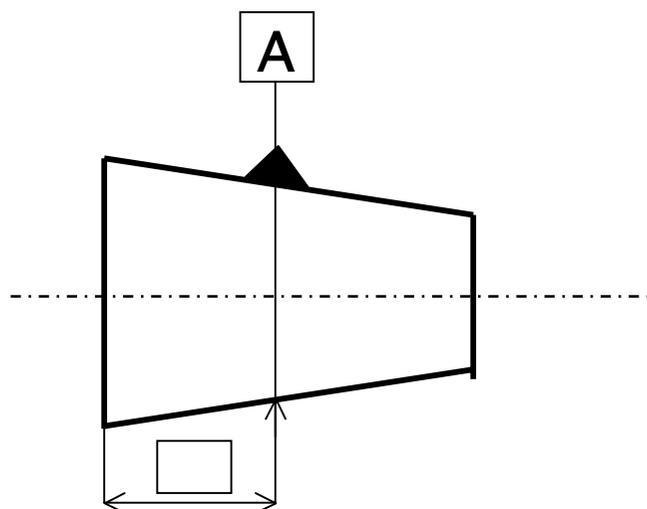
Critère d'association : Plus grand cercle inscrit

Référence spécifiée : Point (centre du cercle)

La référence spécifiée est un point



- Centre d'une section circulaire



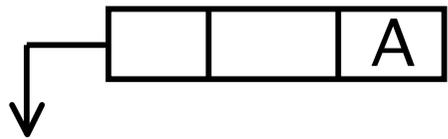
Élément de référence : Ligne réputée circulaire

Référence simulée : Cercle

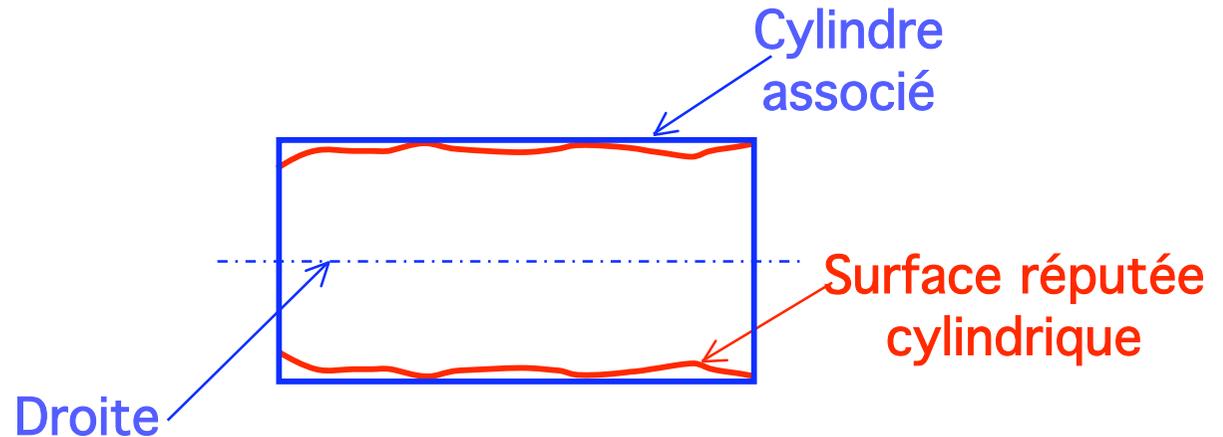
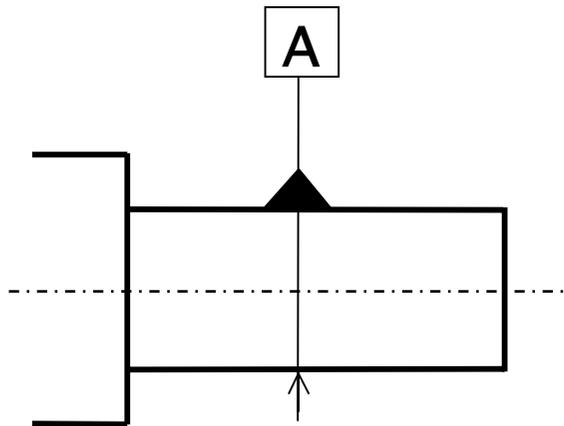
Critère d'association : Plus petit cercle circonscrit

Référence spécifiée : Point (centre du cercle)

La référence spécifiée est une droite

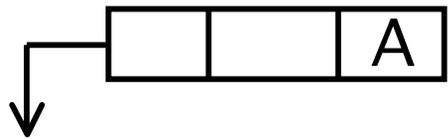


■ Axe d'un cylindre

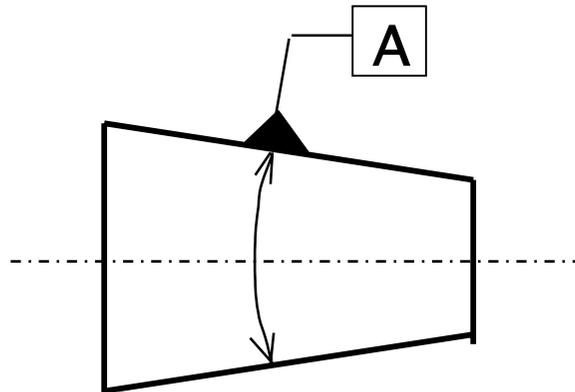


| | |
|---------------------------------------|--|
| <u>Élément de référence :</u> | Surface réputée cylindrique |
| <u>Référence simulée :</u> | Cylindre |
| <u>Critère d'association :</u> | Plus petit cylindre circonscrit |
| <u>Référence spécifiée :</u> | droite (axe du cylindre) |

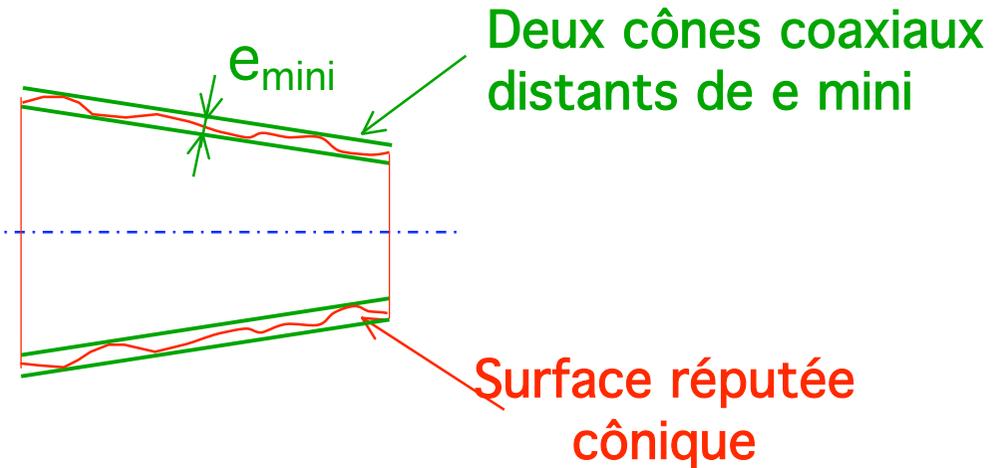
La référence spécifiée est une droite



■ Axe d'un cône



Droite



Deux cônes coaxiaux
distants de e_{mini}

Surface réputée
cônique

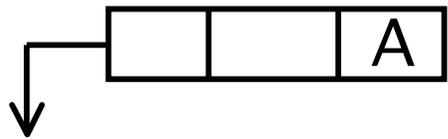
Élément de référence : Surface réputée cônique

Référence simulée : Cône d'angle variable

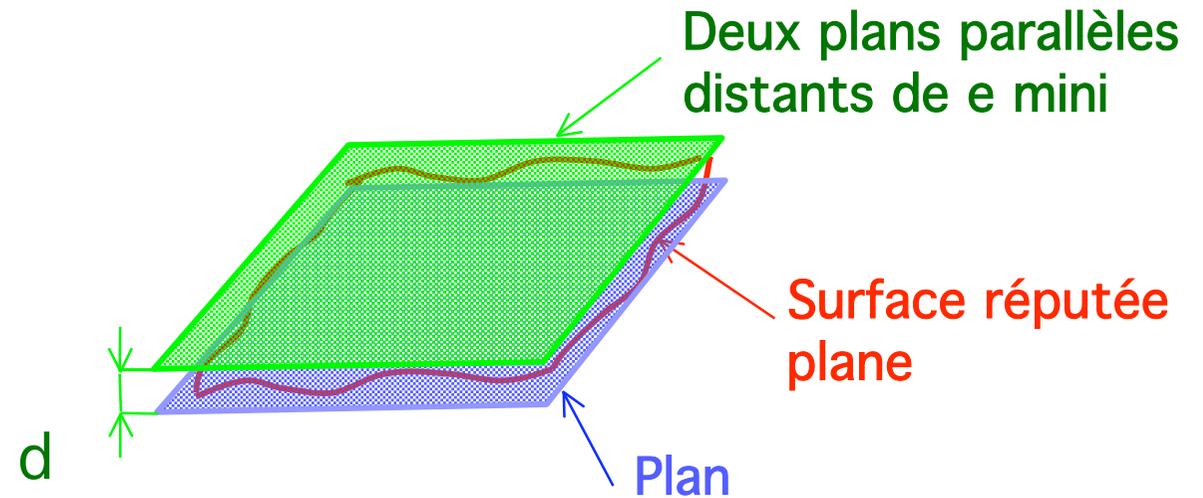
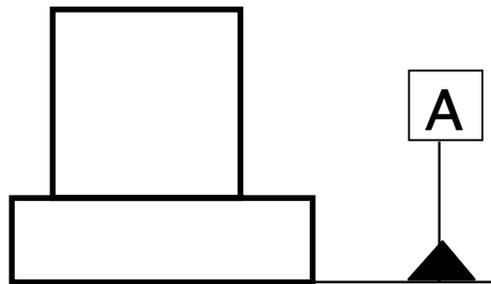
Critère d'association : Distance e minimum

Référence spécifiée : Droite (axe du cône)

La référence spécifiée est un plan



■ Plan tangent extérieur matière



Élément de référence : Surface réputée plane

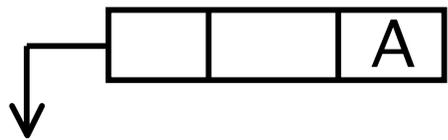
Référence simulée : Plan tangent extérieur matière

Critère d'association : Ecart maxi d minimum

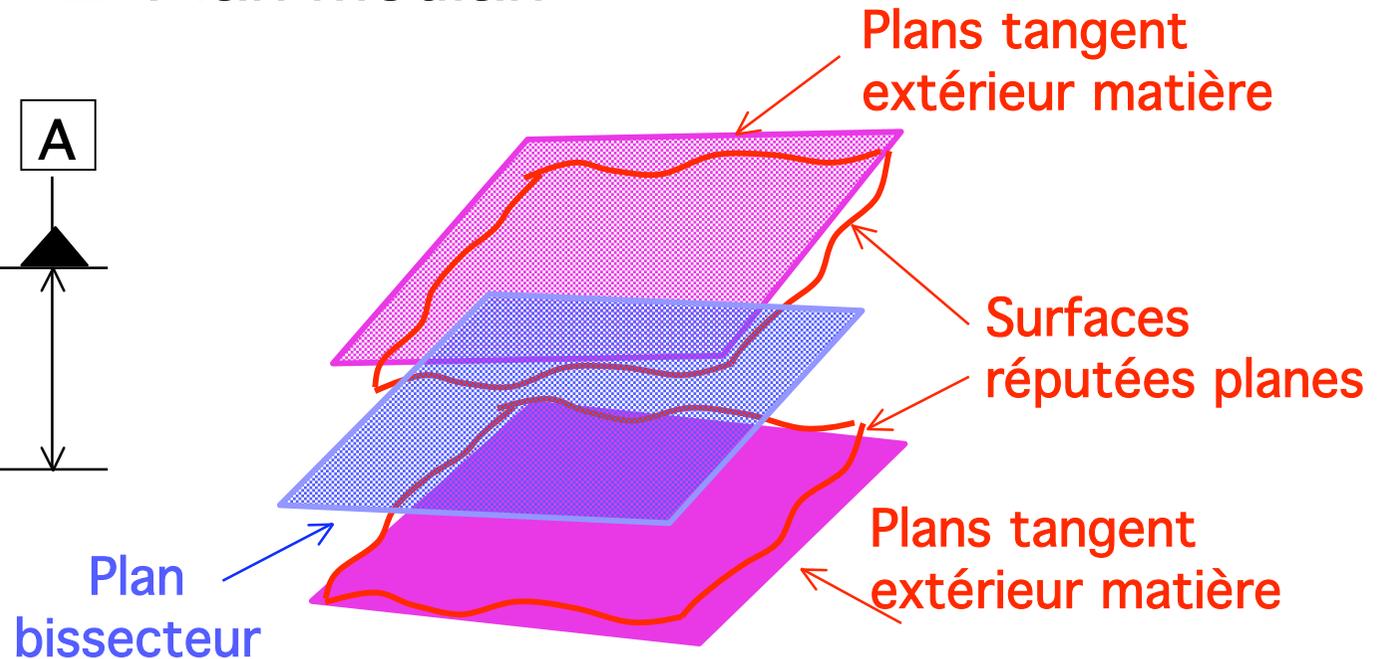
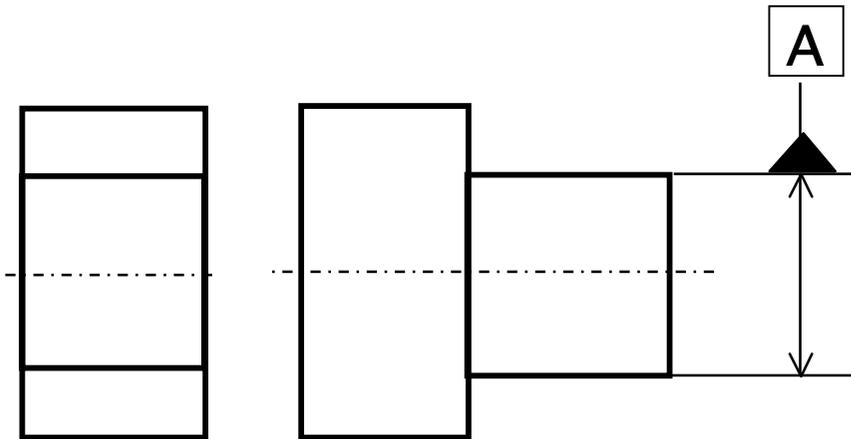
Référence spécifiée : Plan

plan tangent extérieur matière, disposés de façon que la plus grande des distances entre le plan tangent à l'élément de référence soit minimale

La référence spécifiée est un plan



■ Plan médian



Élément de référence : 2 surfaces réputées planes

Référence simulée : 2 plans tangents « extérieur matière »

Critère d'association : Ecart maxi, minimum pour chacun des 2 plans

Référence spécifiée : Plan bissecteur des 2 plans

Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

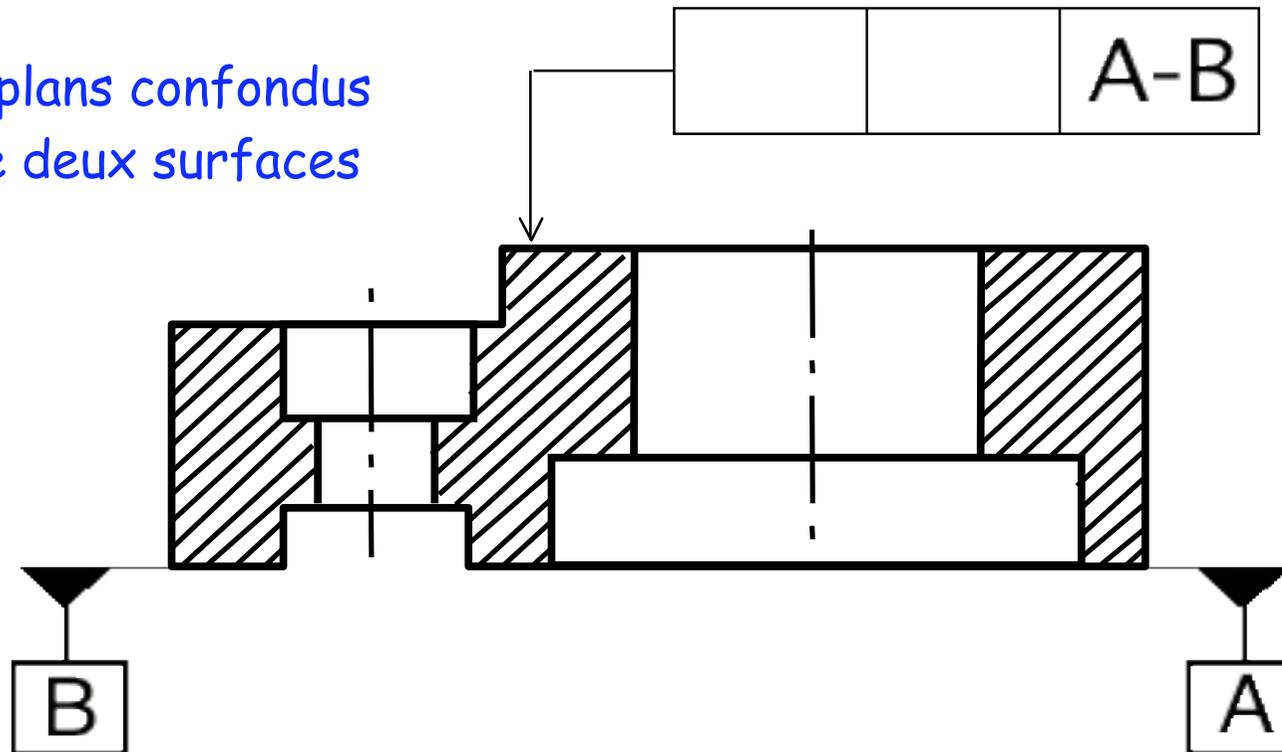
- éléments réels
- éléments théoriques associés aux éléments réels
 - référence spécifiée simple
 - référence spécifiée commune
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Référence spécifiée commune

Une référence spécifiée commune est obtenue par l'association de l'union de plusieurs références simulées, à l'union de plusieurs éléments de références.

Exemple :

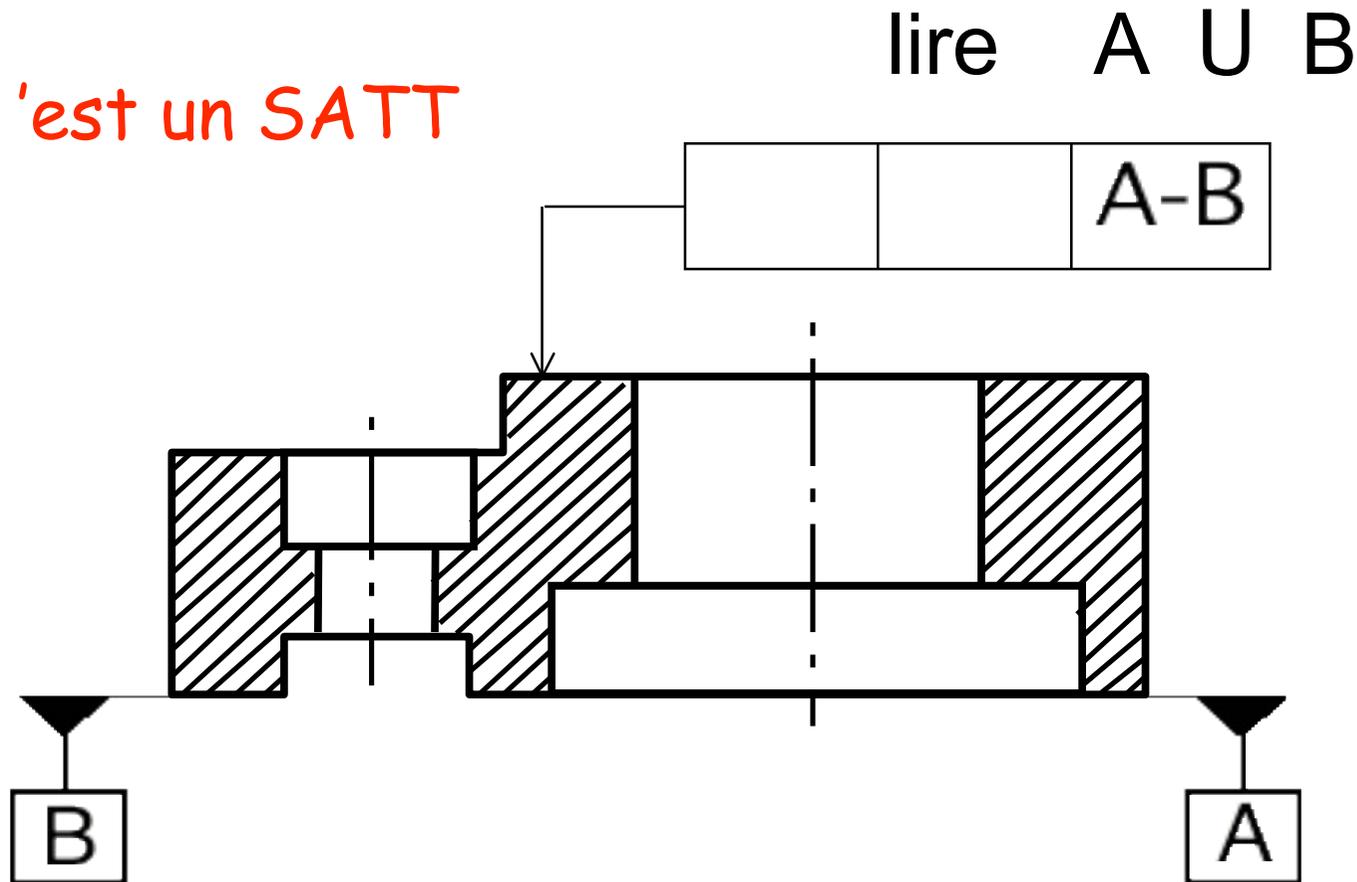
Plan spécifié : deux plans confondus associés à l'union de deux surfaces réputées planes



Référence spécifiée commune

Pour l'élément de référence
et l'élément de référence simulée A-B

C'est un SATT



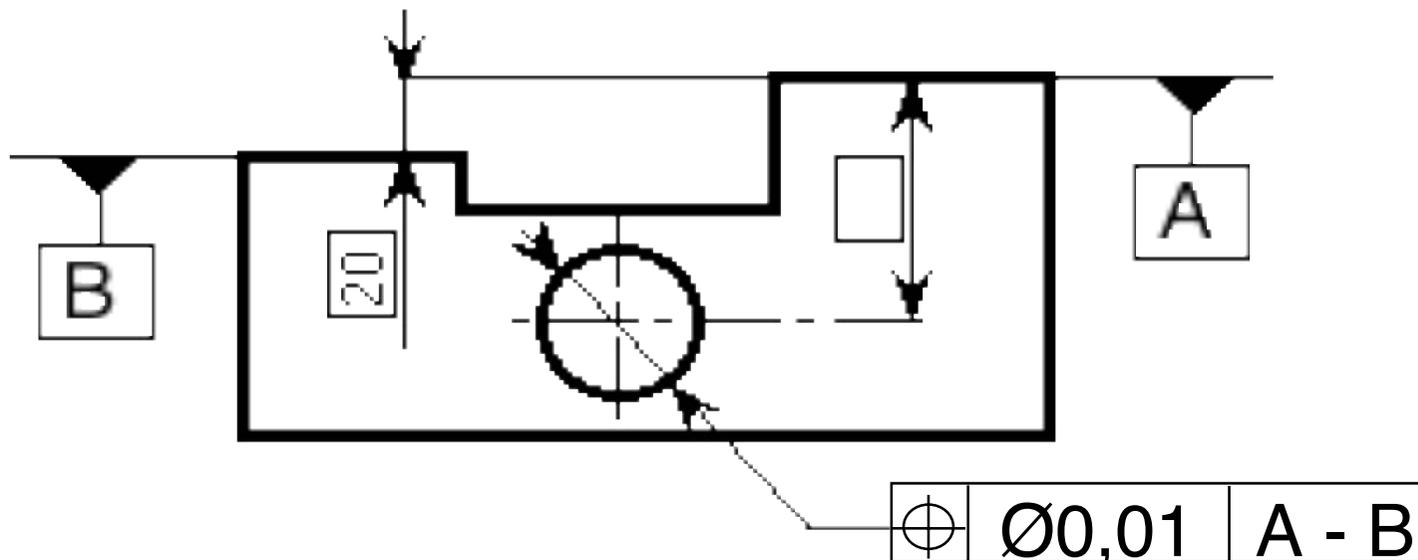
Référence spécifiée commune (deuxième exemple)

Élément de référence : union de deux surfaces réputées planes.

Référence simulée : union de deux plans parallèles et distant de 20mm

Critère d'association : tangent extérieur matière et minimisant l'écart maxi.

Référence spécifiée : un plan (A)



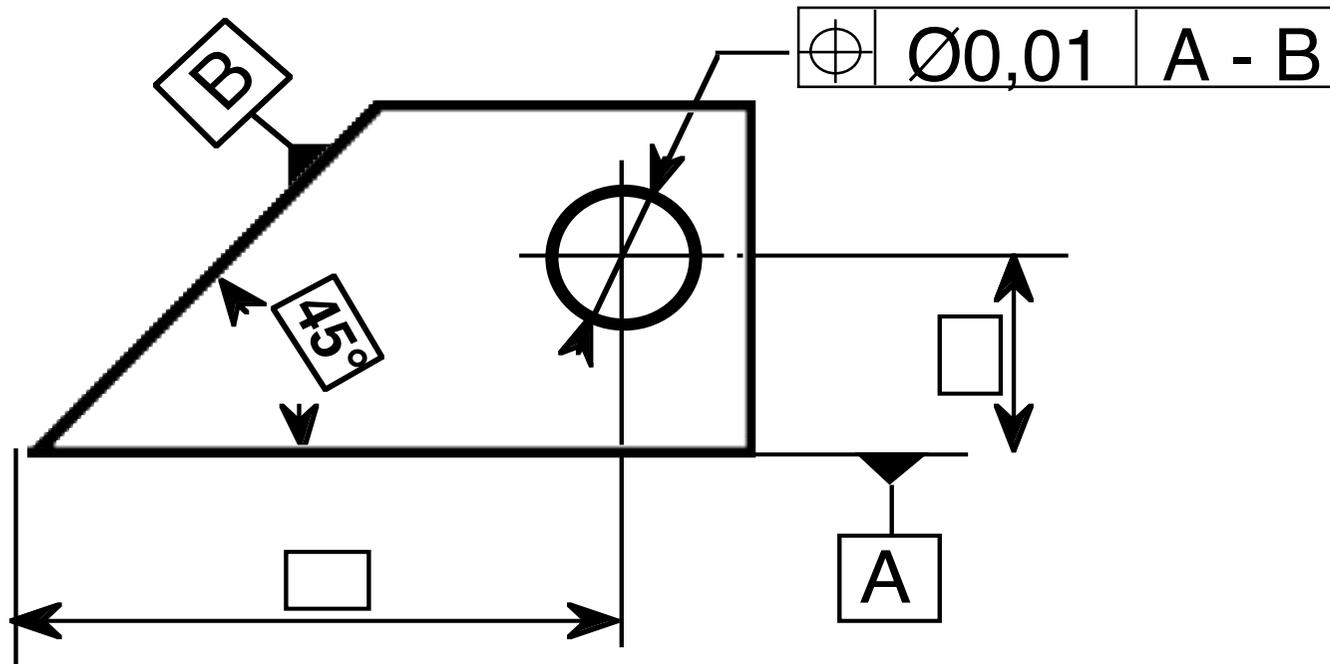
Référence spécifiée commune (troisième exemple)

Élément de référence : union de deux surfaces réputées planes.

Référence simulée : union de deux plans faisant un angle de 45°

Critère d'association : tangent extérieur matière et minimisant l'écart maxi.

Référence spécifiée : une droite et un plan



Référence spécifiée commune (quatrième exemple)

Élément de référence :

union de deux surfaces réputées cylindriques.

Référence simulée :

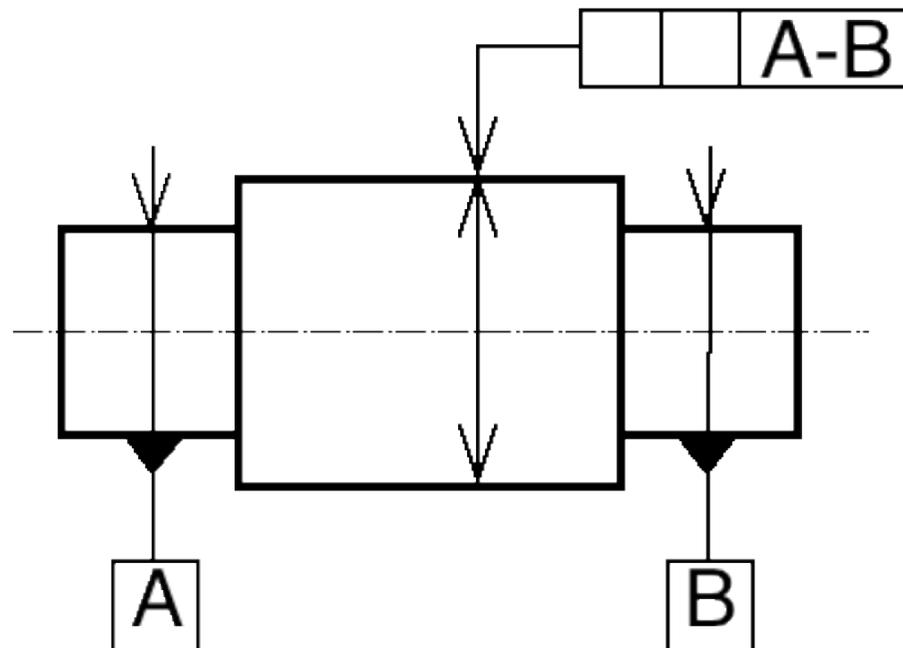
union de deux cylindres coaxiaux de même diamètre.

Critère d'association :

deux plus petits cylindres circonscrits (de même \emptyset).

Référence spécifiée :

une droite (axe des deux cylindres coaxiaux)



Référence spécifiée commune (cinquième exemple)

Élément de référence :

union de deux surfaces réputées cylindriques.

Référence simulée :

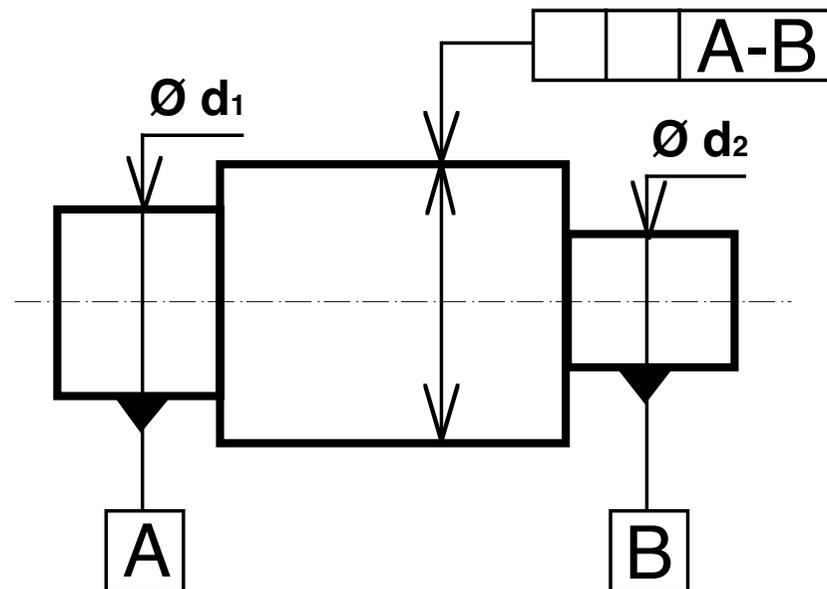
union de deux cylindres coaxiaux de diamètres
proportionnels à d_1 et d_2 .

Critère d'association :

deux plus petits cylindres circonscrits (de diamètres
proportionnels à d_1 et d_2)

Référence spécifiée :

une droite (axe des deux cylindres coaxiaux)



Référence spécifiée commune (sixième exemple)

Élément de référence :

union de deux lignes réputées circulaires.

Référence simulée :

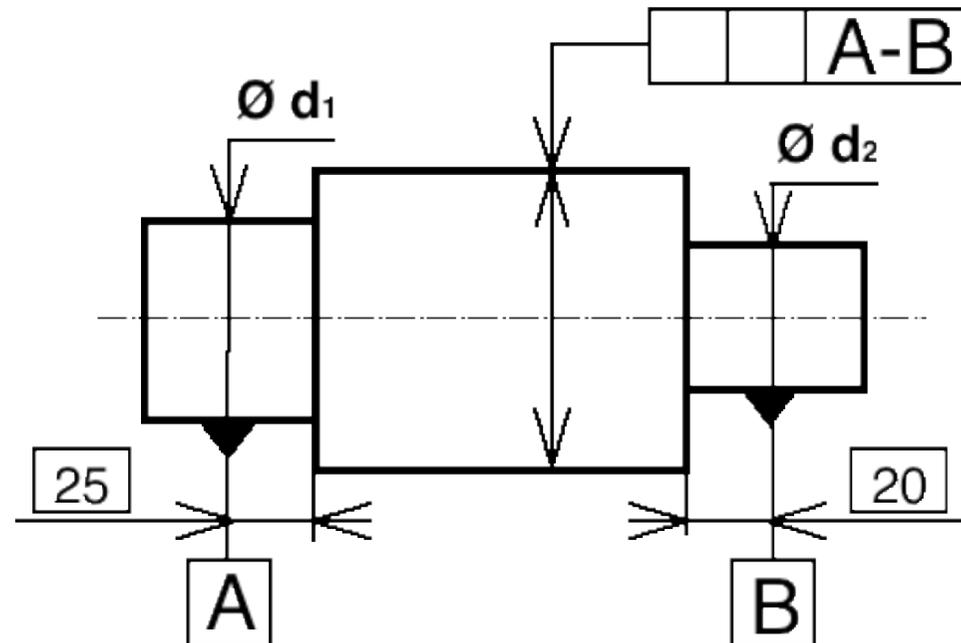
union de deux cercles de diamètre indépendant

Critère d'association :

deux plus petits cercles circonscrits

Référence spécifiée :

une droite passant par les centres des deux cercles



Tolérancement géométrique

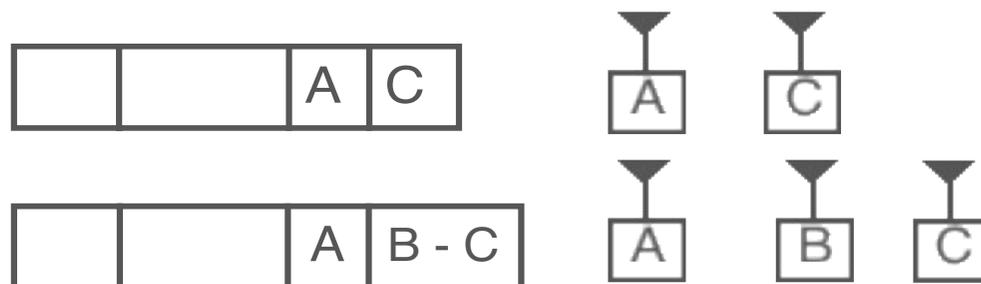
(ISO 1101)

- éléments réels
- éléments théoriques associés aux éléments réels
 - référence spécifiée simple
 - **référence spécifiée commune**
 - **systeme de références spécifiées**
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Systeme de références spécifiées

Un système de références spécifiées est constitué de plusieurs références spécifiées (simples ou communes)

de type : point droite plan

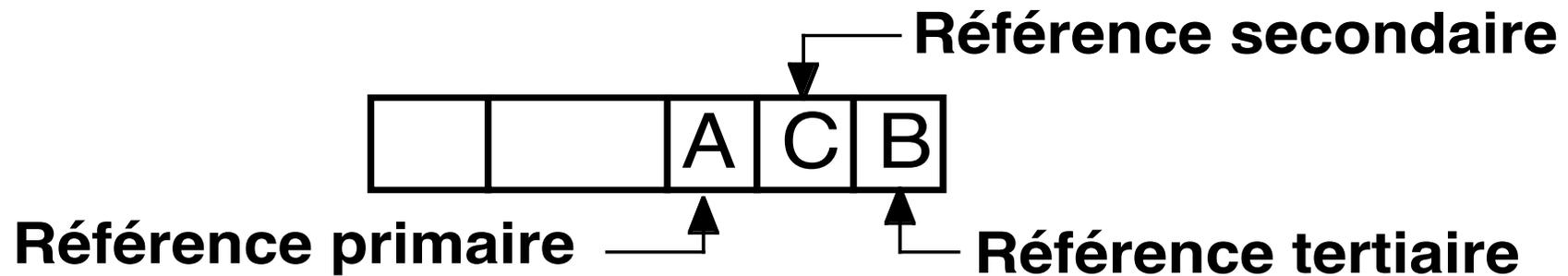


les références spécifiées sont liées entre-elles par des contraintes géométriques d'orientations

- implicites (règles du dessin technique)
- explicites indiquées par des dimensions théoriques exactes

Systeme de références spécifiées

association à des éléments de référence



L'ordre des spécifications a une importance sur le résultat

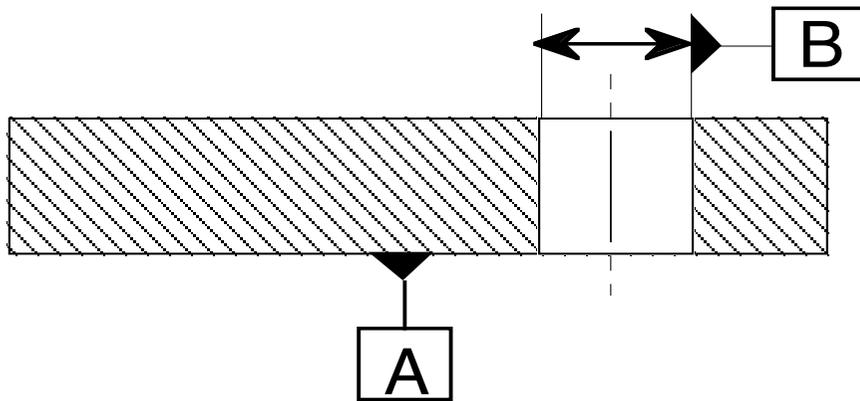
On associe la référence primaire à son élément de référence, puis la référence secondaire à son élément de référence et ainsi de suite, tout en respectant les contraintes géométriques d'orientations entre les références spécifiées

Systeme de références spécifiées (Démarche à suivre)

- Éléments de référence (réel)
- Systeme de références spécifiées et leurs contraintes géométriques relatives en orientation (théorique exact)
- Association successive et ordonnée des différentes références simulées aux éléments de référence (association du théorique exact au réel)

Systeme de références spécifiées (premier exemple)

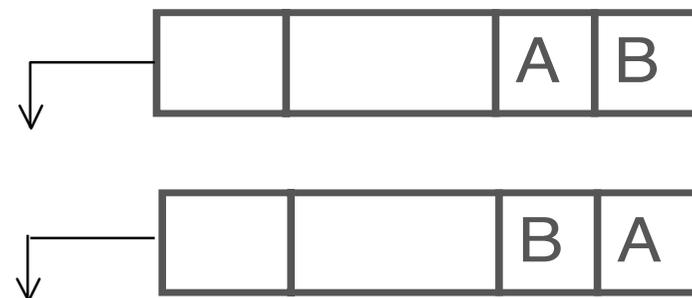
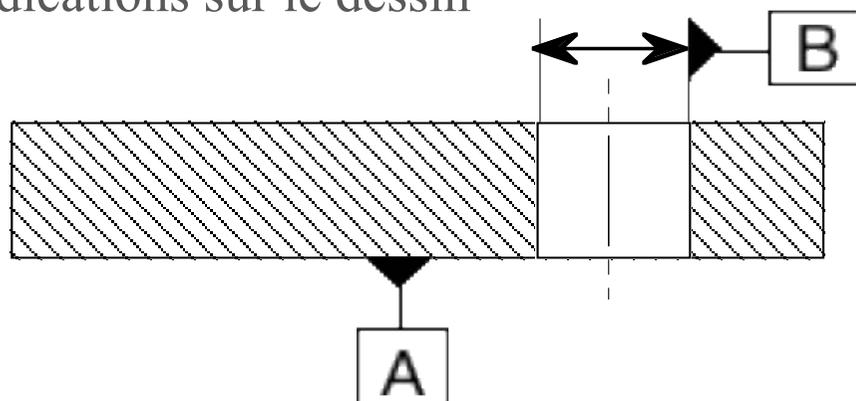
indications sur le dessin



Systeme de références spécifiées (premier exemple)

éléments de référence

indications sur le dessin



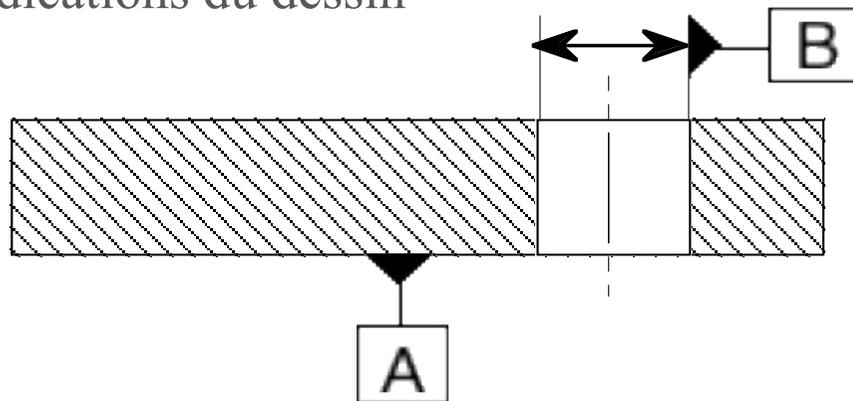
Elément de référence B
(Surface réputée cylindrique)



Systeme de références spécifiées (premier exemple)

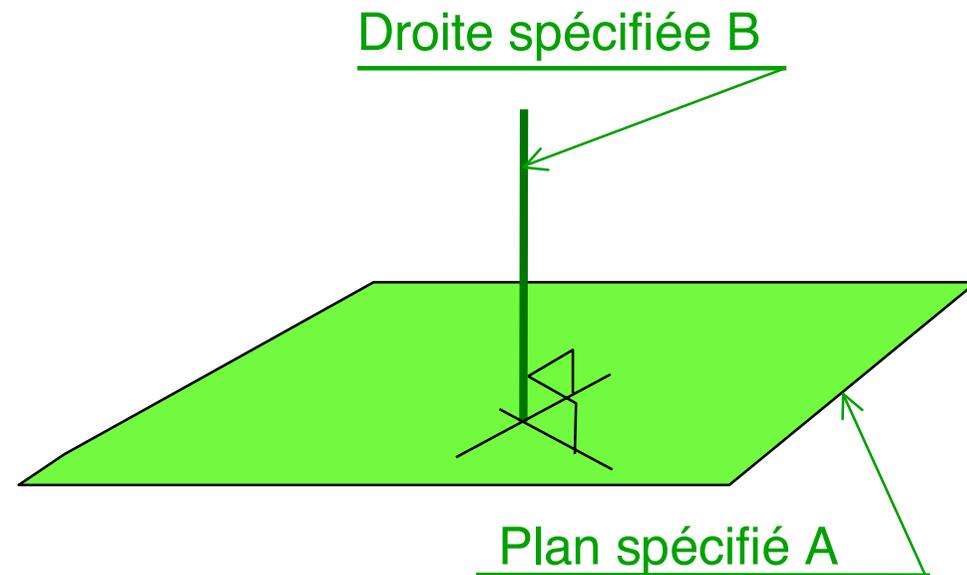
références spécifiées

indications du dessin



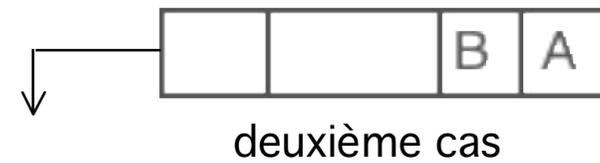
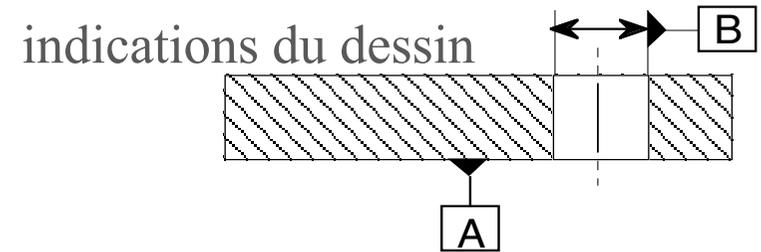
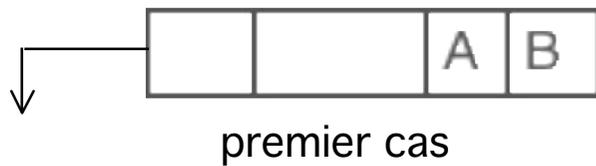
Contrainte (implicite) :

La droite spécifiée B
est perpendiculaire au
plan spécifié A

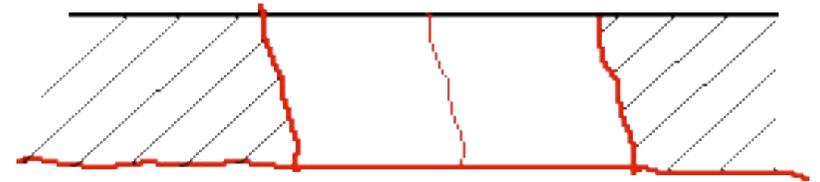
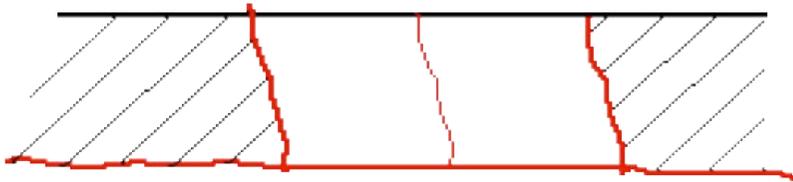


Systeme de références spécifiées (premier exemple)

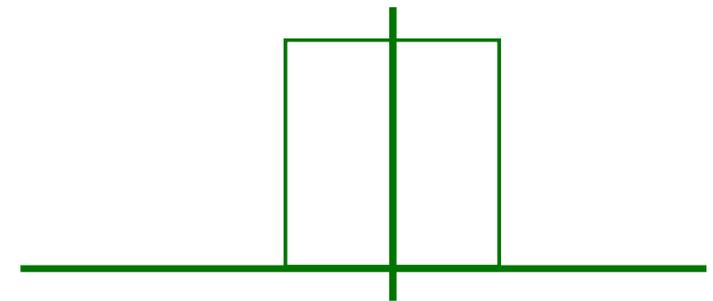
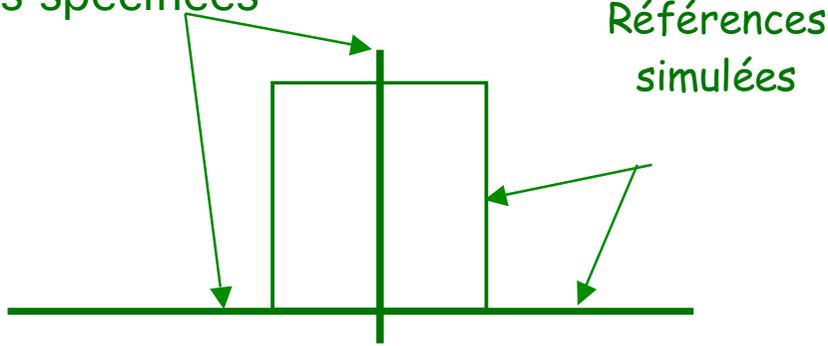
Association :



Éléments de référence

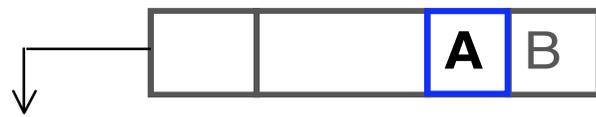


Références spécifiées

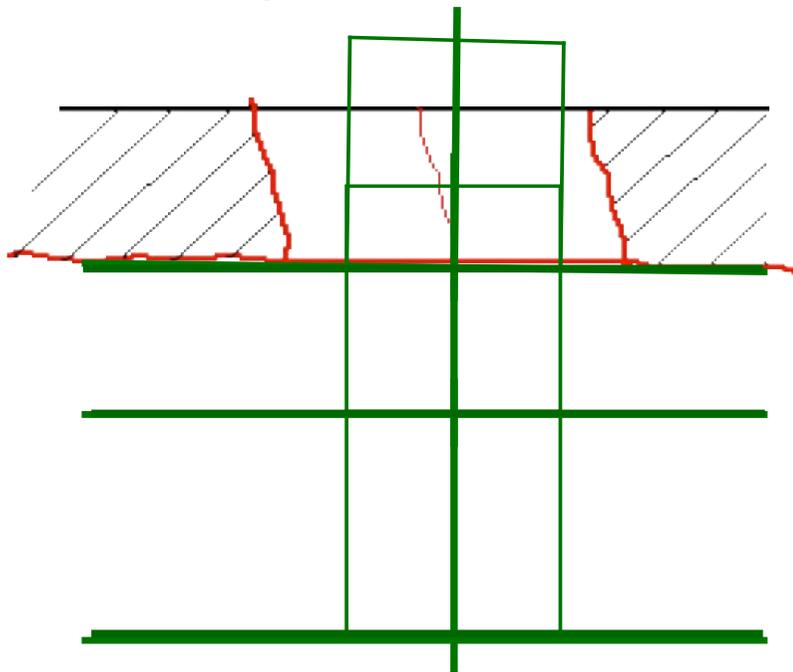


Systeme de références spécifiées (premier exemple)

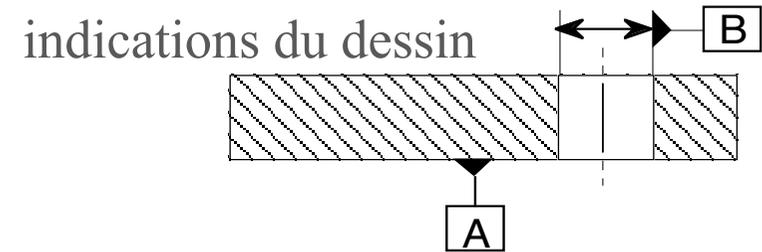
Association : référence primaire



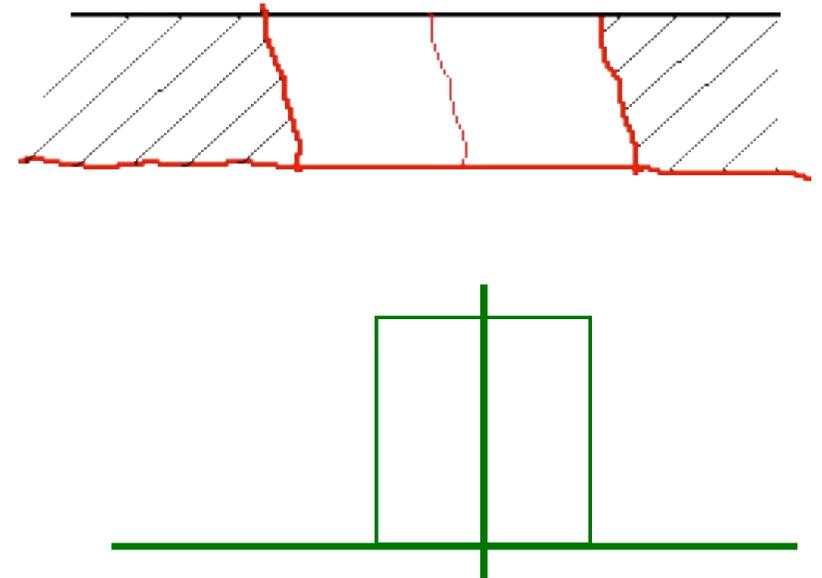
premier cas



Plan A : tangent extérieur matière
minimisant l'écart maxi



deuxième cas

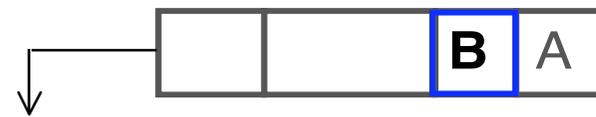
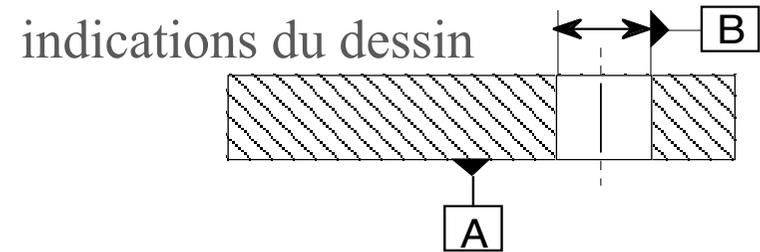
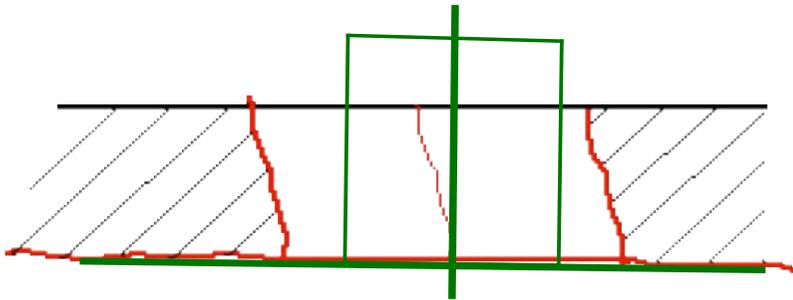


Systeme de références spécifiées (premier exemple)

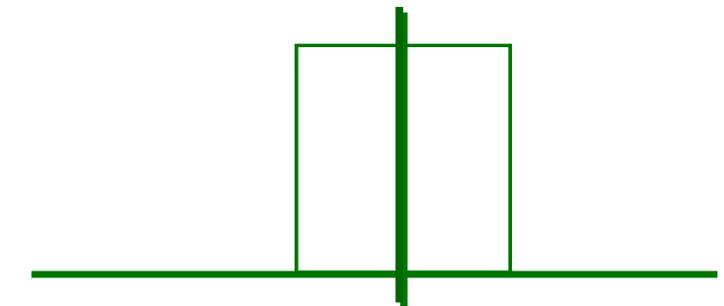
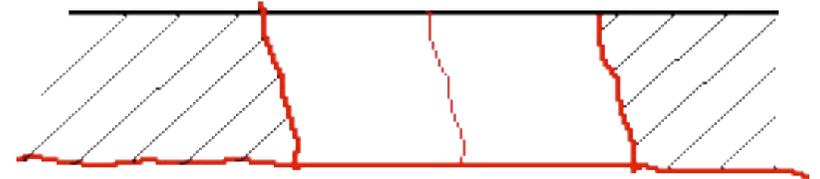
Association : référence primaire



premier cas



deuxième cas

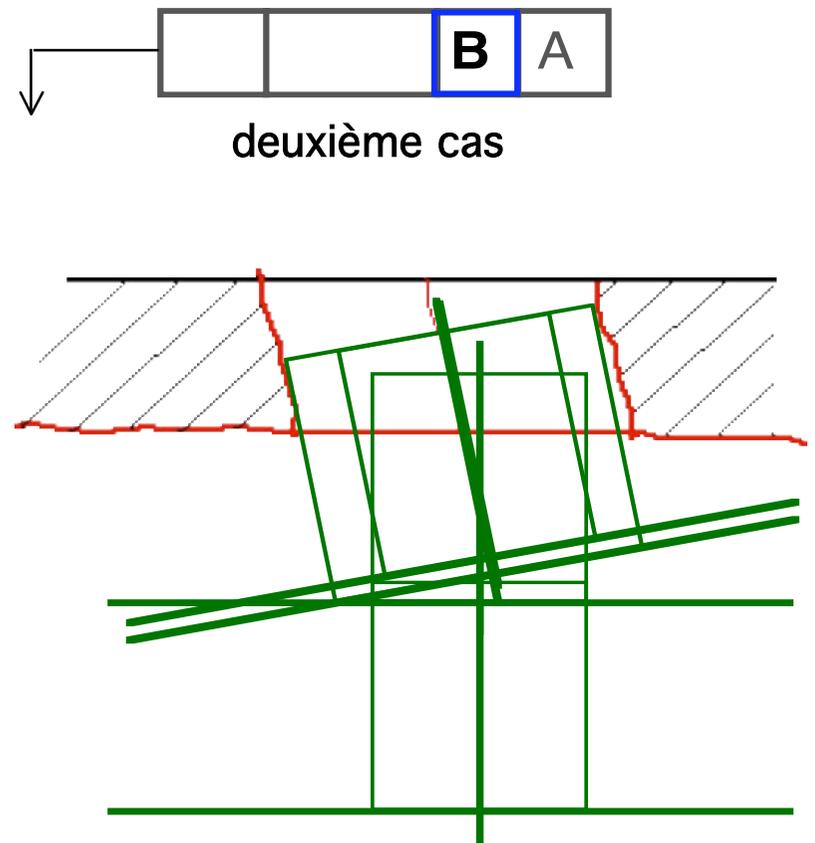
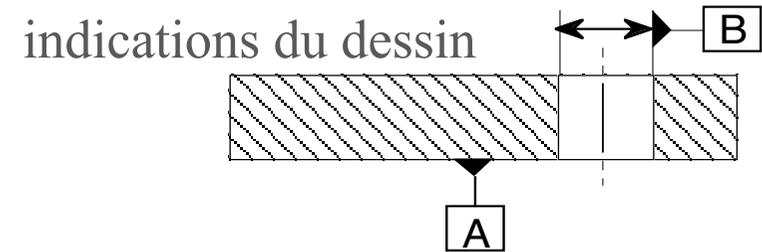
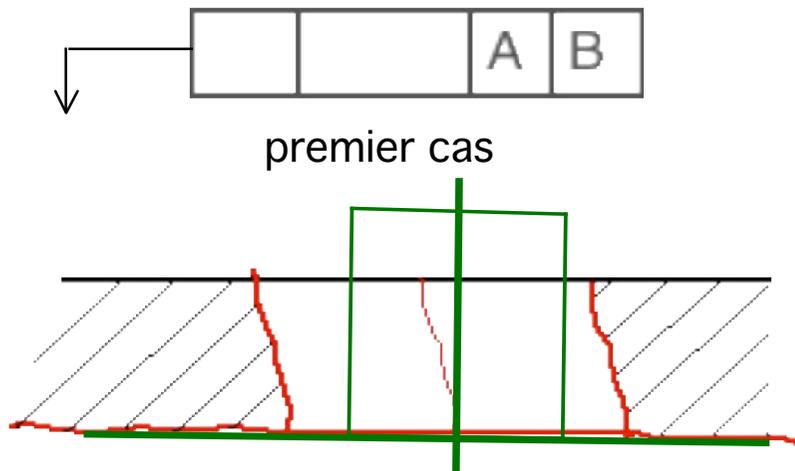


Droite B : axe du plus grand cylindre inscrit

ISO 5459-1981

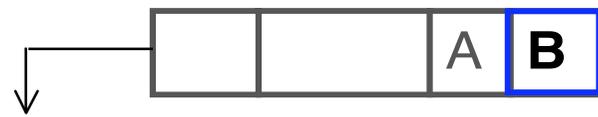
Systeme de références spécifiées (premier exemple)

Association : référence primaire

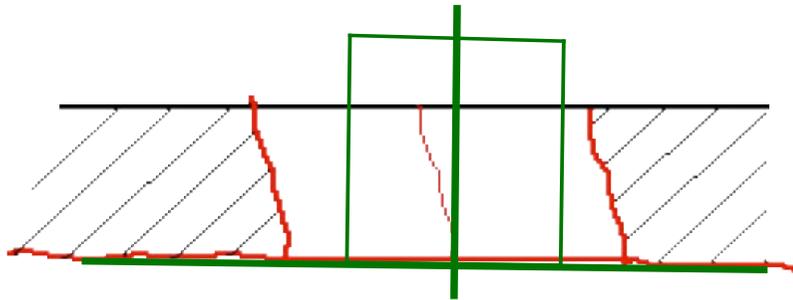


Systeme de références spécifiées (premier exemple)

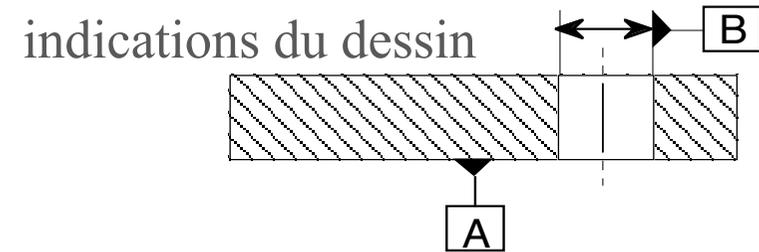
Association : référence secondaire



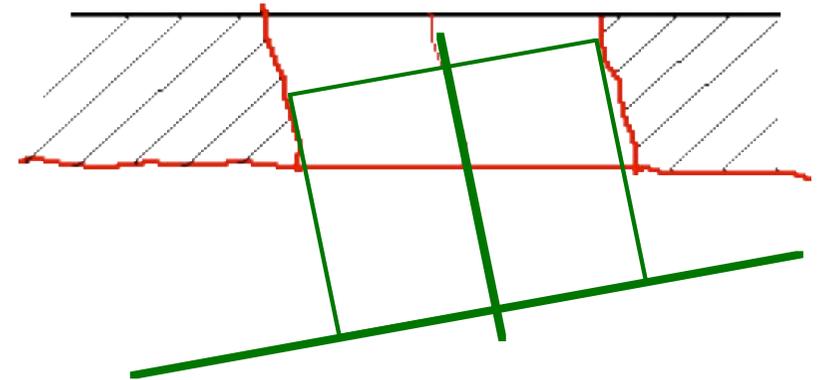
premier cas



Droite B :
axe du plus grand cylindre inscrit
perpendiculaire au plan A



deuxième cas

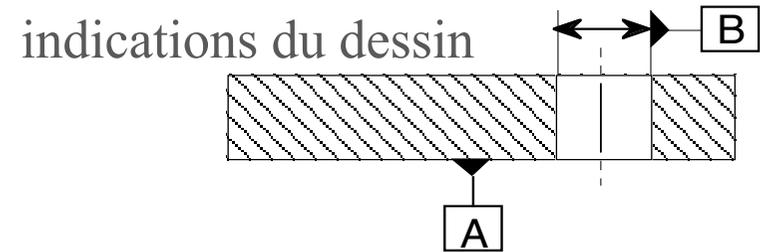
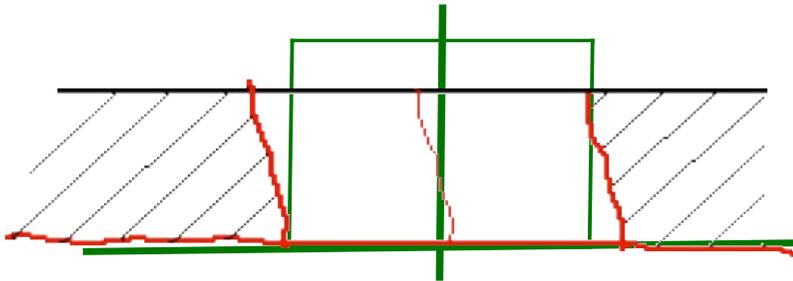


Systeme de références spécifiées (premier exemple)

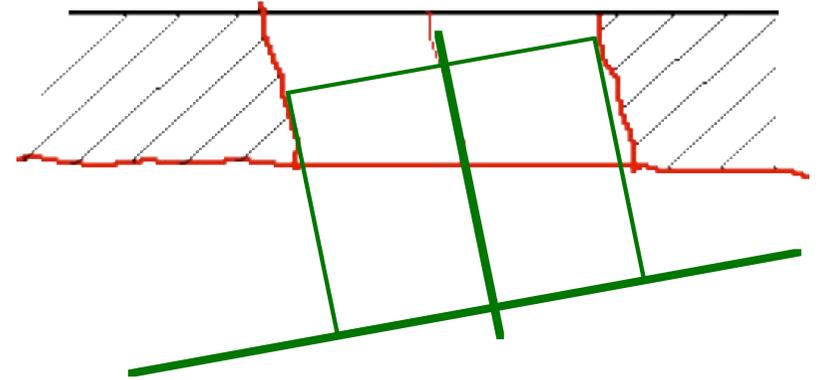
Association : référence secondaire



premier cas



deuxième cas

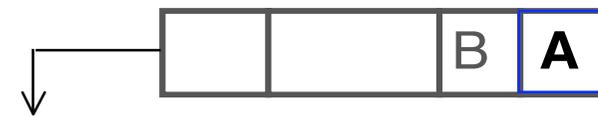
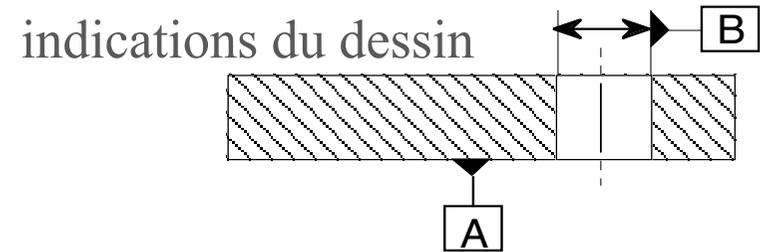
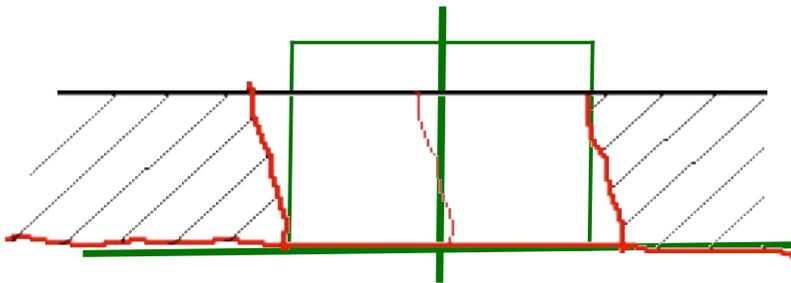


Systeme de références spécifiées (premier exemple)

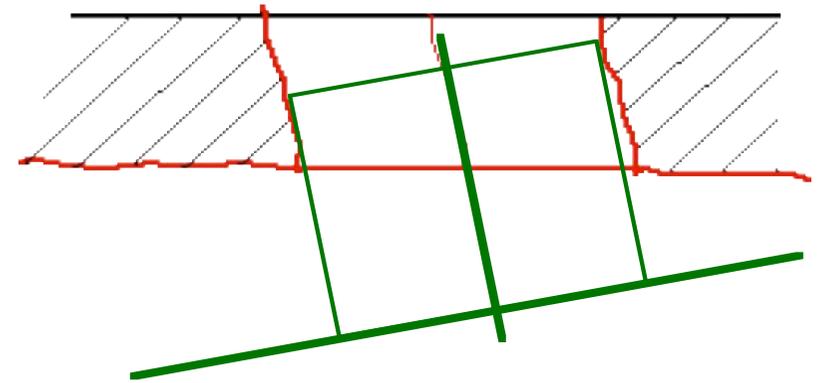
Association : référence secondaire



premier cas



deuxième cas



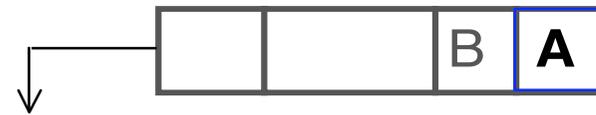
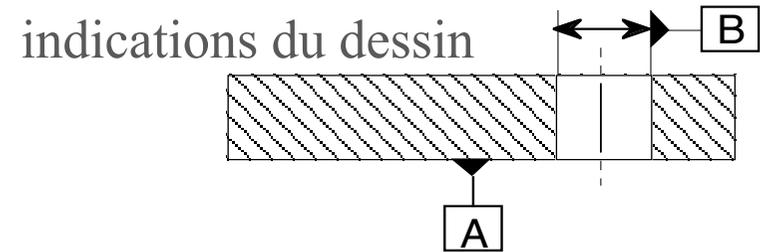
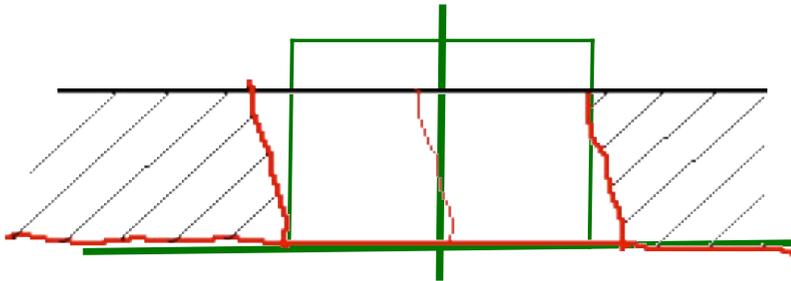
- Plan A** : tangent extérieur matière
- minimisant l'écart maxi
 - perpendiculaire à la droite B

Systeme de références spécifiées (premier exemple)

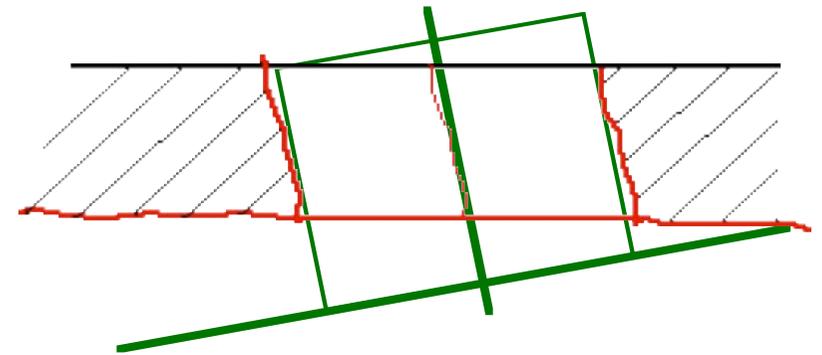
Association : référence secondaire



premier cas



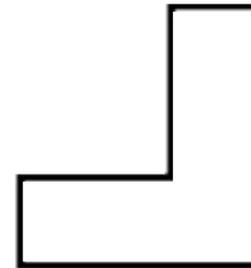
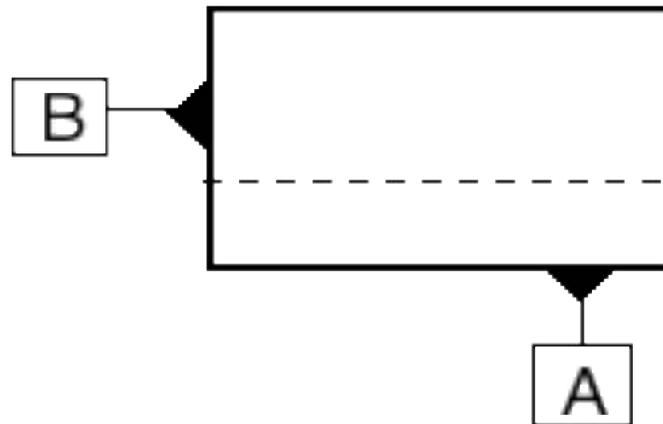
deuxième cas



Systeme de références spécifiées

deuxième exemple

indications du dessin



premier cas



deuxième cas

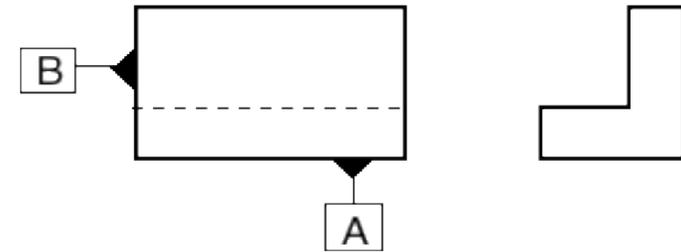
Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

éléments de référence



2 surfaces réputées planes

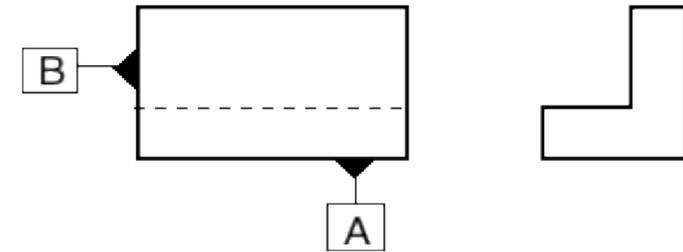
indications du dessin



Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

Systeme de références spécifiées

indications du dessin



premier cas



deuxième cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A

Contrainte (implicite) :
Les références spécifiées A et B
sont 2 plans perpendiculaires

Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

Association : de l'élément de référence spécifiée primaire

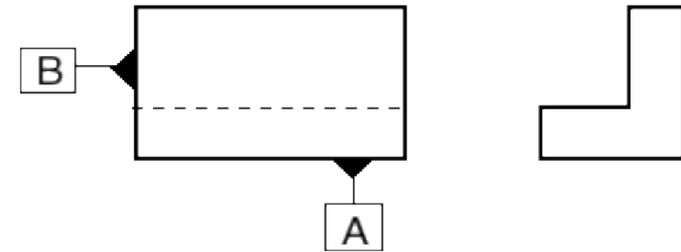


premier cas



deuxième cas

indications du dessin



Plan de référence spécifiée A

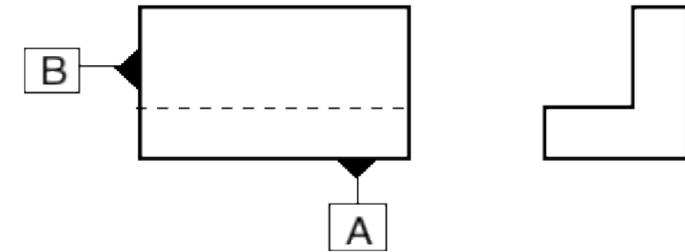
tangent extérieur matière minimisant l'écart maxi à l'élément de référence

Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

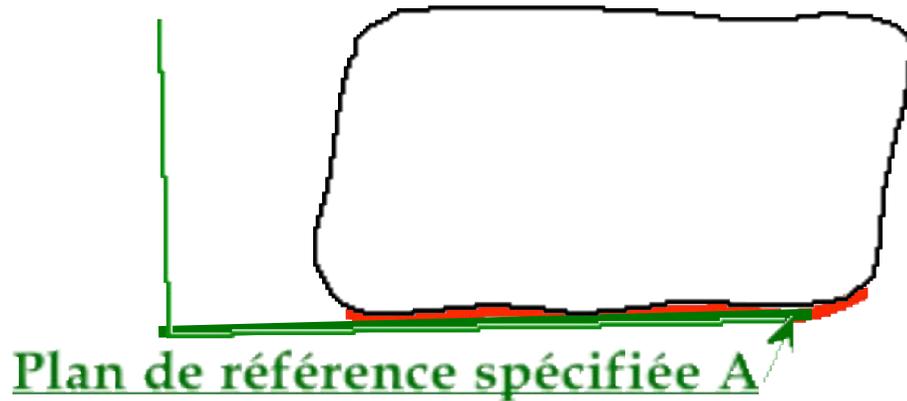
Association : de l'élément de référence spécifiée primaire



premier cas



deuxième cas



Plan de référence spécifiée A



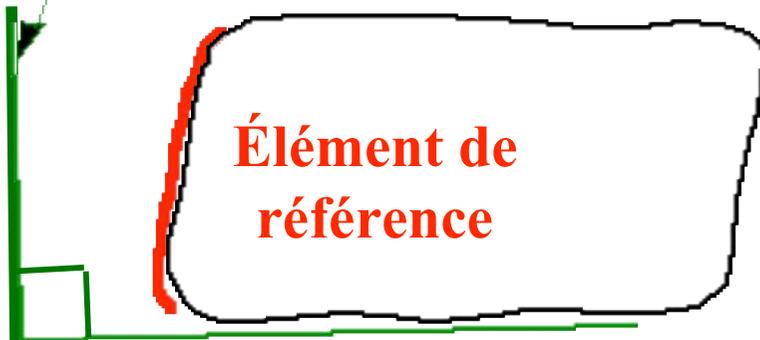
Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

Association : de l'élément de référence spécifiée secondaire



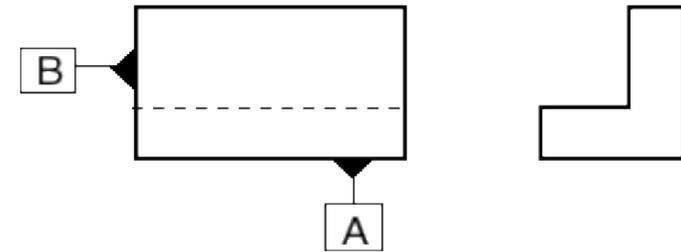
premier cas

Plan de référence spécifiée B



*Plan : - tangent extérieur matière minimisant
l'écart maxi à l'élément de référence
- contraint perpendiculaire au plan A*

indications du dessin



deuxième cas

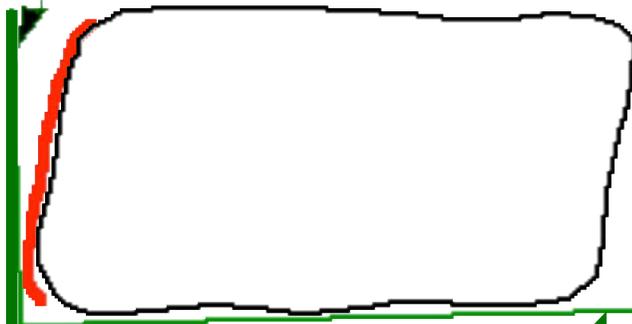
Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

Association : de l'élément de référence spécifiée secondaire



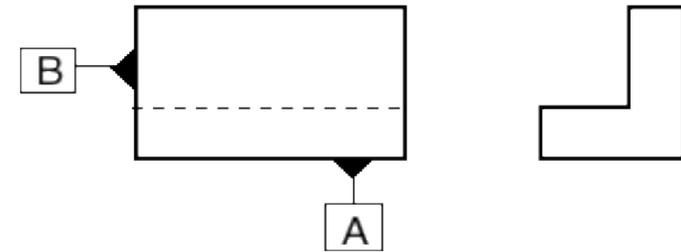
premier cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A

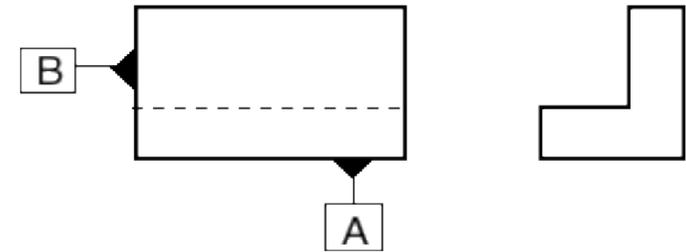
indications du dessin



deuxième cas

Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

Indications du dessin

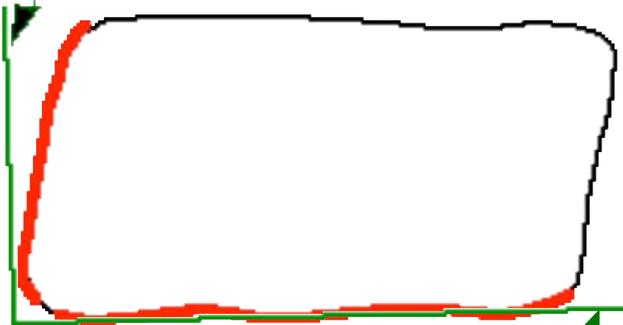


premier cas



deuxième cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A



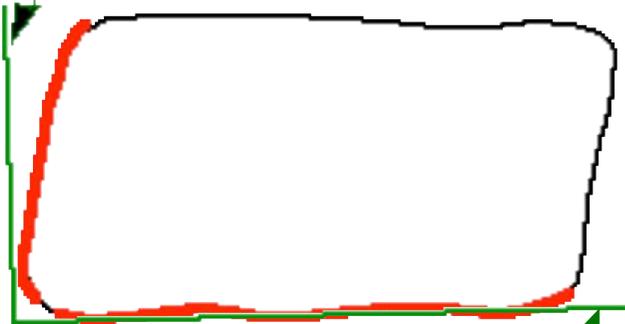
Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

éléments de référence



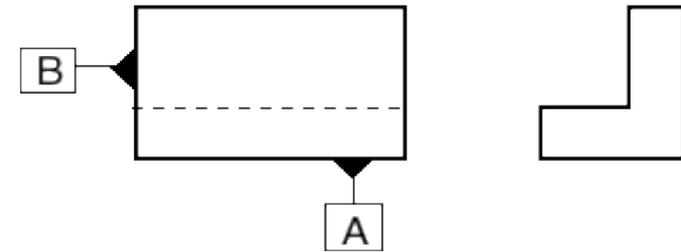
premier cas

Plan de référence spécifiée B

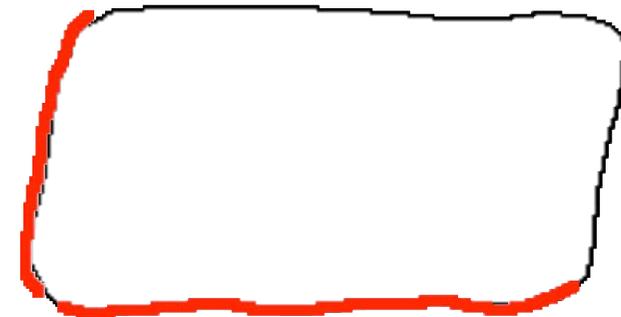


Plan de référence spécifiée A

indications du dessin



deuxième cas

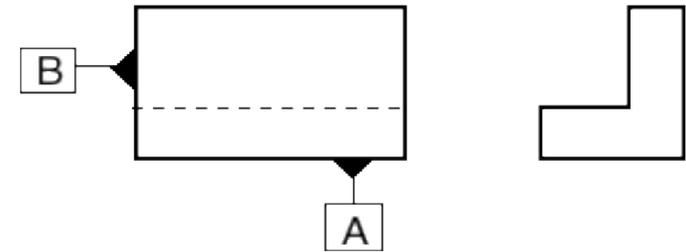


2 surfaces réputées planes

Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

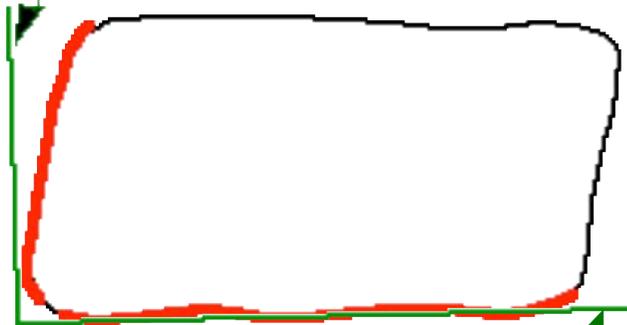
Systeme de références spécifiées

indications du dessin



premier cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A



deuxième cas

Plan de référence spécifiée B



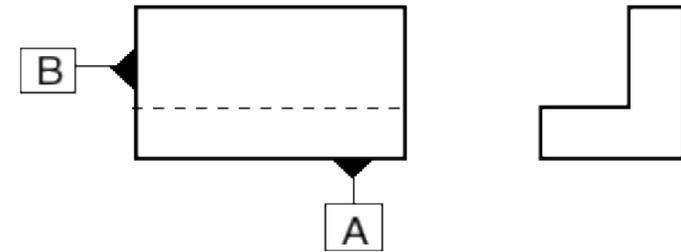
Contrainte (implicite) :
2 plans perpendiculaires

Plan de référence spécifiée A

Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

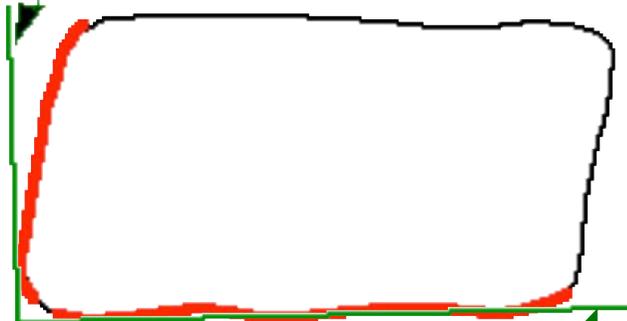
Association : référence primaire

indications du dessin



premier cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A



deuxième cas

Plan de référence spécifiée B



*Plan tangent extérieur matière
minimisant l'écart maxi*

ISO 5459-1981

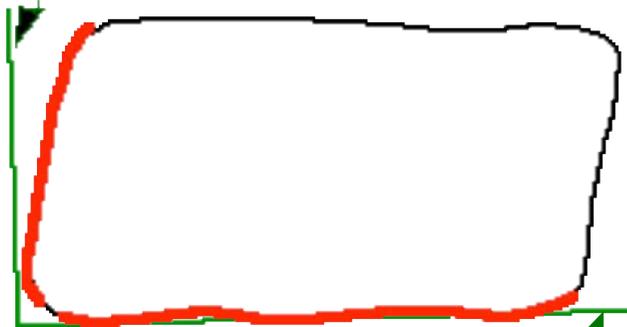
Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

Association : référence primaire



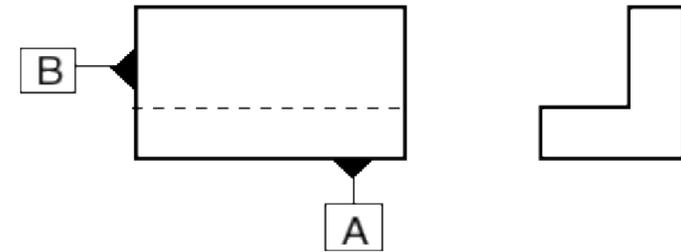
premier cas

Plan de référence spécifiée B



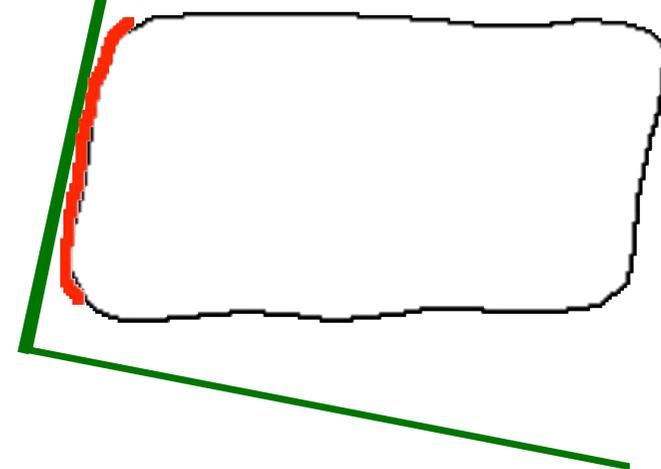
Plan de référence spécifiée A

indications du dessin



deuxième cas

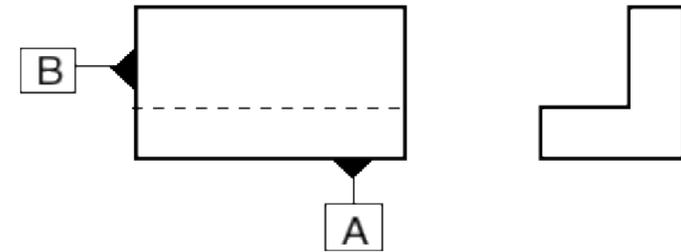
Plan de référence spécifiée B



Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

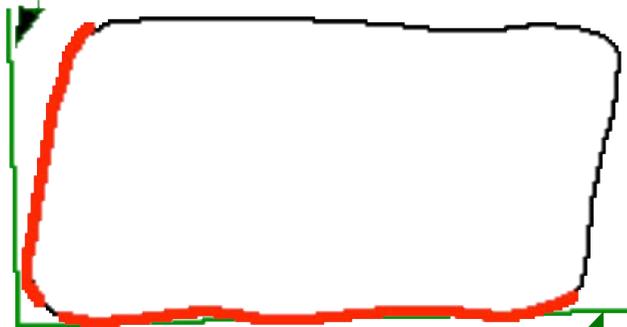
Association : référence secondaire

indications du dessin



premier cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A



deuxième cas

Élément de référence

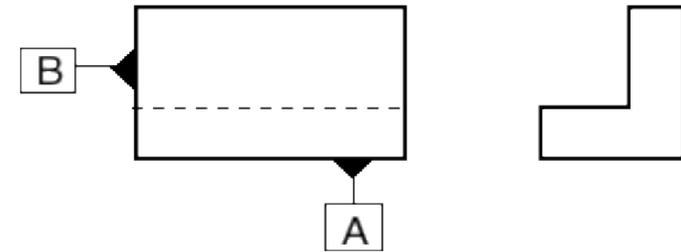
Plan de référence spécifiée A

tangent extérieur matière : - minimisant l'écart maxi - perpendiculaire au plan B

Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

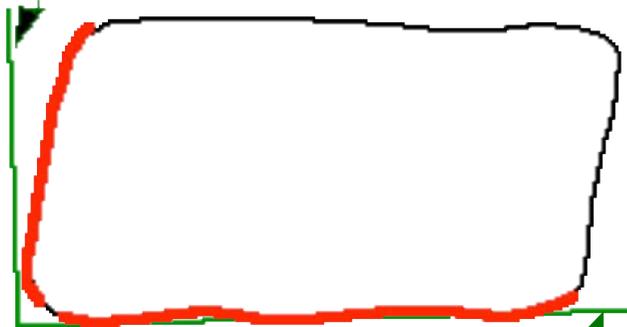
Association : référence secondaire

indications du dessin



premier cas

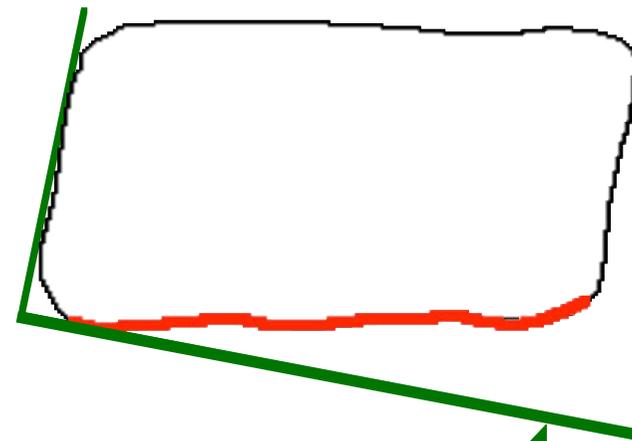
Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A



deuxième cas

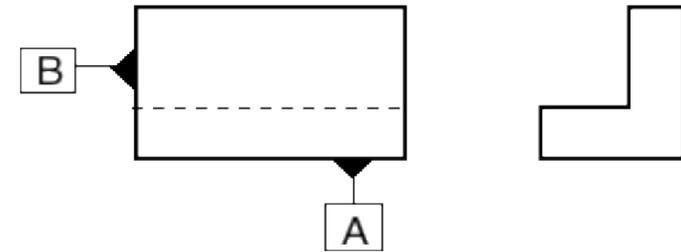


Plan de référence spécifiée A

Systeme de références spécifiées (deuxième exemple)

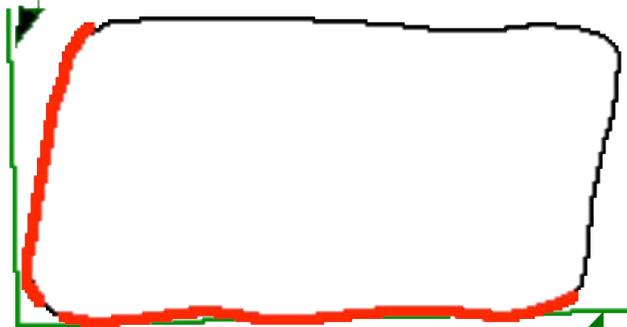
Comparaison

indications du dessin



premier cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A



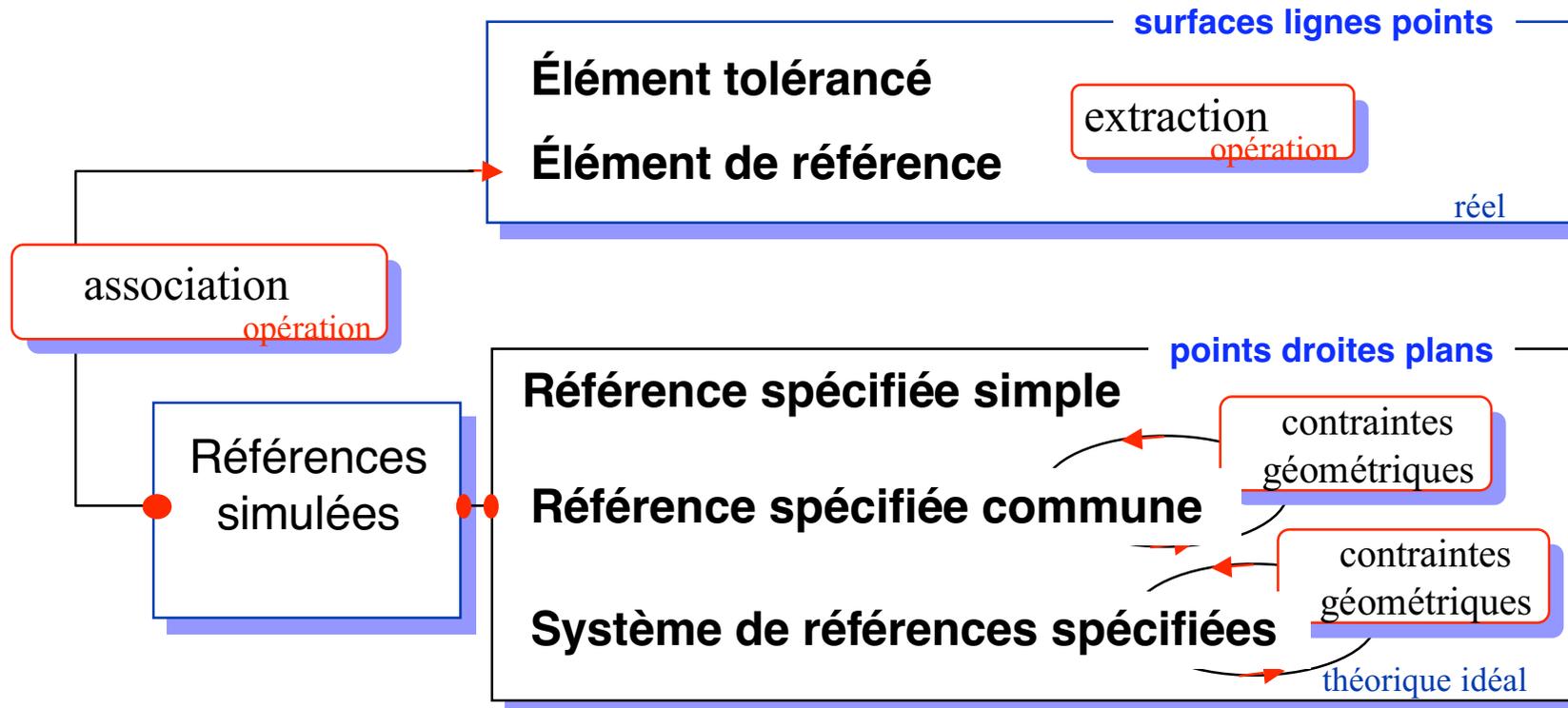
deuxième cas

Plan de référence spécifiée B



Plan de référence spécifiée A

Lecture d'une tolérance géométrique ISO (sans indications particulières)



Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
- éléments théoriques associés aux éléments réels
 - référence spécifiée simple
 - référence spécifiée commune
 - **systeme de références spécifiées**
- zones de tolérance
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

- éléments réels
- éléments théoriques associés aux éléments réels
- zones de tolérance
 - forme de la zone de tolérance

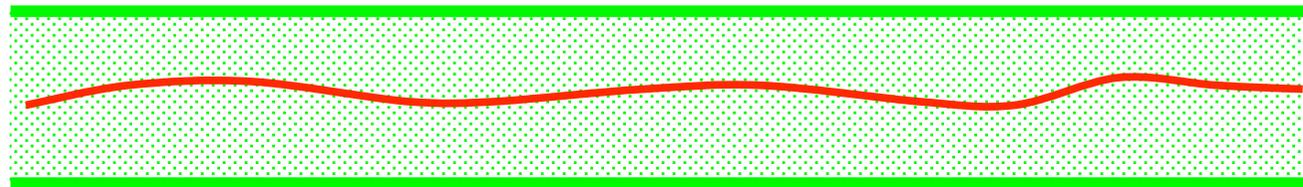
- exemples de lecture de tolérances géométriques

Forme de la zone de tolérance

Portion d'espace à l'intérieur de laquelle doit être compris l'élément tolérancé

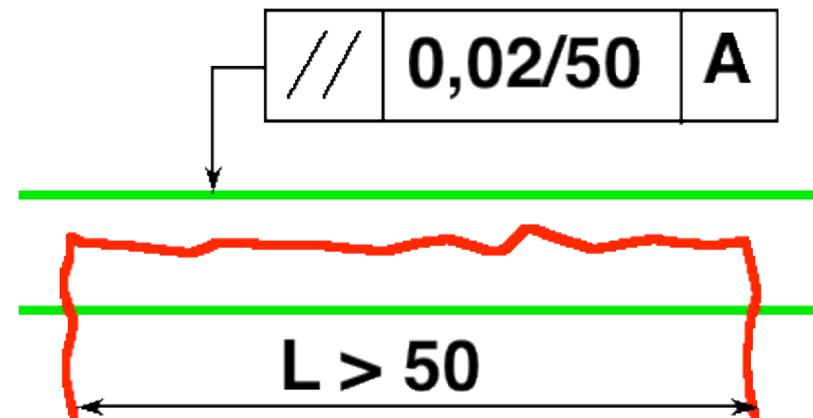
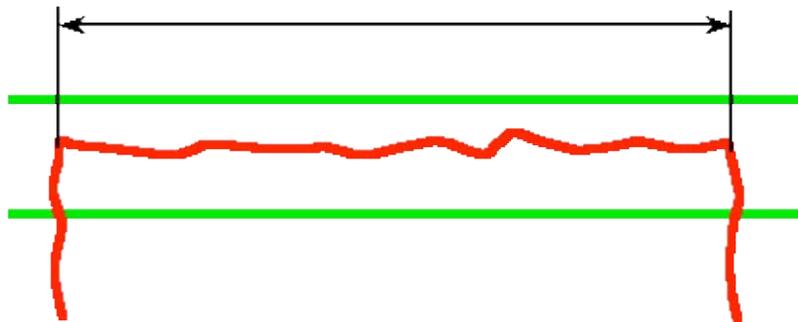
Exigence :

L'élément tolérancé est inclus dans la zone de tolérance



Zone de tolérance : « étendue utile »

L'étendue "utile " de la zone de tolérance est donnée par l'étendue de l'élément tolérancé.



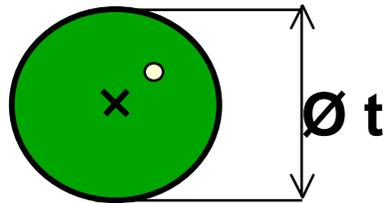
Forme de la zone de tolérance

La forme géométrique de la portion d'espace est fonction de la nature de l'élément tolérancé, et des indications portées dans le cadre de tolérance.

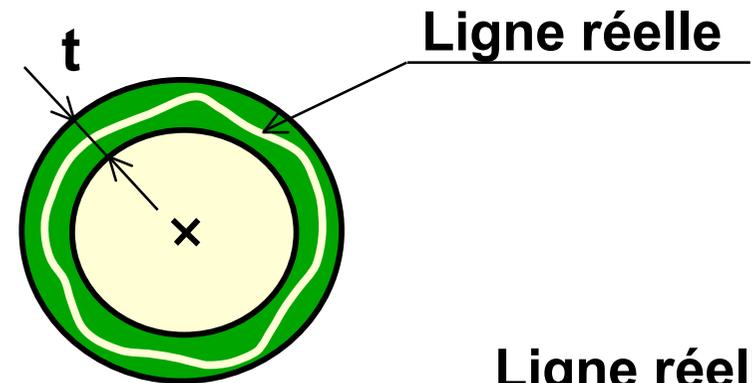
- un cercle
- deux cercles concentriques
- deux droites parallèles
- deux lignes équidistantes
- un cylindre
- deux cylindres concentriques
- deux plans parallèles
- deux surfaces équidistantes
- (une sphère $S\emptyset$)

Zone de tolérance définie par une surface

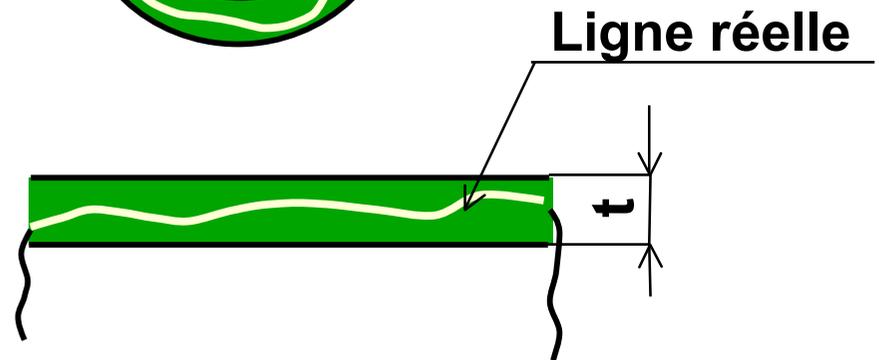
- un cercle



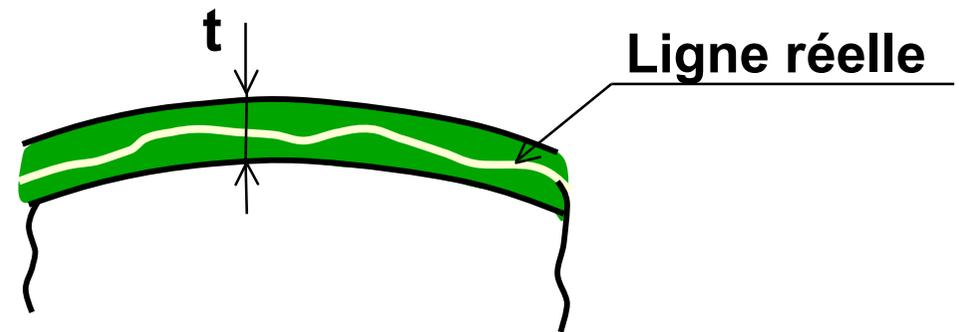
- deux cercles concentriques



- deux droites parallèles



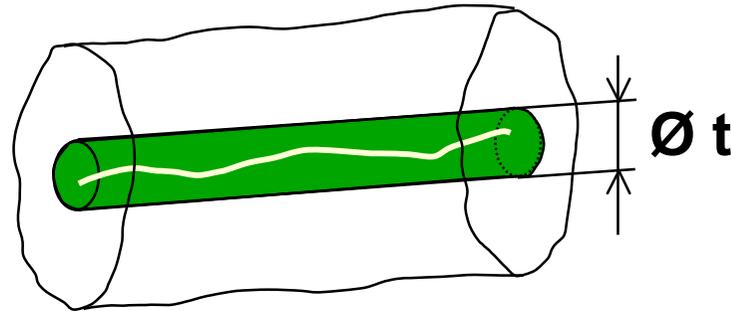
- deux lignes équidistantes



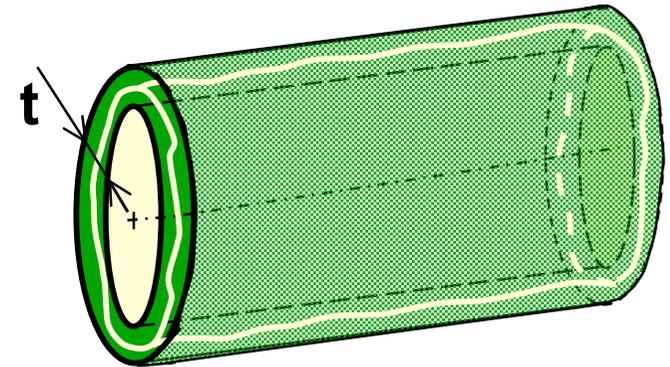
ISO 5459-1981

Zone de tolérance définie par un volume

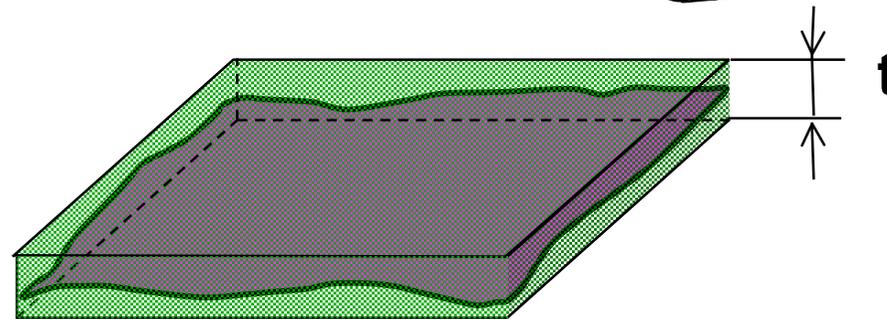
- un cylindre



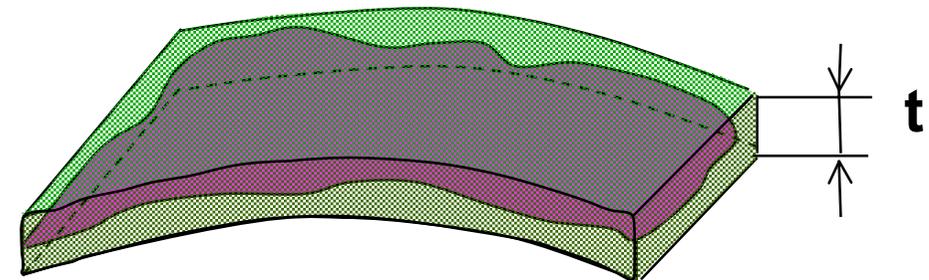
- deux cylindres concentriques



- deux plans parallèles



- deux surfaces équidistantes



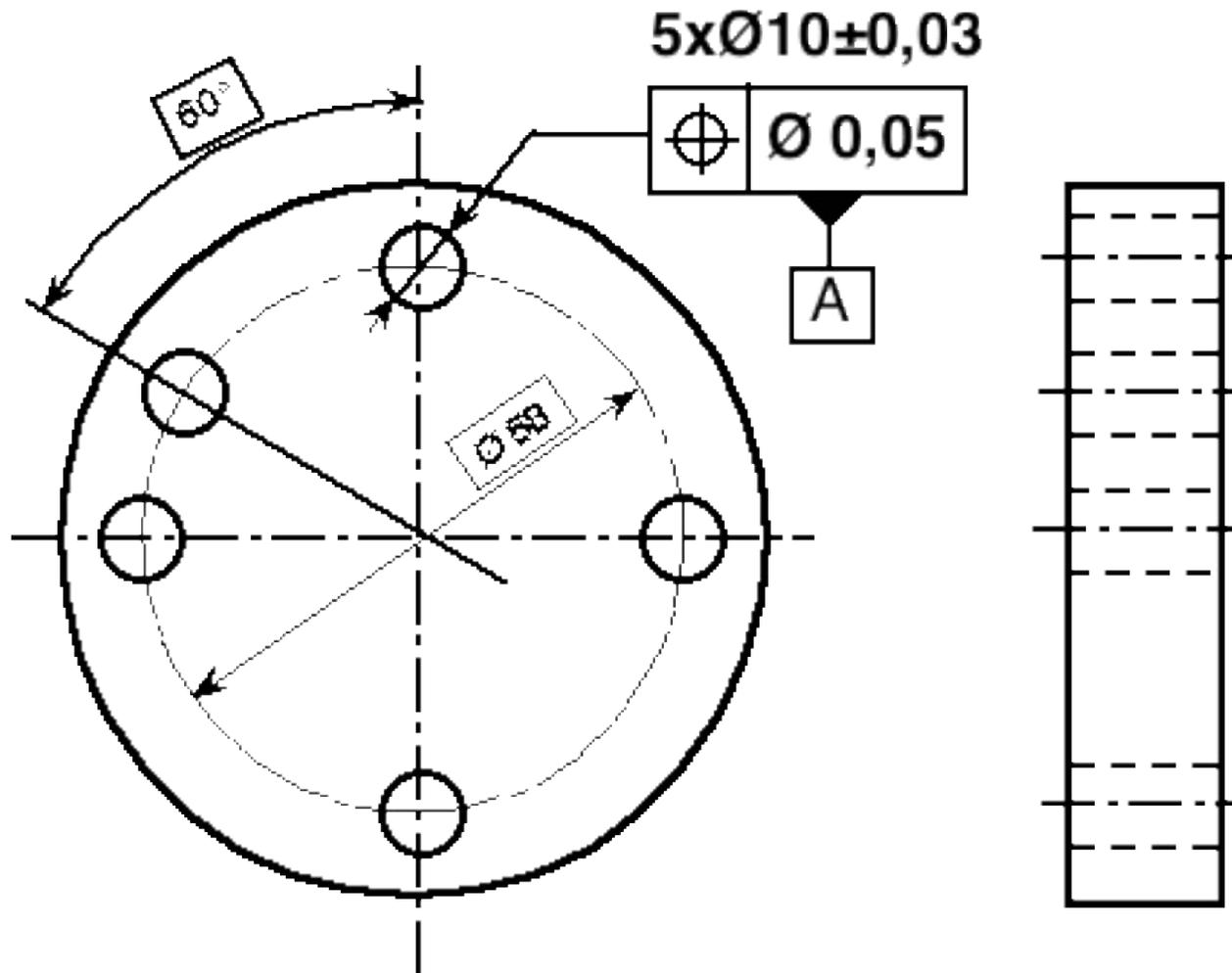
Forme de la zone de tolérance

La zone de tolérance peut-être composée par un groupe de zones de tolérances de même forme, reliées entre elles par des contraintes géométriques.

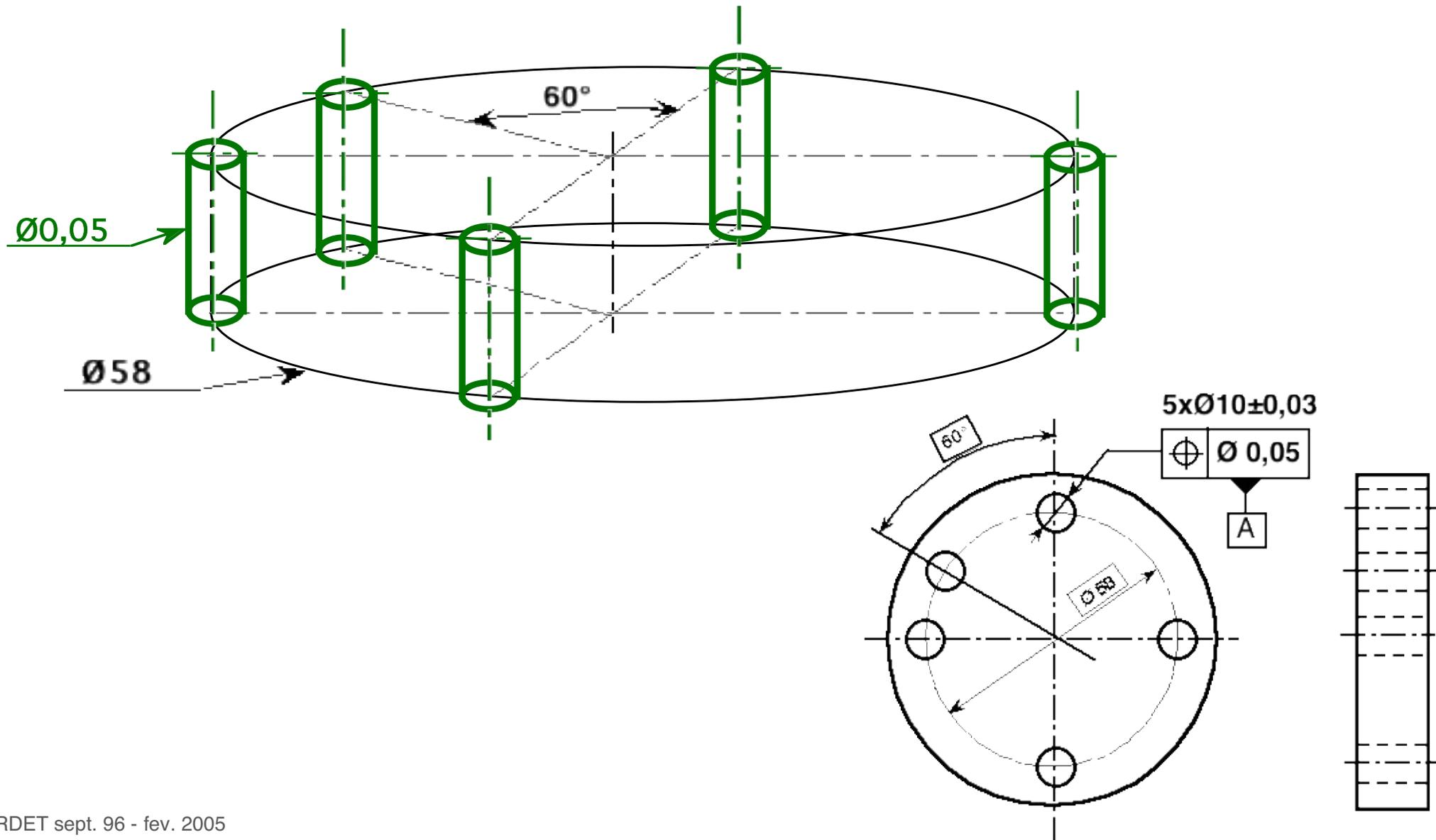
Les contraintes géométriques sont :

- implicites par les règles du dessin technique
- explicites par des dimensions théoriques exactes

Forme de la zone de tolérance



Forme de la zone de tolérance



Comment positionner la zone de tolérance sur la pièce réelle ?

Sans contrainte

sur les éléments de situation de la zone de tolérance

- En vérifiant la condition : l'élément tolérancé est inclus dans la zone de tolérance.

Avec contrainte(s)

sur les éléments de situation de la zone de tolérance

- En respectant, si cela est spécifié sur le dessin, des contraintes géométriques sur la situation de la zone de tolérance :
 - orientation / référence(s) spécifiée(s)
 - de position / référence(s) spécifiée(s)

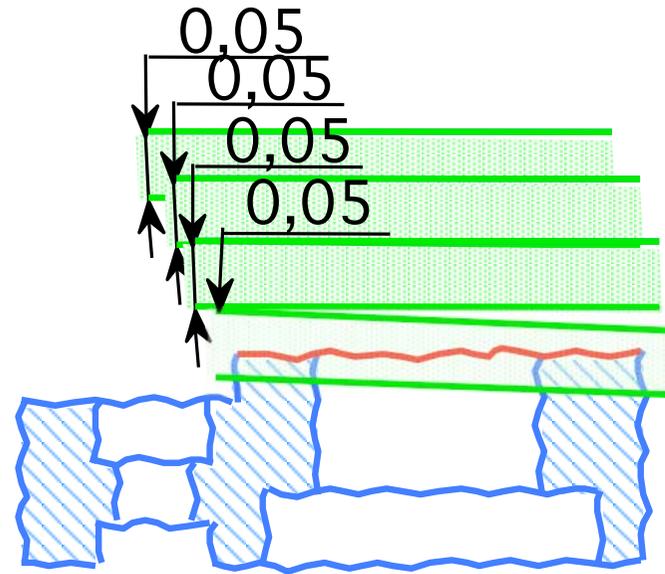
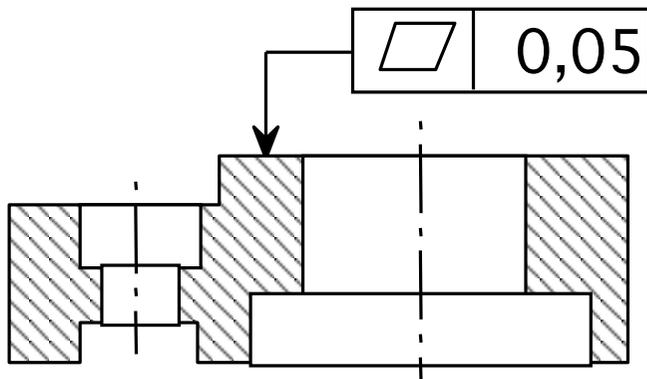
Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

zone de tolérance non contrainte
défauts de forme

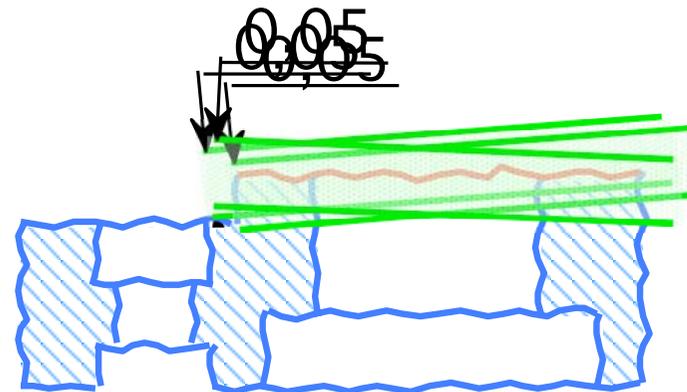
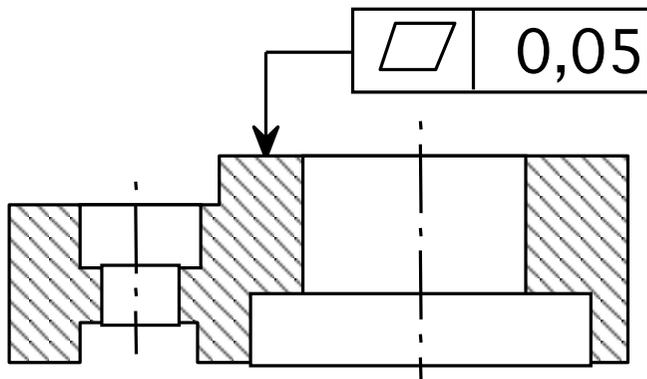
Zone de tolérance non contrainte en orientation ou en position

■ Tolérance de forme :

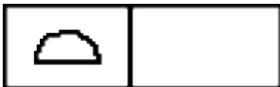
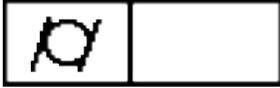


Zone de tolérance non contrainte en orientation ou en position

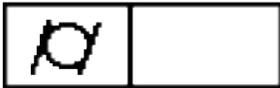
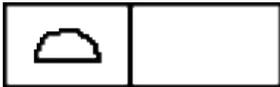
■ Tolérance de forme :



Tolérances de forme

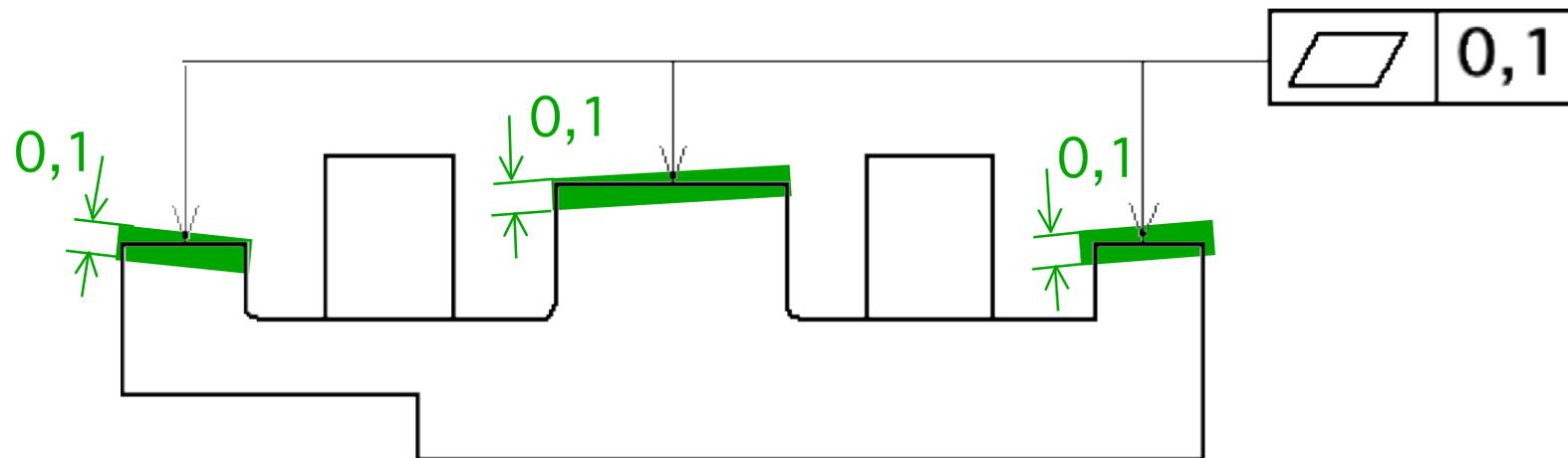
| Caractéristiques tolérancées | Symboles |
|--------------------------------|---|
| forme d'une ligne quelconque |  |
| rectitude |  |
| circularité |  |
| forme d'une surface quelconque |  |
| planéité |  |
| cylindricité |  |

Tolérances de forme

| Caractéristiques tolérancées | Symboles |
|--------------------------------|---|
| rectitude |  |
| planéité |  |
| circularité |  |
| cylindricité |  |
| forme d'une ligne quelconque |  |
| forme d'une surface quelconque |  |

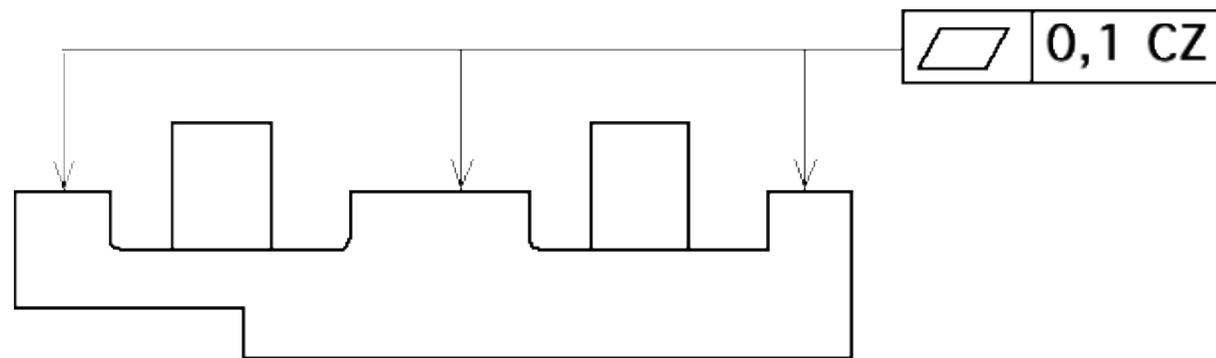
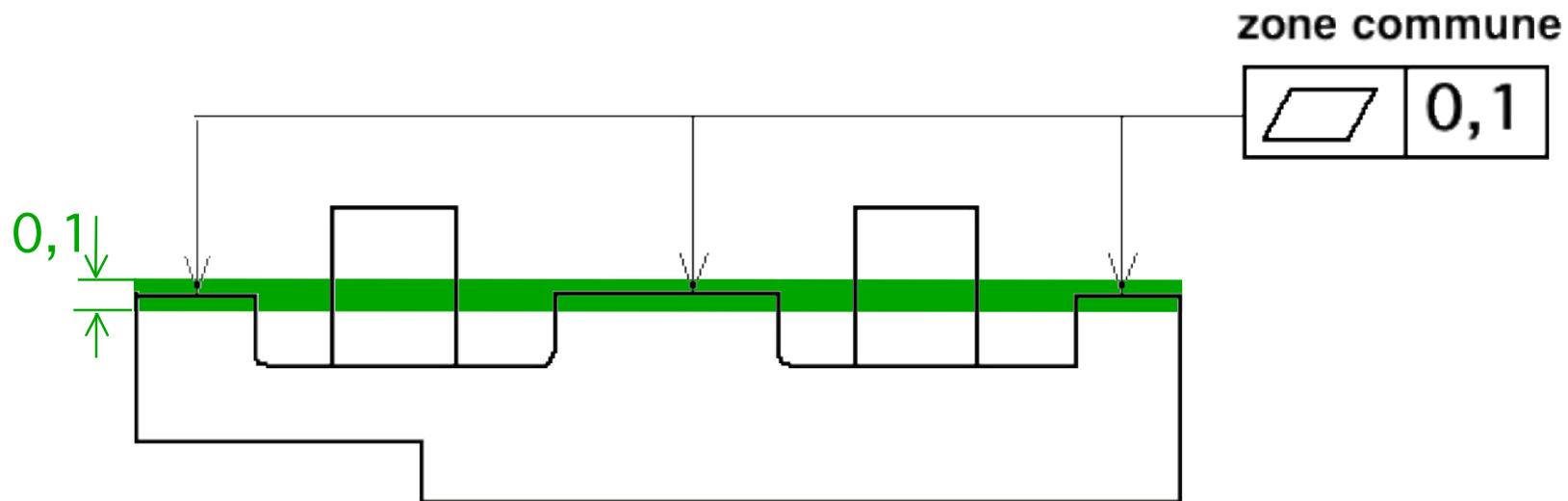
Indication de Zones de tolérance individuelles

- *une zone de tolérance individuelle de même valeur appliquée à plusieurs éléments séparés*



Zone de tolérance commune

- une zone de tolérance commune appliquée à plusieurs éléments séparés



Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

zone de tolérance contrainte en orientation
tolérances d 'orientation

Zone de tolérance contrainte en orientation

la zone de tolérance peut-être contrainte :

- à rester parallèle à une référence spécifiée

– **tolérance de parallélisme**



- À rester perpendiculaire à une référence spécifiée

– **tolérance de perpendicularité**



- à faire un angle avec une référence spécifiée

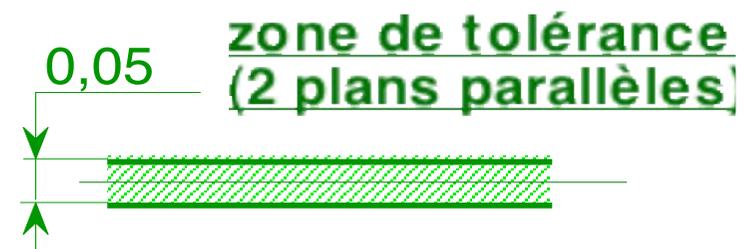
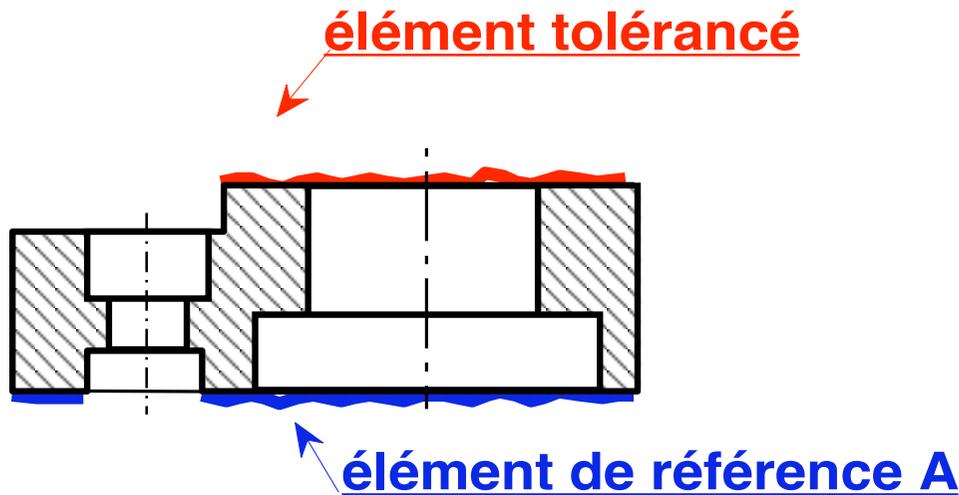
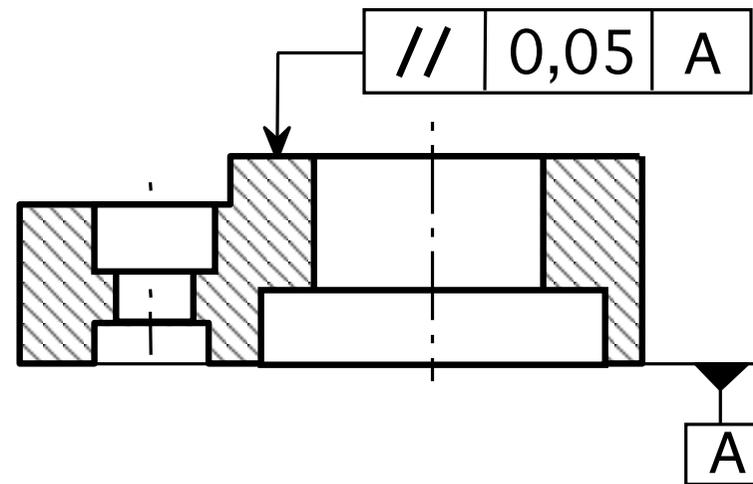
– **tolérance d'inclinaison**



Exemple : tolérance de parallélisme

■ indications du dessin

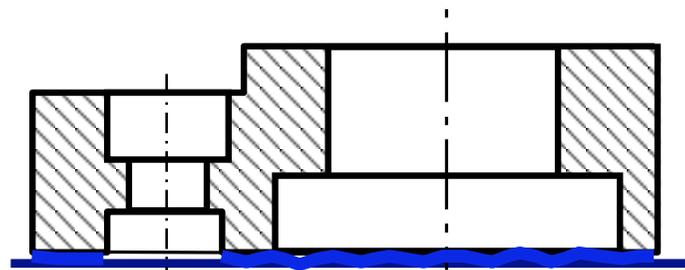
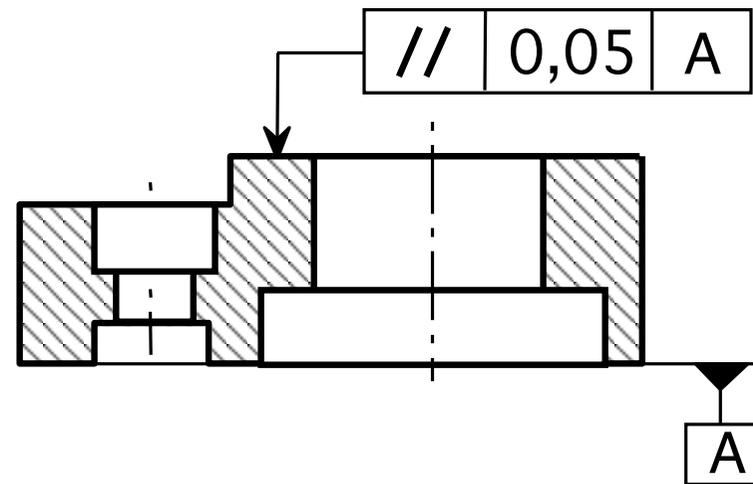
Contrainte : la zone de tolérance est parallèle à la référence spécifiée : plan A



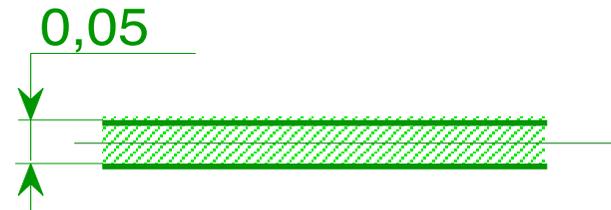
Exemple : tolérance de parallélisme

Association de la référence spécifiée :

plan A tangent extérieur matière
minimisant l'écart maxi avec
l'élément de référence A



élément de référence A

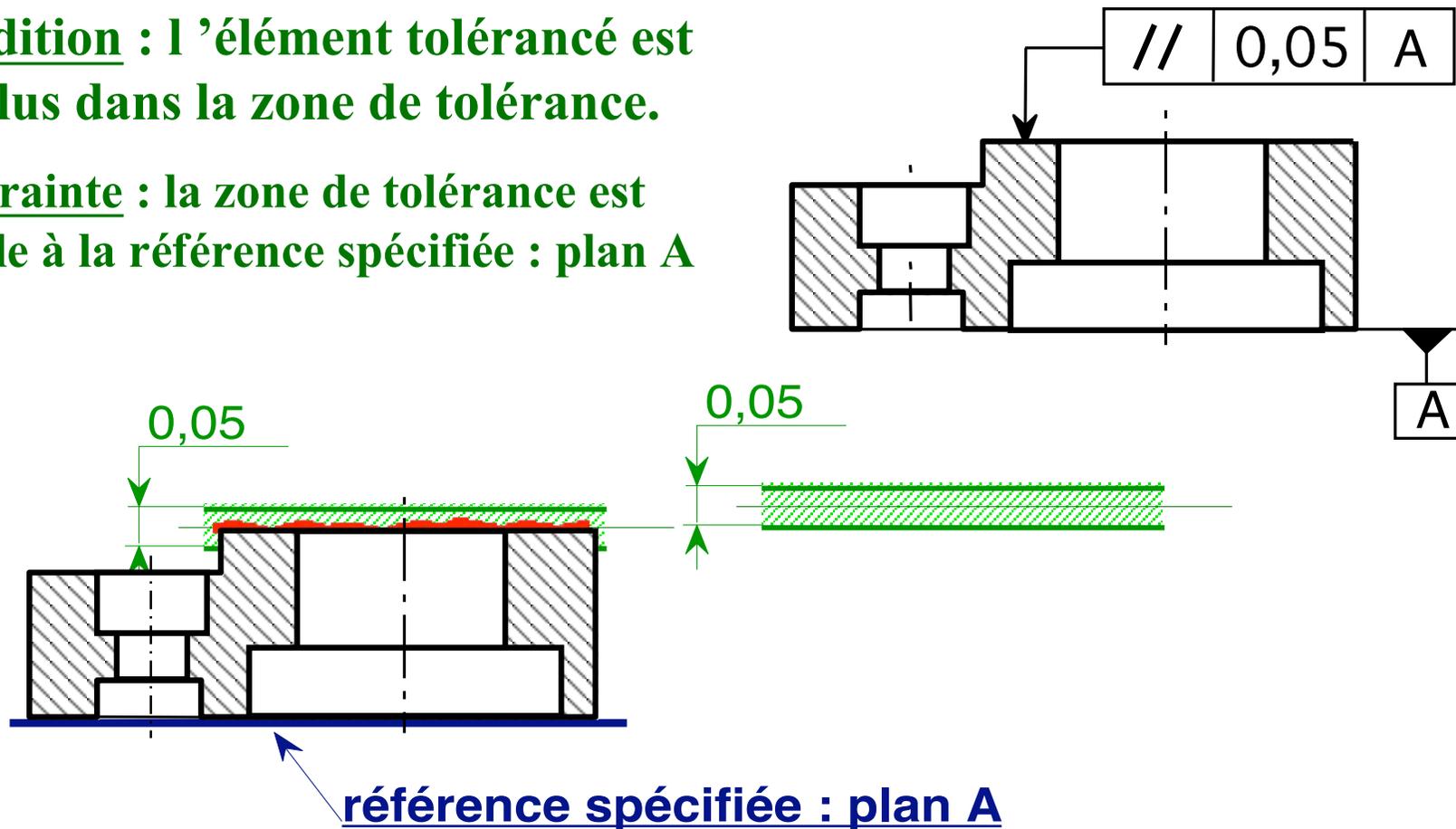


référence spécifiée : plan A

Exemple : tolérance de parallélisme

Condition : l'élément tolérancé est inclus dans la zone de tolérance.

Contrainte : la zone de tolérance est parallèle à la référence spécifiée : plan A



Tolérancement géométrique

(ISO 1101)

zone de tolérance contrainte en position
tolérances de position

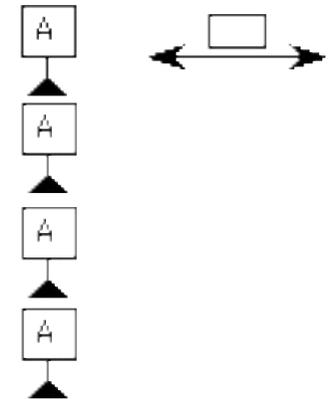
Zone de tolérance contrainte en position

■ Contrainte de position :

la zone de tolérance est contrainte en position par rapport à une ou plusieurs références spécifiées

- **tolérance de localisation**
- **tolérance de concentricité**
- **tolérance de coaxialité**
- **tolérance de symétrie**

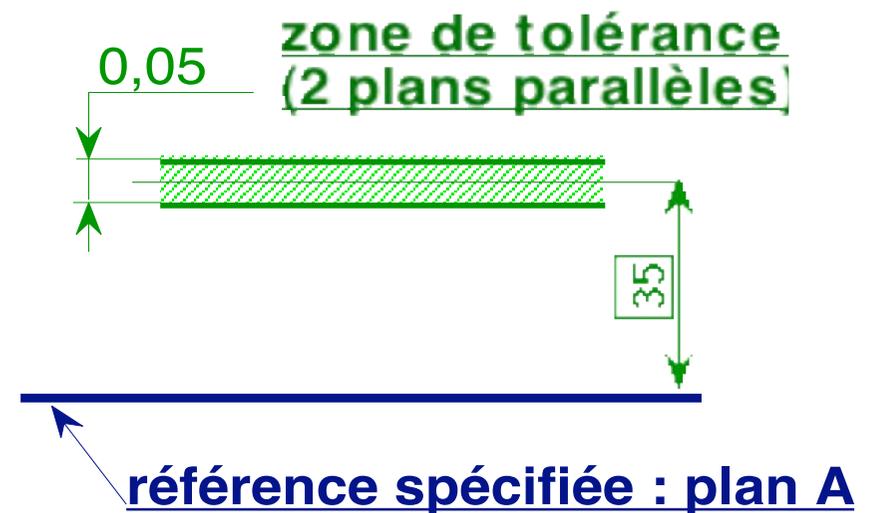
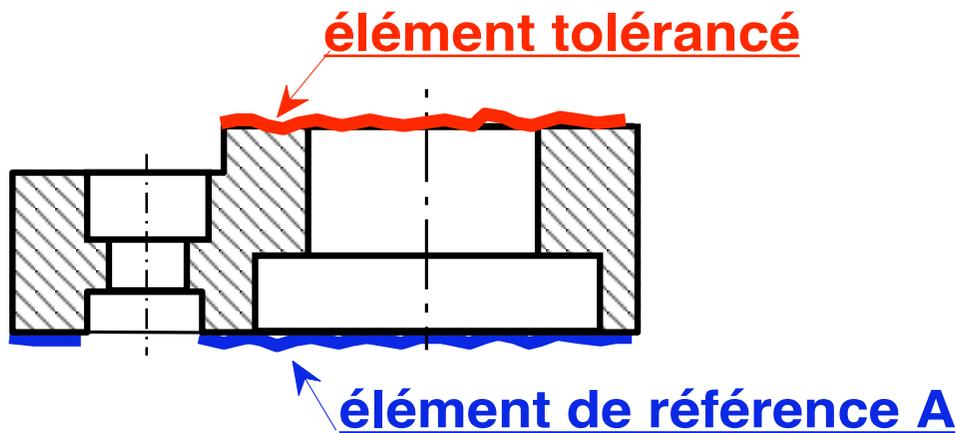
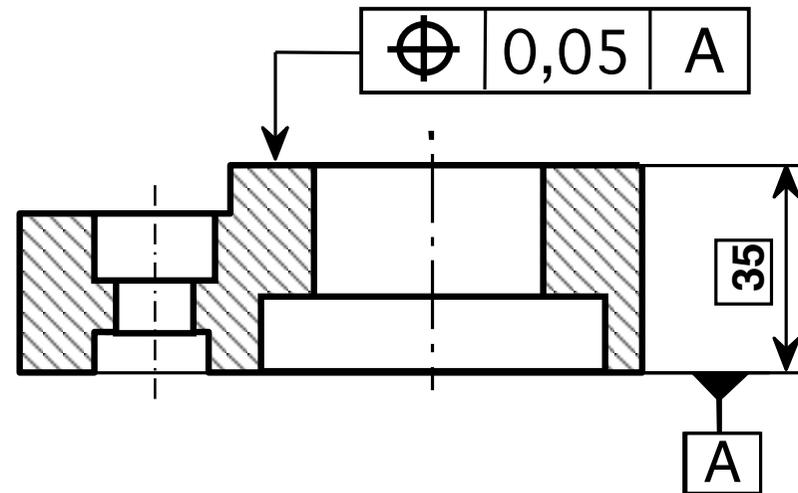
| | | |
|---|--|----------|
|  | | A |
|  | | A |
|  | | A |
|  | | A |



Exemple : tolérance de localisation

indications du dessin

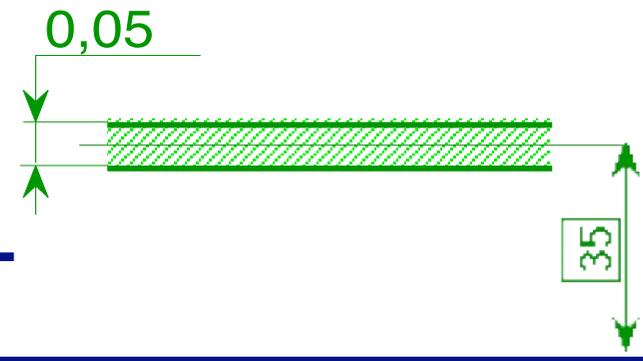
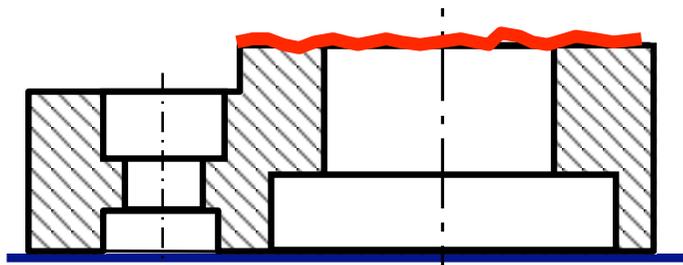
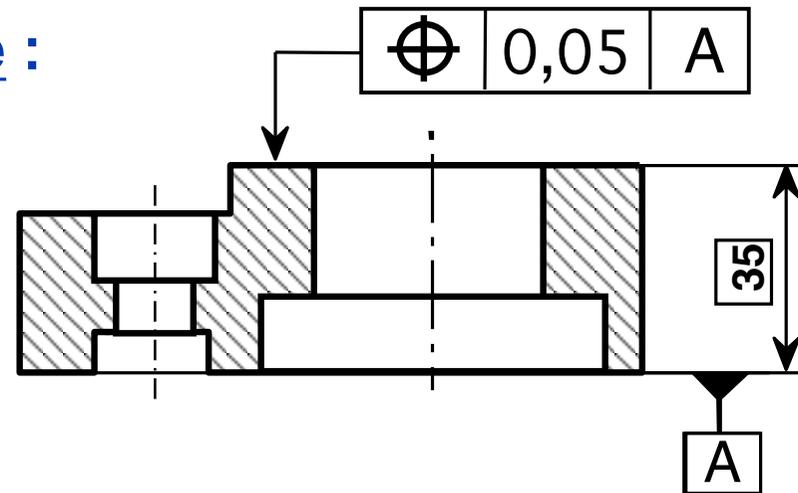
Contrainte : le plan de symétrie de la zone de tolérance est parallèle et à une dimension théorique exacte de 35mm de la référence spécifiée : plan A



Exemple : tolérance de localisation

Association de la référence spécifiée :

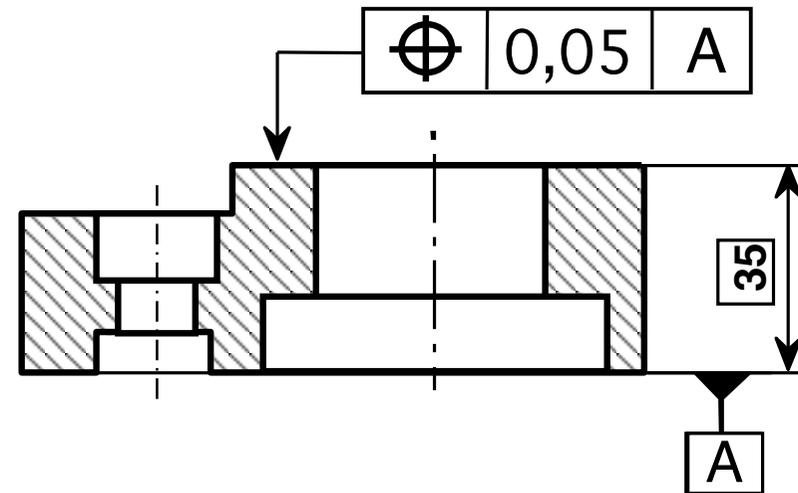
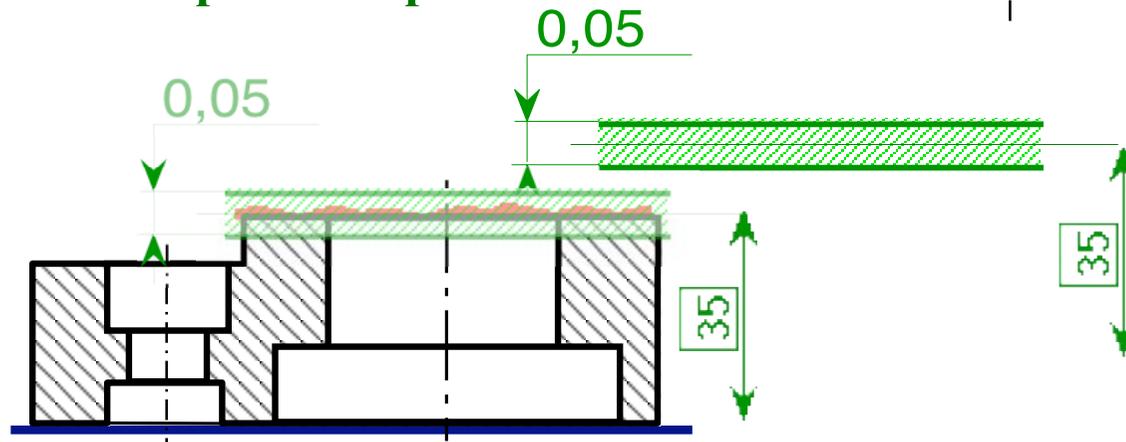
plan A tangent extérieur matière
minimisant l'écart maxi avec l'élément
de référence A



Exemple : tolérance de localisation

Condition : l'élément toléré est inclus dans la zone de tolérance

Contrainte : le plan de symétrie de la zone de tolérance est parallèle et à une dimension théorique exacte de 35mm de la référence spécifiée : plan A



Zone de tolérance avec contraintes

■ Contrainte de battement :

la zone de tolérance est contrainte en position par rapport à une ou plusieurs références spécifiées

- tolérance de battement circulaire



- tolérance de battement total



Lecture d'une tolérance géométrique ISO (sans indications particulières)

