

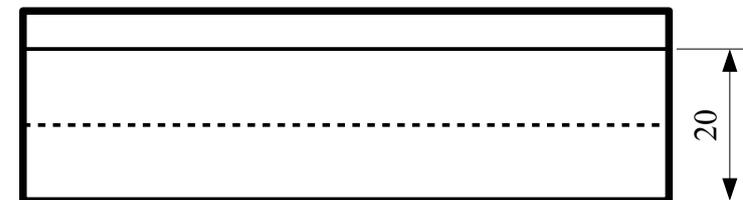
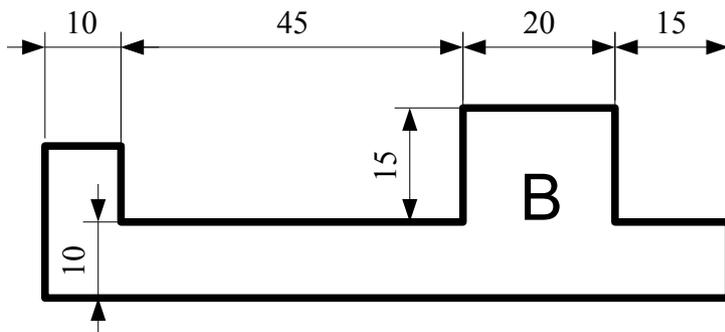
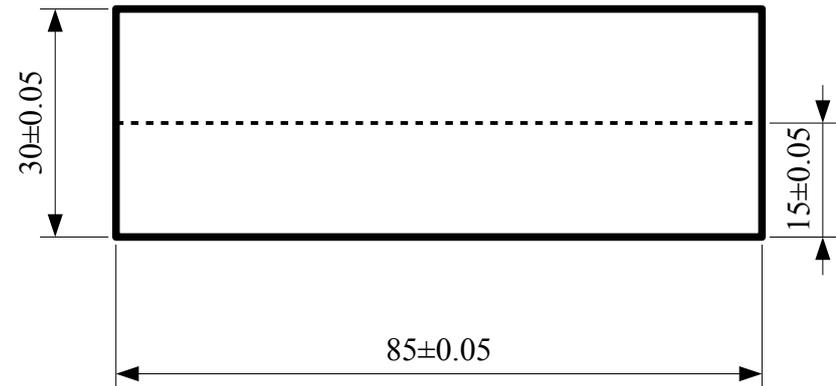
Tolérancement & cotation fonctionnelle

Prof. Éric Béchet
Département Aérospatiale & Mécanique
Université de Liège
2021

Tolérancement & cotation fonctionnelle

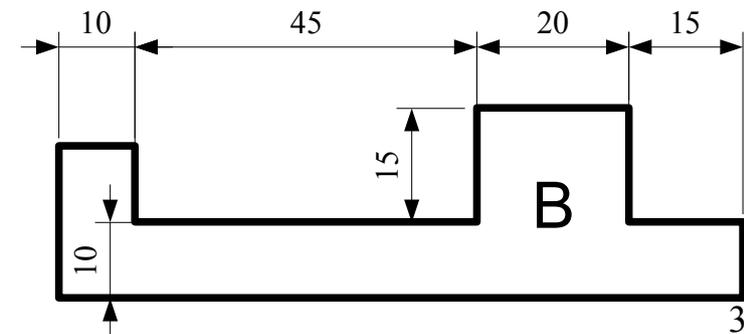
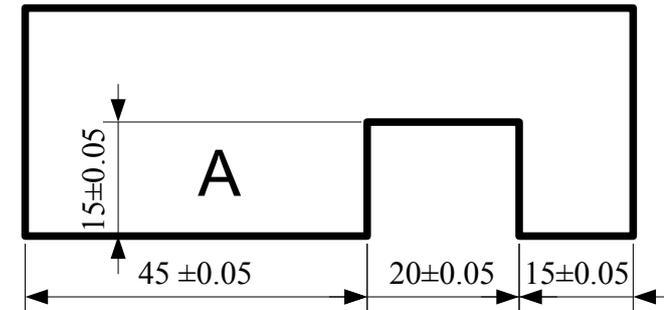
- Cotation « classique »

- Exemple d'assemblage : la pièce A existe, la pièce B est à concevoir.



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- On ne peut spécifier une cote exacte – impossible à réaliser. On doit donc laisser un peu de marge.
- On doit maximiser les tolérances, tout en s'assurant que les **fonctions** sont **satisfaites**
- Quelles sont les **fonctions** à assurer ?
 - Encastrement de la pièce inférieure dans la pièce supérieure
 - Glissement sur la surface horizontale la plus large (permettre de reprendre des efforts importants)
 - Faible écart angulaire entre les deux pièces lors du glissement horizontal



Tolérancement & cotation fonctionnelle

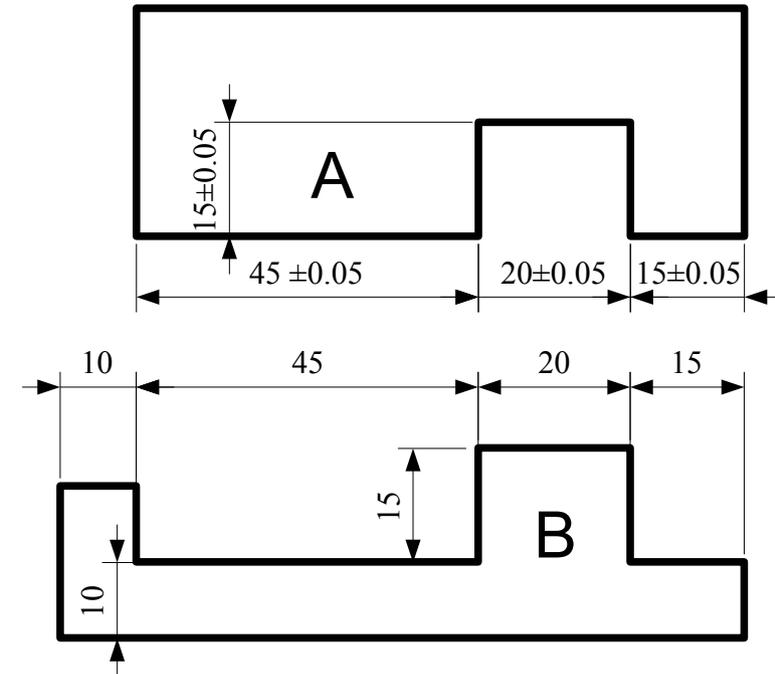
- Quelles sont les conditions sur les cotes pour assurer la fonctionnalité ?

- Cote de 20 → plutôt 19.95 maxi
- Cote de 45 → plutôt 45.05 mini
- Cote de 15 verticale → plutôt 14.95 maxi
- Guidage précis → tolérances faibles sur la cote de 20 (par exemple).

- Comment spécifier cela ?

- Plus précisément, comment spécifier cela afin que l'atelier de fabrication puisse naturellement respecter les tolérances ?

- Attention aux transferts de cotes !
- Plus les tolérances sont serrées, plus c'est **cher**
- Plus les tolérances sont lâches, plus il y a risque de **non fonctionnalité**
→ Compromis !



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Définition du tolérancement

But : permettre la cotation de pièces en vue de leur réalisation pratique. Le tolérancement implique souvent de faire des choix, ceux ci sont généralement faits pour minimiser un coût de réalisation tout en satisfaisant une fonctionnalité. D'où la notion de **cotation fonctionnelle**.

- Tolérancer, c'est spécifier ce qui doit l'être, mais laisser le maximum de liberté pour le reste. L'évolution des normes de tolérancement ont contribué à rendre les spécifications **plus souples** partout où aucune fonction particulière n'est à assurer.
- Tolérancer, c'est donc donner de la liberté à l'atelier de fabrication afin d'améliorer la qualité. (Qu'est-ce que la qualité ?)
- Tolérancer, c'est permettre la vérification **pertinente** de la conformité d'une pièce pour une **fonction** donnée (et éviter les rebuts)

Tolérancement & cotation fonctionnelle

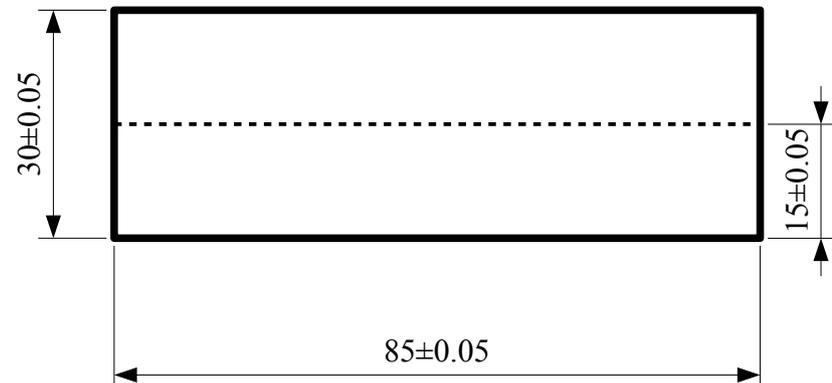
- Principe de la cotation fonctionnelle
 - En fabrication, on pourrait imaginer deux possibilités :
 - A) Soit le technicien de fabrication sait à quoi sert la pièce,** et donc il sait implicitement comment interpréter les cotes inscrites sur le dessin – on parle de connaissance implicite.
 - Ce cas est plausible lorsqu’une entreprise fabrique elle même les pièce dont elle a besoin...
 - B) Il ne sait pas.** Les cotes inscrites doivent donc **pallier** à ce manque de connaissance. On doit faire figurer explicitement toute l’information nécessaire, sans pour autant expliciter l’usage ultérieur de la pièce – **le plan doit se suffire à lui même.**
 - C’est en général ce qui se passe en sous-traitance.

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Il est assez clair que c'est l'hypothèse B qui est la plus conservatrice, et assure, quelque soit les conditions, une pièce réalisée conforme. C'est donc l'approche utilisée dans l'industrie, où sous-traitance est une option très courante...

En fait, l'idée derrière la notion de cotation fonctionnelle est assez simple : **la personne réalisant la pièce n'est pas censée savoir à quoi celle-ci doit servir.**

- On ne peut donc se satisfaire de tolérances « générales » telles que vues par le passé ...



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Il existe plusieurs types de plans selon le niveau de « maturité » de la conception
 - En bureau d'étude : « cotes études » liées à la fonction du produit : permettent de s'assurer du fonctionnement du produit. Il reste beaucoup de liberté pour la fabrication.
 - En bureau méthodes : on reprend les cotes études (imposées) auxquelles on ajoute les contraintes de fabrication (« cotes méthodes ») pour obtenir les cotes de fabrication. Ce sont elles qui seront utilisées en fabrication.
 - Après la fabrication (contrôle qualité) : le plan pour vérification reprend les les cotes d'études et/ou cotes de fabrication spécifiquement pour le contrôle.

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Plan de l'exposé

- 1) Tolérances dimensionnelles - cotes (ISO 8015)

- 2) Cotes avec exigence d'enveloppe

- 3) Tolérances géométriques (GPS)

- 4) Surfaces de référence

- 5) Spécifications de forme

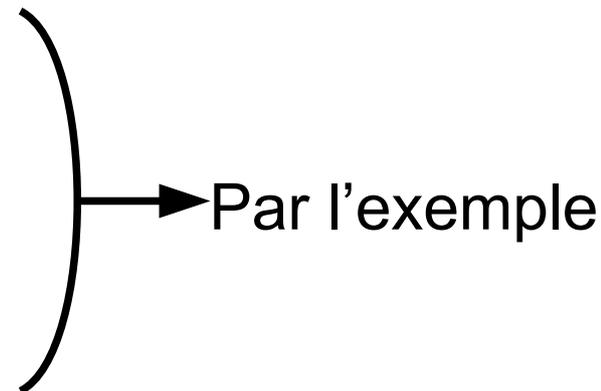
- 6) Spécifications d'orientation

- 7) Spécifications de position

- 8) Spécifications de battement

- 9) Exercices

- 10) Calcul de chaînes de cotes - exemple



Crédits

Sources de certaines illustrations, exemples :

B. Anselmetti, « Tolérancement », Lavoisier

C. Barlier, R. Bourgeois, « Mémotech Conception et Dessin »,
Casteilla

Wikipedia – article « Tolérance géométrique »

Tolérancement & cotation fonctionnelle

1) Définition d'une cote

Une cote est conforme si toutes les **dimensions locales** sont dans l'intervalle de tolérance

Exemple : $40 \pm 0.2 \leftrightarrow 39.8 \leq d_i \leq 40.2$

Une cote n'est **pas définie** par la norme lorsque les **dimensions locales** ne sont pas définies entre les surfaces de la pièce.

$30_{-0}^{0.1}$ est équivalent à 30.05 ± 0.05

L'industrie préfère de plus en plus les **tolérances centrées** pour avoir des modèles numériques CAO aux cotes **nominales**.

Référence : ISO 8015-1985

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Règles générales :

- Toutes les cotes sont exprimées en mm
(sauf états de surface en μm)

- Principe d'indépendance des cotes

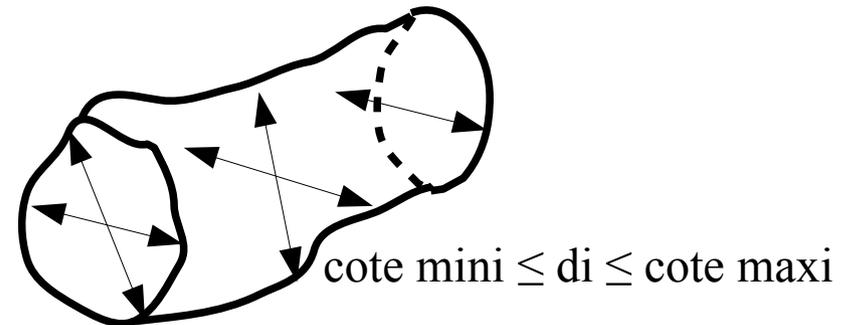
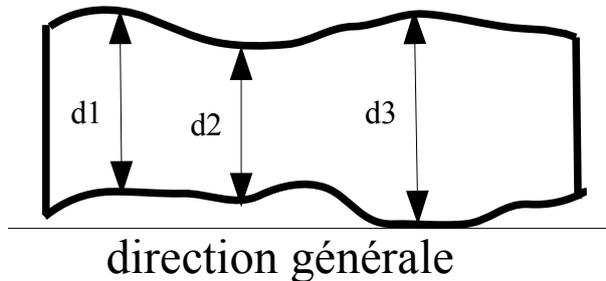
C'est le principe appliqué lors de la lecture d'un dessin : chaque exigence dimensionnelle ou géométrique doit être respectée en elle même, **indépendamment des autres spécifications**.

Il existe toutefois des exceptions : une relation particulière est alors **explicitement** spécifiée sur le plan.

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Définition d'une dimension locale

La notion de **dimension locale** permet de tenir compte des défauts géométriques des pièces dans la définition des cotes. Une dimension locale est mesurée point-à-point pour deux points en correspondance (face-à-face), pour un diamètre, l'écart entre deux plans etc.



En pratique, les dimensions locales sont mesurées (par exemple) avec un micromètre « deux touches »



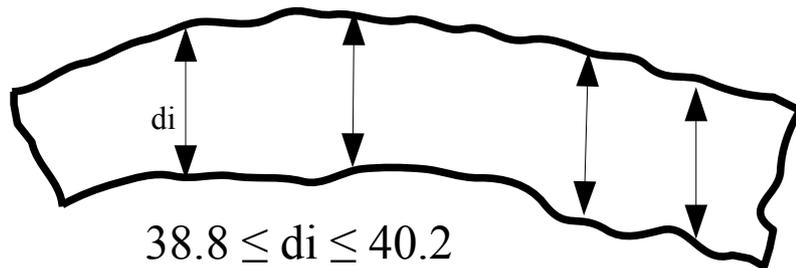
Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Conséquences de l'indépendance des cotes et de la notion de dimension locale...

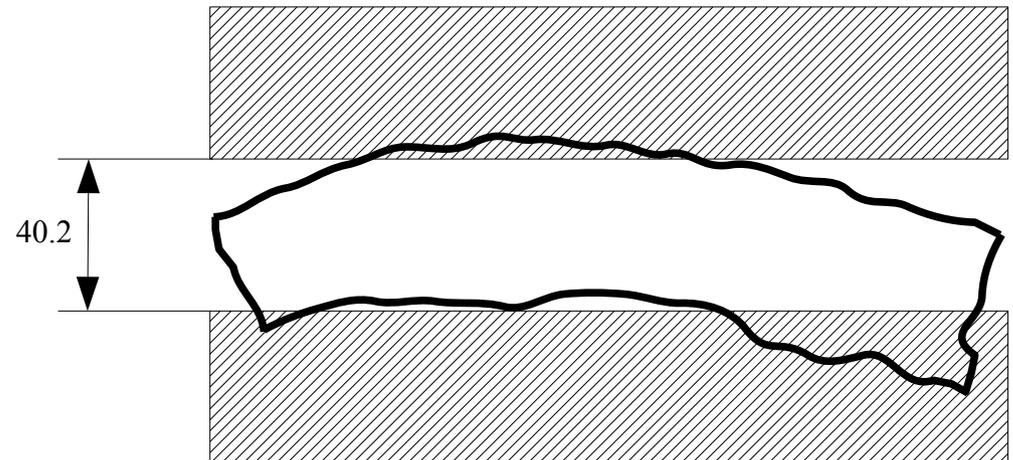
Dessin de définition d'une clavette



Réalisation (conforme) ...

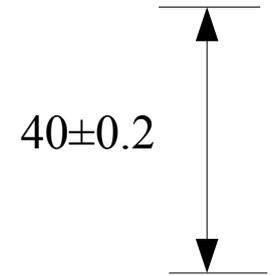


... et ce qui était peut être **sous entendu** par le concepteur (condition d'assemblage)



Tolérancement & cotation fonctionnelle

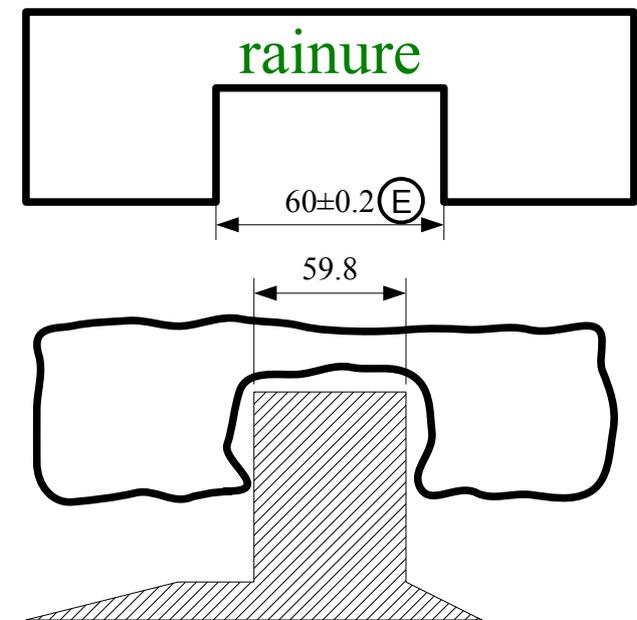
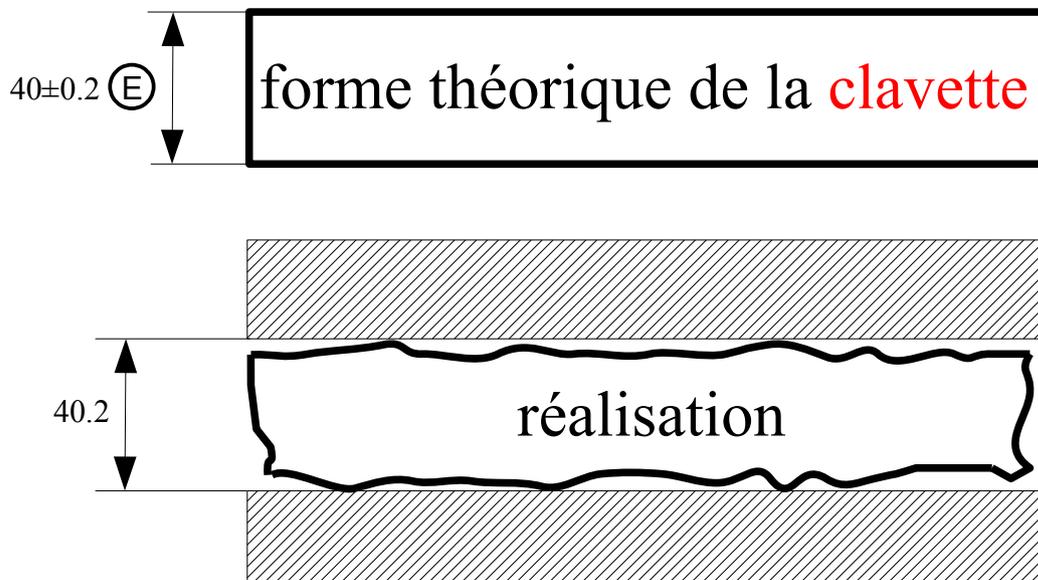
- Les cotes tolérancées, sans autres indications, sont comprises à défaut comme étant des **dimensions locales** de la partie concernée par la cote, à vérifier **tout le long de celle-ci, mais de façon indépendante !**
- C'est la façon la plus « lâche » de tolérer. Elle est adaptée aux formes élancées et déformables pour lesquelles le respect d'une tolérance globale n'a de sens que si on précise comment la mesurer.
- Si l'on veut réellement que la clavette respecte une condition de montage (donc qu'elle soit comprise toute entière entre les zones hachurées), on doit alors le spécifier **explicitement...**



Tolérancement & cotation fonctionnelle

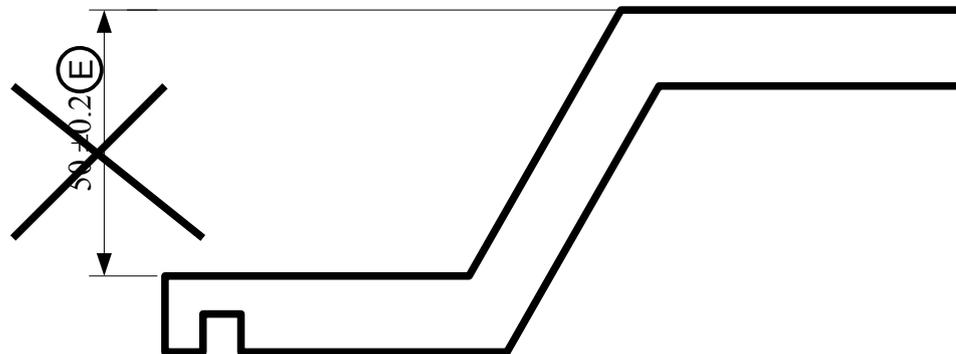
2) Exigence de l'enveloppe

- Indiqué par le modificateur \textcircled{E} situé après la cote.
- En plus de la validation des dimensions locales, elle implique que la surface réelle est **toute entière** comprise dans la zone au **maximum de matière**, donc pour la cote **maximale** pour un **arbre ou équivalent** (e.g. clavette), et à la cote **minimale** pour un **alésage ou équivalent** (rainure)



Tolérancement & cotation fonctionnelle

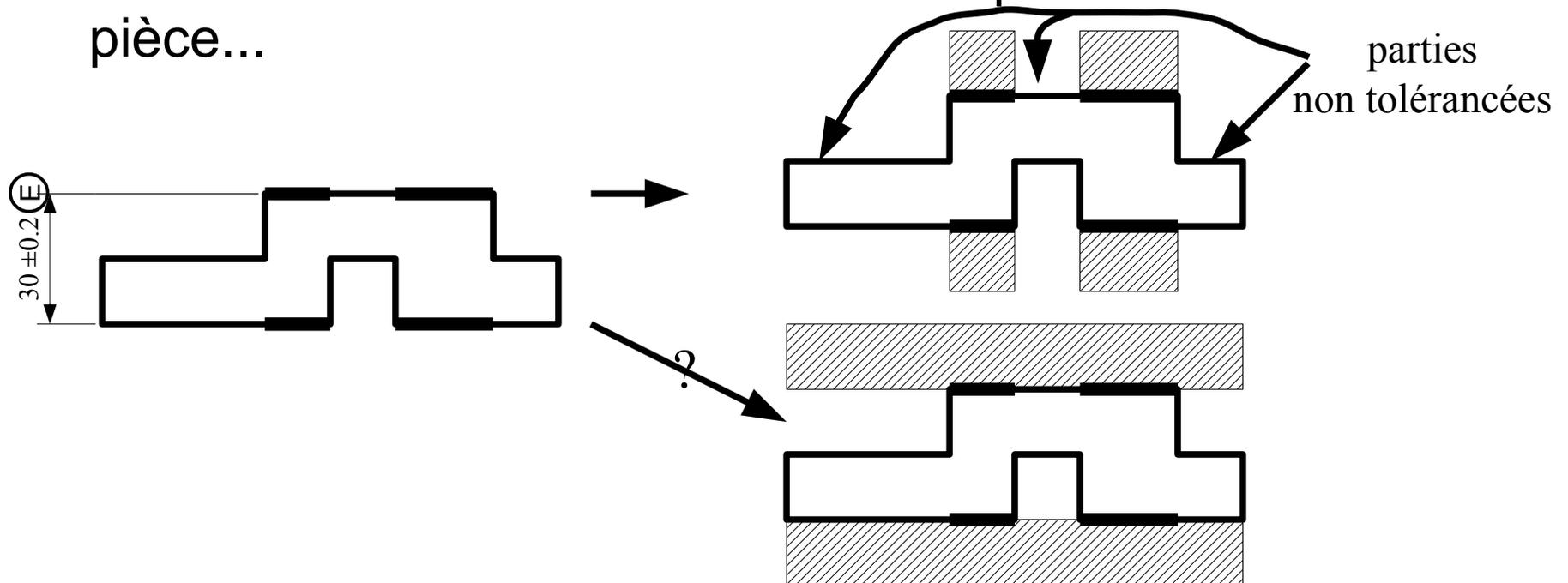
- L'exigence de l'enveloppe permet de garantir une condition d'assemblage pour des ajustements simples (cylindriques ou prismatiques).
- On **ne peut pas** l'utiliser pour des axes (centres de cylindres) car l'axe n'a pas d'existence physique, même si une dimension locale peut être définie.
- On ne peut pas non plus l'utiliser quand les surfaces ne sont pas face-à-face (impossible de définir une dimension locale).



Tolérancement & cotation fonctionnelle

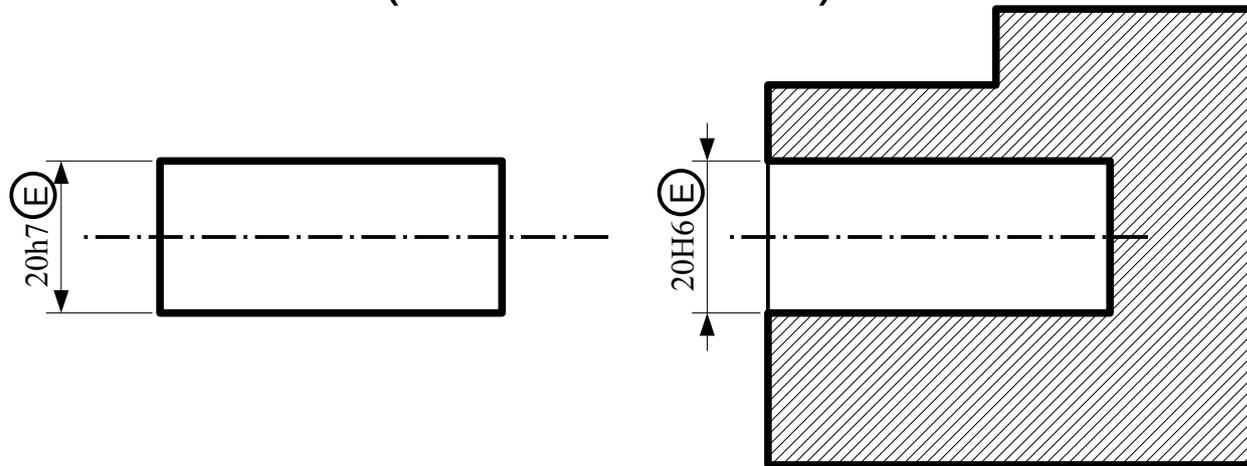
■ Cas particuliers (1)

- Tolérances angulaires entre plans (possibilité de vrillage), mais pas de possibilité d'utilisation de la notion d'enveloppe.
- Surfaces en plusieurs morceaux – seules les parties en vis-à-vis sont en principe concernées, mais les exigences fonctionnelles sont souvent désirées pour l'ensemble de la pièce...



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Cas particuliers (2)
 - Ajustements ISO (cf cours bloc 1)



- Dans le passé, c'était compris implicitement comme satisfaisant l'exigence d'enveloppe, mais la norme actuelle **impose** de le spécifier ...
- C'est logique, car les notations $20H6 \leftrightarrow 20_0^{0.013}$ sont strictement équivalentes.

Tolérancement & cotation fonctionnelle

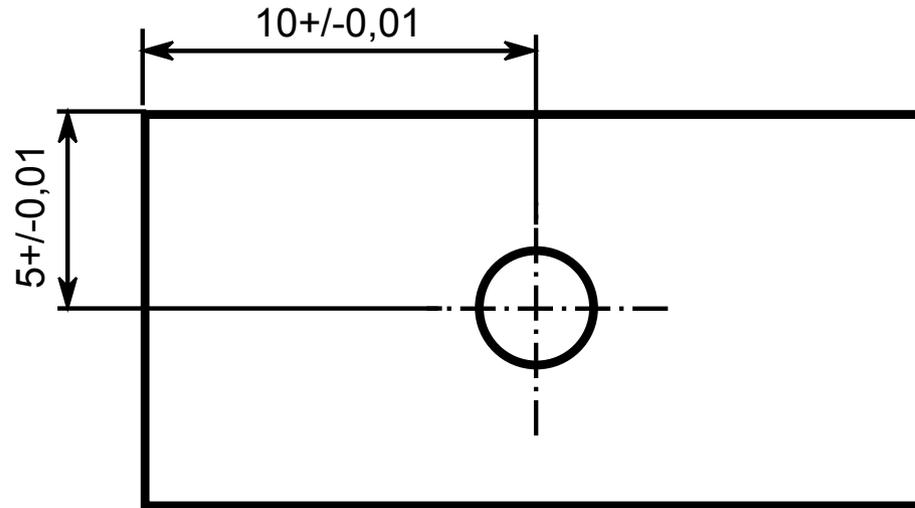
3) Tolérances géométriques (GPS)

(Geometrical Product Specifications)

Forme		Orientation		Position	
Désignation	Symbole	Désignation	Symbole	Désignation	Symbole
Rectitude		Parallélisme		Localisation	
Circularité		Perpendicularité		Concentricité	
Planéité		Inclinaison		Coaxialité	
Cylindricité				Symétrie	
Forme d'une ligne quelconque		Orientation d'une ligne quelconque		Position d'une ligne quelconque	
Forme d'une surface quelconque		Orientation d'une surface quelconque		Position d'une surface quelconque	

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

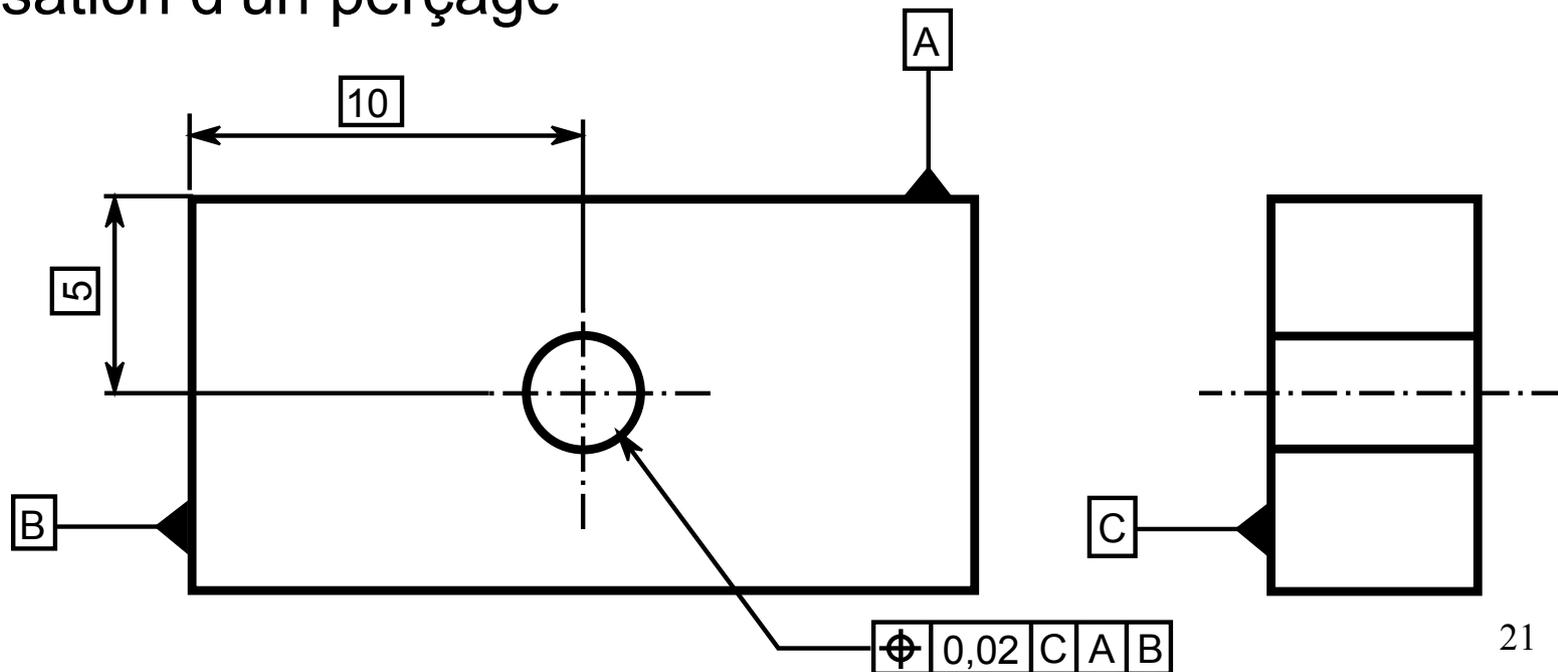
Tolérancement & cotation fonctionnelle



Cotation classique

Exemple : localisation d'un perçage

Cotation ISO (GPS)



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Il existe cinq catégories de spécifications :
 - Spécifications de forme : intrinsèques à la surface (pas de réf)
 - Spécifications d'orientation : par rapport à une **référence**, mais ne définissent pas la position !
 - Spécifications de position : définissent les zones permises pour les surfaces réelles par / à une ou des **références**
 - Spécifications de battement : défauts de forme et de position mais pas de dimensions
 - Spécifications de surface/ligne quelconques définissent la tolérance de forme si absence de référence, mais peuvent également indiquer position et orientation si une référence est présente.

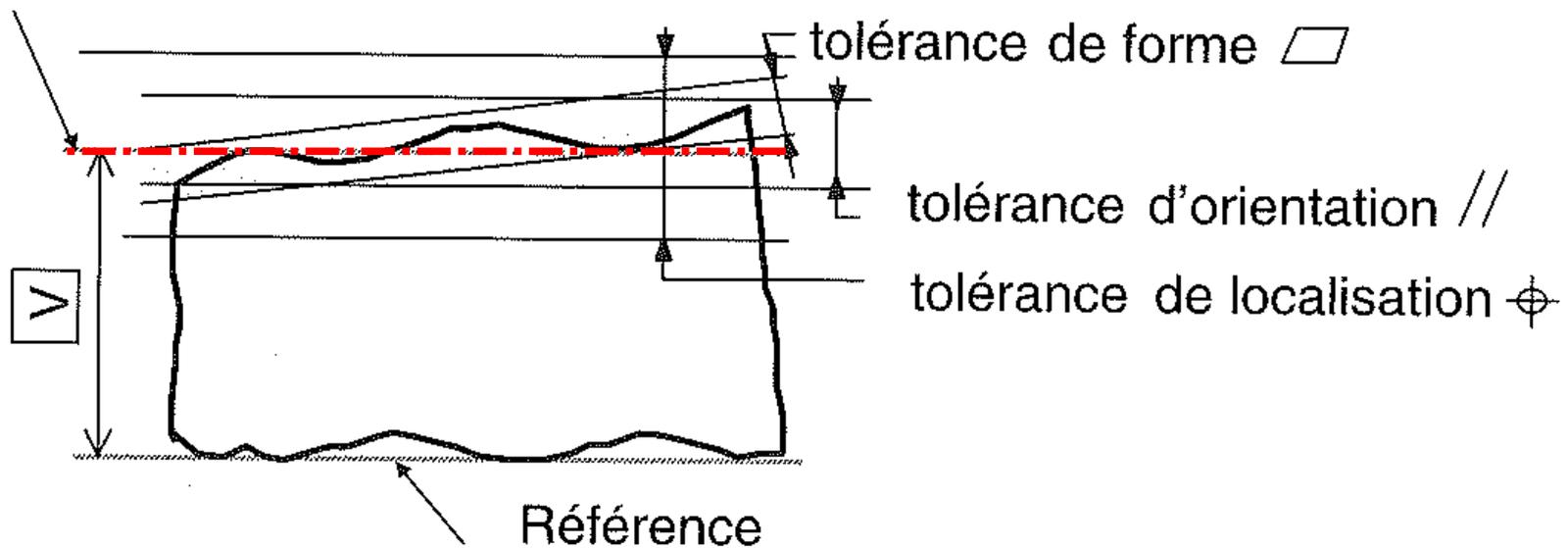
Forme		Orientation		Position	
Désignation	Symbole	Désignation	Symbole	Désignation	Symbole
Rectitude	—	Parallélisme	//	Localisation	⊕
Circularité	○	Perpendicularité	⊥	Concentricité	⊙
Planéité	▭	Inclinaison	∠	Coaxialité	⊙
Cylindricité	∩			Symétrie	≡
Forme d'une ligne quelconque	⤿	Orientation d'une ligne quelconque	⤿	Position d'une ligne quelconque	⤿
Forme d'une surface quelconque	⤿	Orientation d'une surface quelconque	⤿	Position d'une surface quelconque	⤿

Battement	Battement circulaire	↗	Battement total	↗↖
------------------	----------------------	---	-----------------	----

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Ordre des tolérances (classés en fonction de la grandeur ou de la « force »)
 - Tolérances dimensionnelles, puis tolérances de localisation, orientation, forme (et enfin état de surface).
 - En métrologie dimensionnelle, les défauts liés aux états de surface sont toujours filtrés et négligés (mais cela ne veut pas dire qu'ils n'ont pas d'effet sur la fonction de la pièce !)

Position nominale

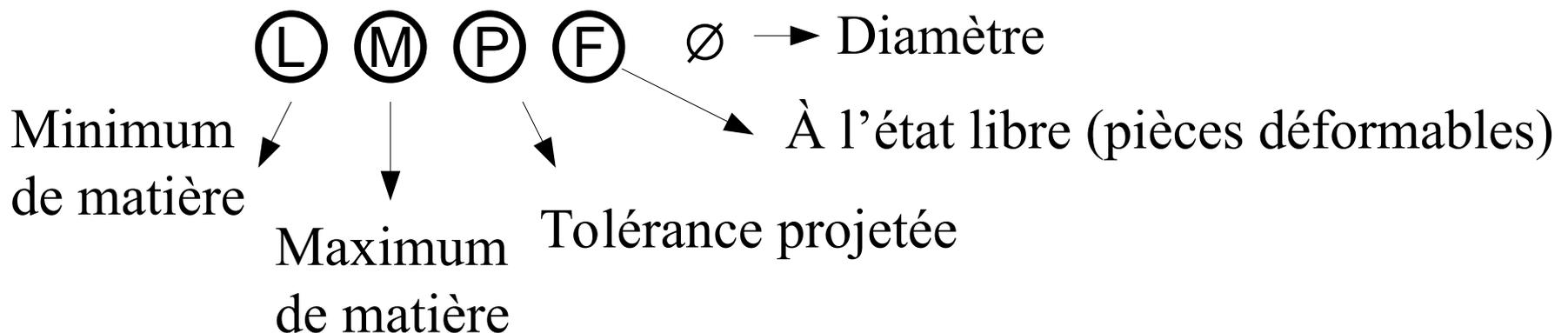


Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Quelques définitions
 - Le tolérancement géométrique est toujours appliqué sur des éléments réels (**sauf** cas particulier des surface projetées)
 - **Surface tolérancée** (ou spécifié) : Surface réelle dont il faut limiter le défaut
 - Très fréquemment, il est fait usage de **références...**
 - **Élément de référence** : surface réelle de la pièce utilisée pour construire une référence
 - **Référence spécifiée** : surface théorique parfaite construite à partir de l'élément de référence
 - **Système de référence** : Ensemble de surfaces parfaites constituant un référentiel pour la définition exacte des surfaces tolérancées.
 - **Dimension théoriquement exacte** (cotes encadrées) : définit la position théoriquement exacte de la surface nominale par rapport à la référence. N'est jamais tolérancée !

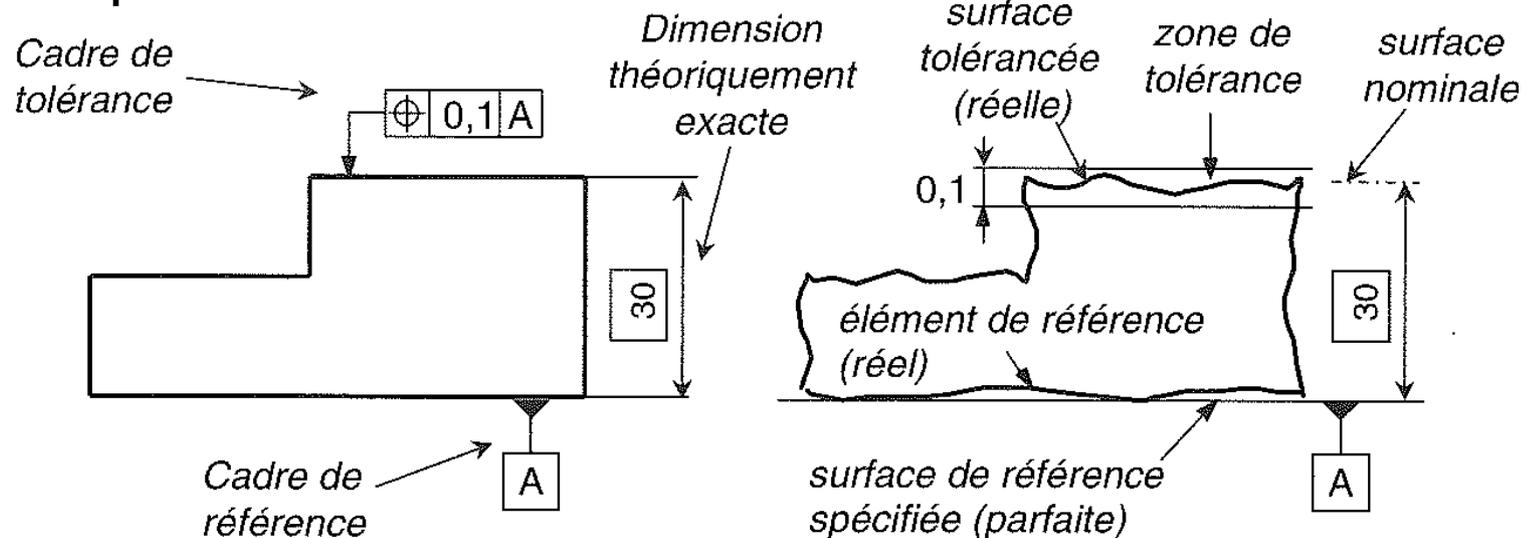
Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Quelques définitions (suite)
 - **Surface nominale** (ou en position théoriquement exacte) : surface parfaite située en position parfaite par rapport au système de références compte tenu des cotes encadrées
 - **Zone de tolérance** : volume devant contenir la surface spécifiée
 - **Modificateur** : symbole placé dans le cadre de tolérance visant à modifier le sens de la spécification



Tolérancement & cotation fonctionnelle

Exemple



La **référence** est une surface de forme parfaite associée à l'élément de référence réel

La **surface nominale** est ici à 30 mm de la référence

La **zone de tolérance** est un espace limité par deux plans séparés de 0.1 mm, symétriques de part et d'autre de la surface nominale ...

La **surface réelle** doit être située entre les deux plans définissant la zone de tolérance.

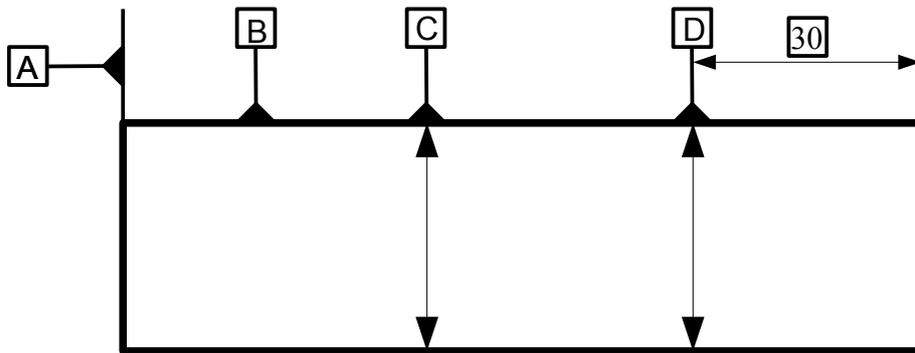
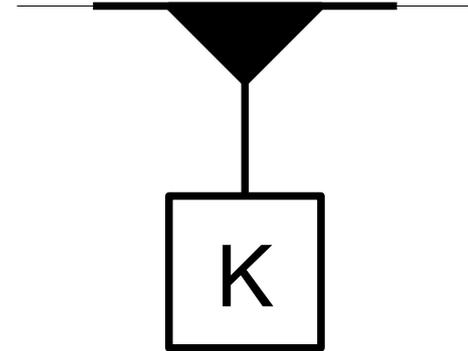
Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Méthode générale de lecture d'une tolérance ISO
 - 1) *Nom de la spécification* (parallélisme etc.)
 - 2) *Surface tolérancée* (tous les points, lieu des centres des sections, lieu des milieux des bipoints ...)
 - 3) *Référence(s)* : plan minimax, plus petit cylindre, plan bissecteur ...
 - 4) *Surface nominale* : définir la méthode de construction de la surface théorique à partir des références et des dimensions théoriquement exactes
 - 5) *Zone de tolérance* : définir la forme, la position, la dimension de la zone de tolérance par rapport à la surface nominale
 - 6) La spécification est vérifiée si l'ensemble des points de la surface tolérancée (réelle) est dans la zone de tolérance.

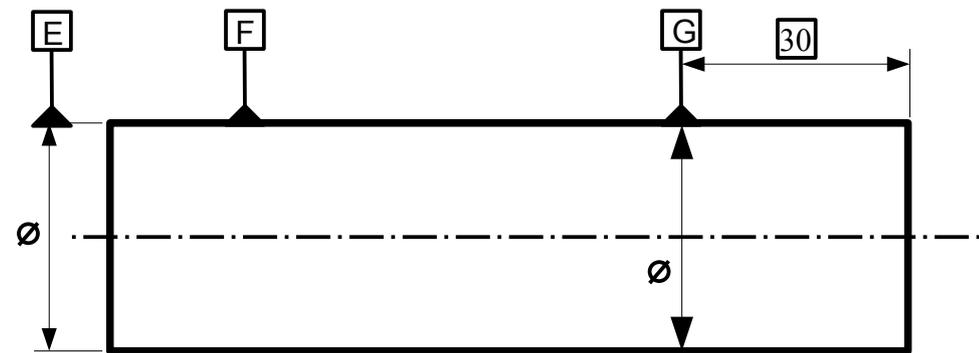
Tolérancement & cotation fonctionnelle

4) Les références

- Diverses façons de les spécifier ...



parallélépipède



cylindre

A : plan en bout de pièce
 B : plan supérieur
 C : plan **médian** (perp. à la vue)
 D : droite médiane de la section
 (perp au plan de la vue)

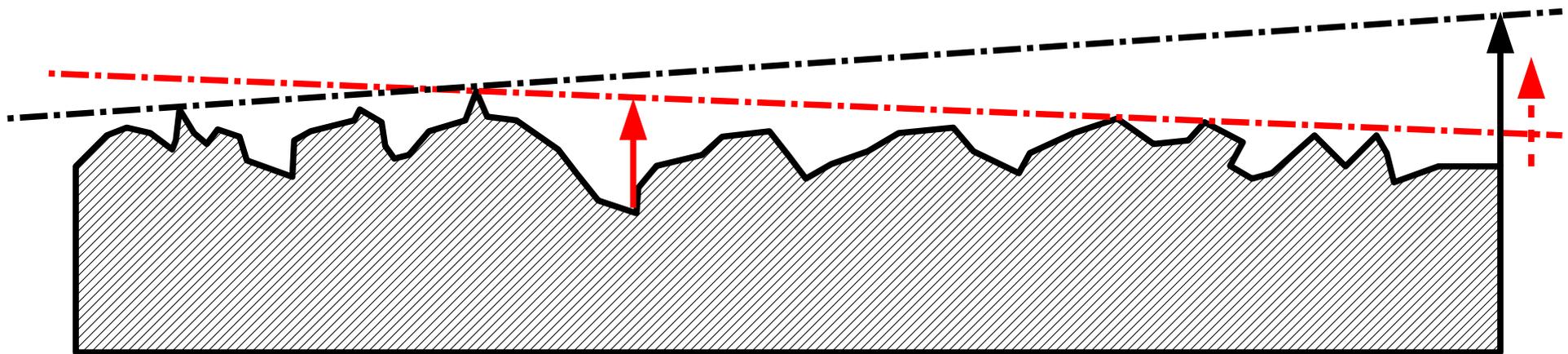
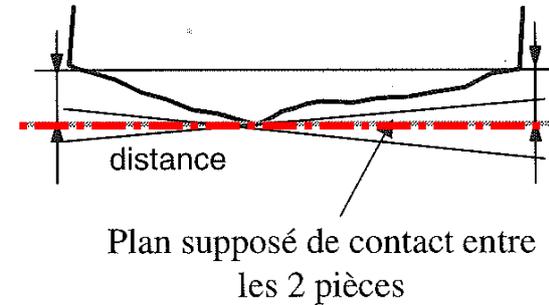
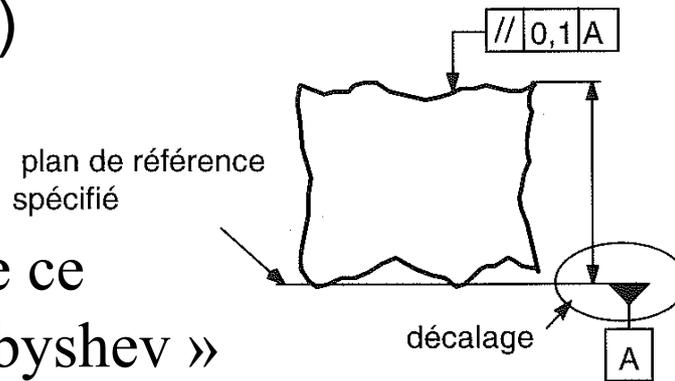
E : axe du cylindre
 F : génératrice du cylindre
 (dans le plan de la vue)
 G : centre de la section à 30
 mm du bout droit

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Référence simple (une seule ...)
 - Plan (plan minimax)

C'est le plan **tangent** à la matière qui minimise la distance maximale. On appelle ce critère « minimax » ou « Chebyshev »

Tangent : 2 points de contact en 2D
 3 points de contact en 3D

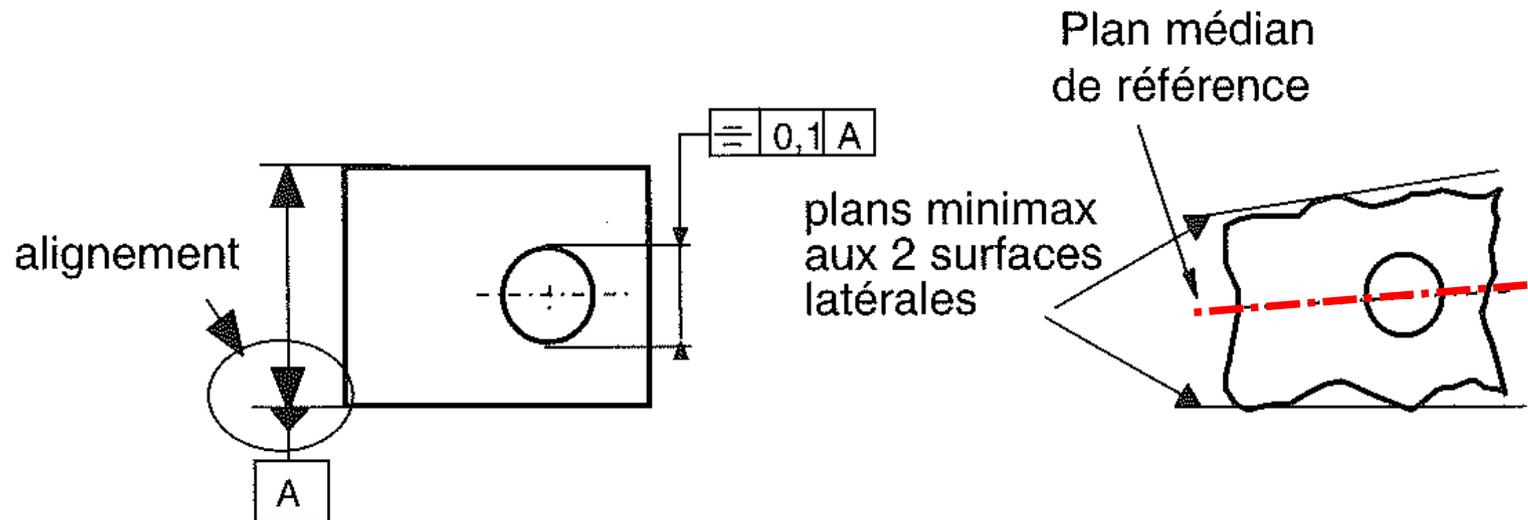


Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Plan médian de référence

Il s'obtient en considérant deux plans minimax aux deux éléments de référence.

Le plan médian de référence est le plan bissecteur de ces deux plans



Tolérancement & cotation fonctionnelle

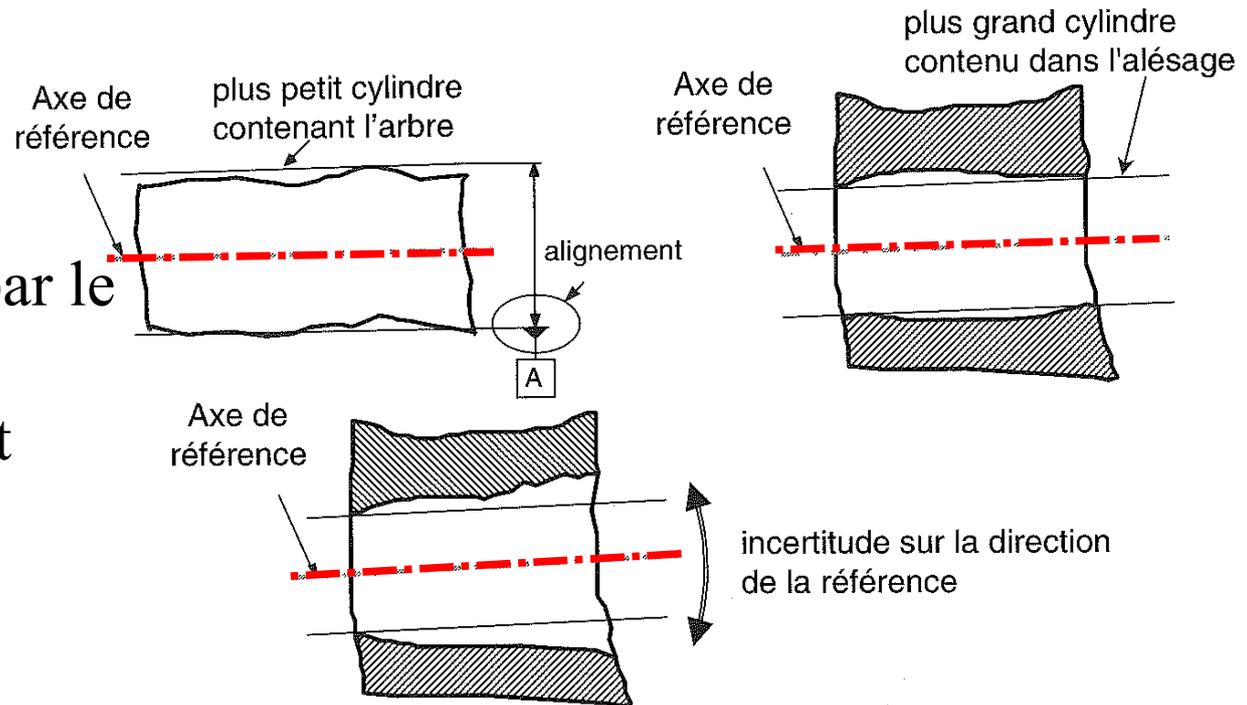
- Axe cylindrique

La référence est l'axe parfait associé à la surface désignée par le symbole.

Pour un **arbre**, la référence est l'axe du plus petit cylindre contenant la surface

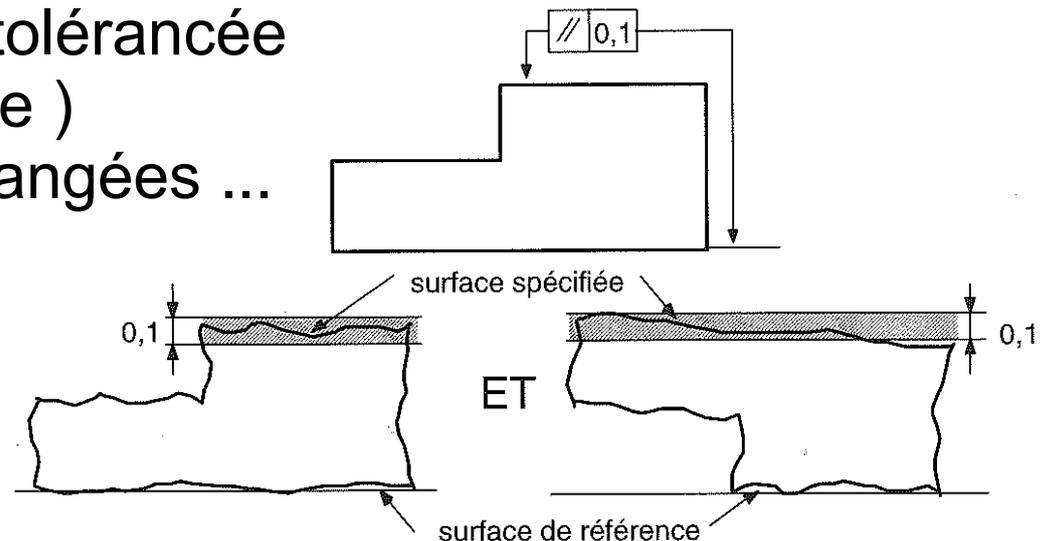
Pour un **alésage**, la référence est l'axe du plus grand cylindre contenu dans l'alésage

Attention – si le cylindre est en fait légèrement conique, il y a incertitude sur la direction de l'axe de référence → la norme impose d'utiliser un cylindre médian (mais difficilement vérifiable en métrologie!)



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Il y a d'autres types de références, cf normes/littérature
 - Centre d'une sphère : centre de la sphère minimale
 - Centre d'une section d'un cylindre : centre du plus petit /plus grand cercle
 - Références sur une surface conique
 - Pas de référence : les deux surfaces considérées (la surface tolérancée et la surface de référence) doivent pouvoir être échangées ...



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Systèmes de référence

Ils se basent sur les références simples pour construire un système ordonné de référence tridimensionnel.

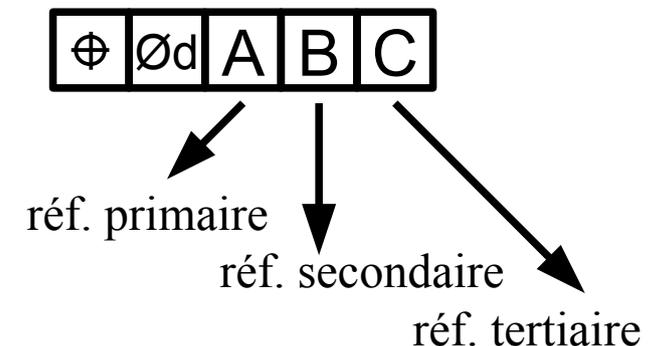
- Exemple ici : localisation d'un élément par rapport à trois références A, B et C

- Les références sont ordonnées car elles ne sont pas équivalentes.

- La référence primaire est une référence simple (cf plus haut)

- La référence secondaire est orientée de façon parfaite par rapport à la référence primaire

- La référence tertiaire ; par rapport aux deux précédentes.



Tolérancement & cotation fonctionnelle

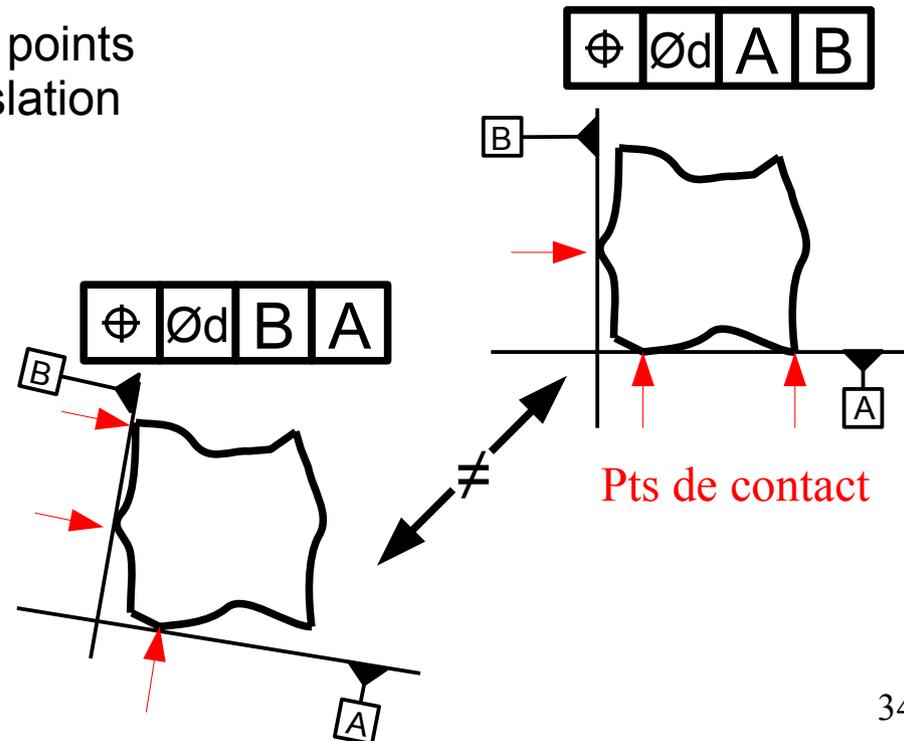
- Systèmes plan/plan ou plan/plan/plan

- Hiérarchie des plans de référence

Image du pavé irrégulier que l'on tente de contraindre à une position stable avec trois plans orientés parfaitement l'un à l'autre

- Le premier plan est en appui sur trois points
blocage d'un degré de liberté de translation et de deux de rotation
 - Le second sur deux seulement
Blocage d'une translation et d'une rotation supplémentaire
 - Le troisième sur un point
Bloque le dernier DDL de translation.

- **L'ordre est important !**



Tolérancement & cotation fonctionnelle

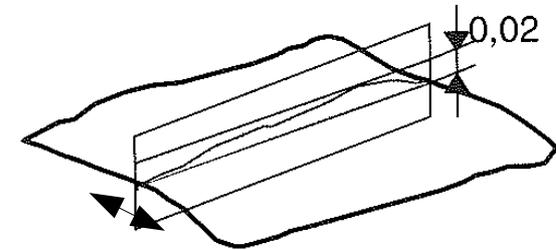
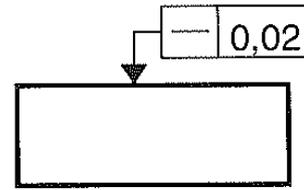
5) Spécifications de forme

Aucune de ces spécifications ne concerne la position ou l'orientation !
Donc, la notion de référence n'existe pas

- Rectitude ...

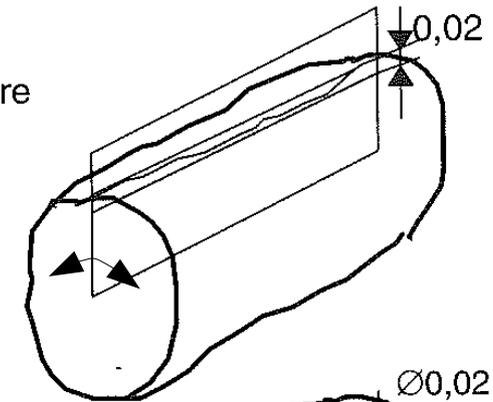
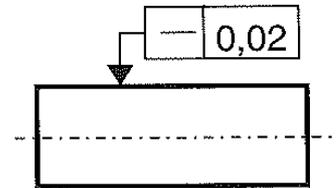
Chaque ligne de la surface obtenue par intersection avec un plan parallèle au plan de projection doit être comprise entre deux droites parallèles distantes de 0.1 mm

Des droites d'un plan

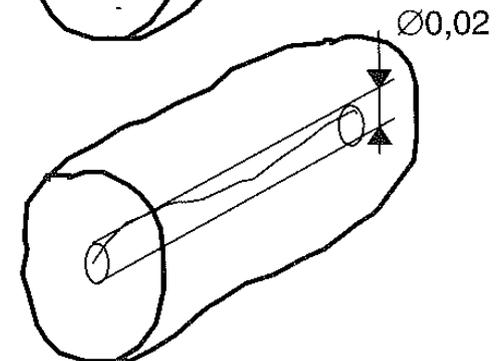
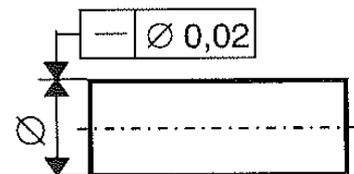


Chaque ligne du cylindre obtenue par intersection avec un plan **passant par l'axe** doit être comprise

Des génératrices d'un cylindre



De l'axe d'un cylindre

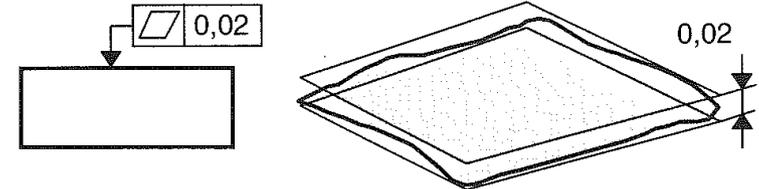


L'axe réel doit être dans une zone de diamètre spécifié, en tout point.
Le solide de révolution peut en fait avoir un diamètre variable (si rien ne spécifie la valeur)!

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Planéité

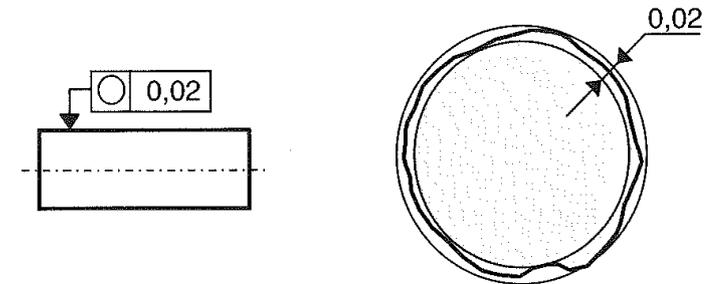
La surface réelle doit être comprise entre deux plans distants de 0.02 mm



- Circularité

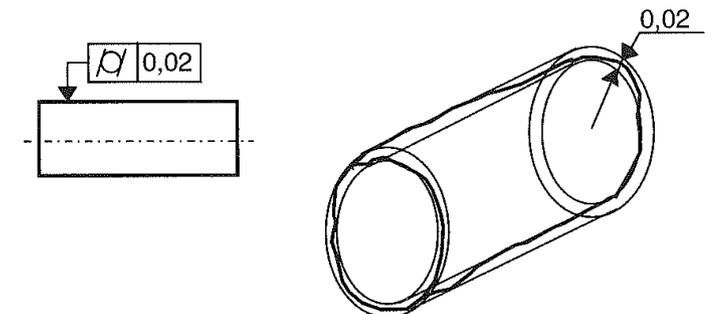
La surface réelle doit être comprise entre deux cercles concentriques dont la différence de rayon est de 0.02 mm

Attention, cela est vérifié indépendamment pour chaque section !



- Cylindricité

La surface réelle doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont la différence de rayon est 0.02 mm. Il s'agit de la version « globale » de la circularité.

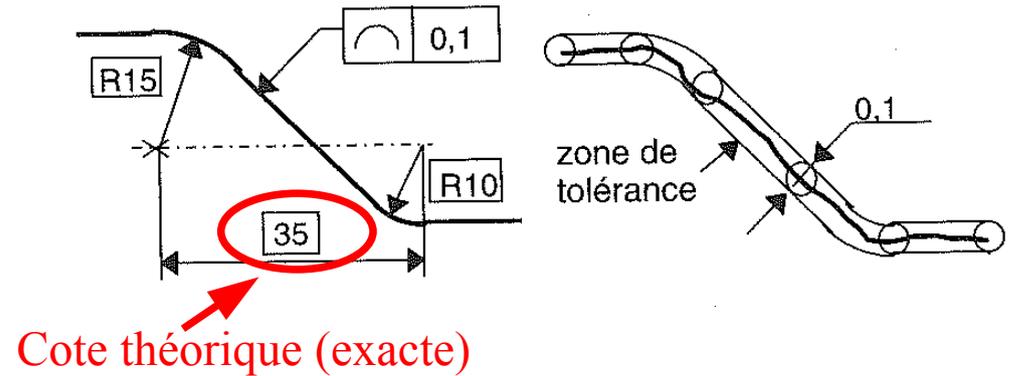


Tolérancement & cotation fonctionnelle

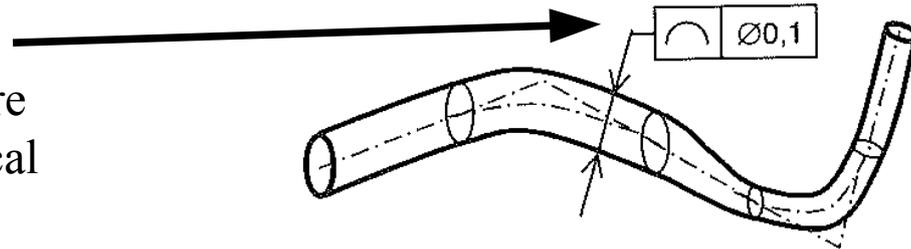
- Forme d'un profil quelconque (mais défini)

La zone de tolérance est définie par le balayage d'un cercle de diamètre 0.1 le long du profil nominal

Attention, cela est vérifié indépendamment pour chaque section !

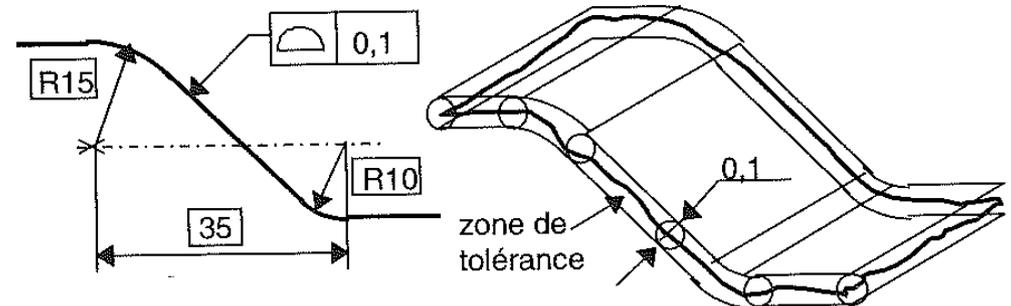


Avec la notation \varnothing , cela implique un axe (centre de section), celui ci doit être compris dans une zone de diamètre local 0.1 mm



- Forme d'une surface quelconque

La zone de tolérance est définie par le balayage d'une sphère de diamètre 0.1 mm sur toute la surface...



Tolérancement & cotation fonctionnelle

6) Spécifications d'orientation

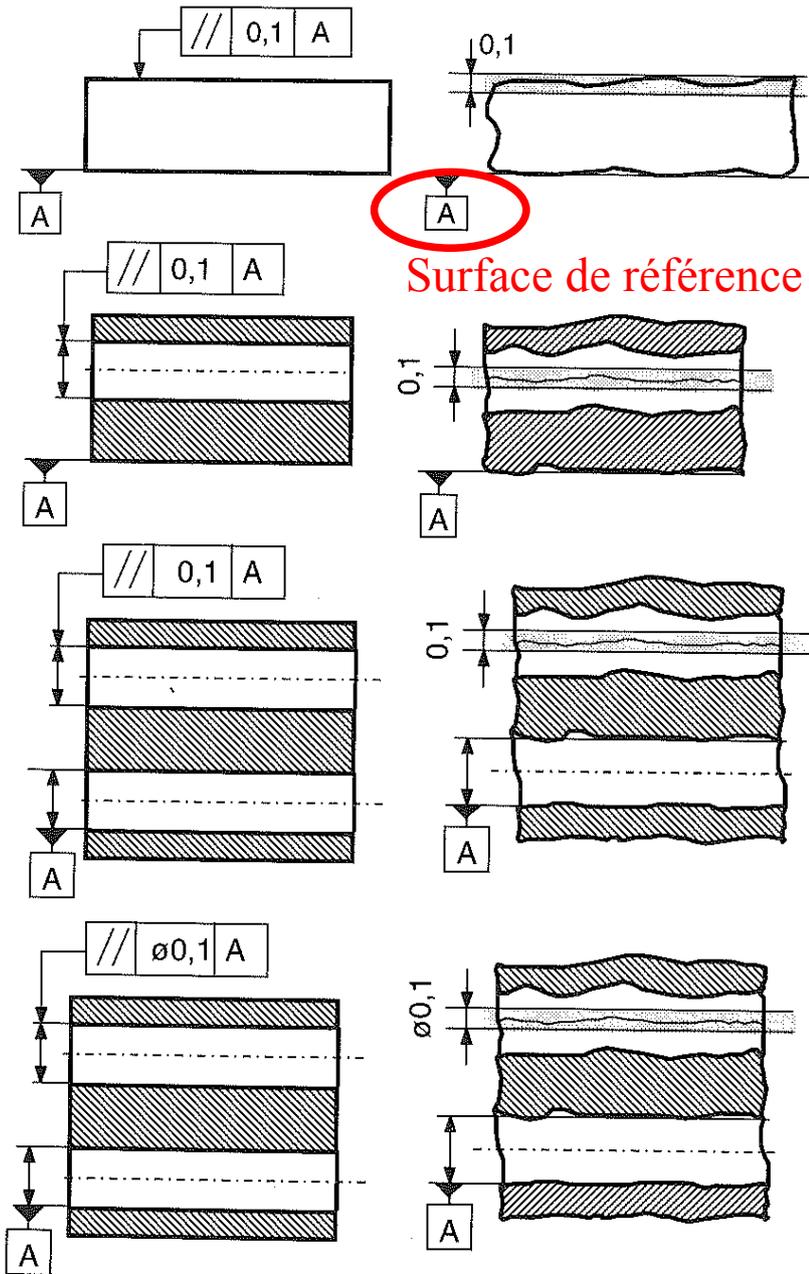
- Parallélisme

La surface réelle doit être comprise entre deux plans parallèles au plan de **référence**, séparés de 0.1 mm

L'axe réel du cylindre ... (idem)

L'axe réel du cylindre doit être compris entre deux plans // et distants de 0.1 mm et // à l'axe de référence, et perpendiculaire à la vue

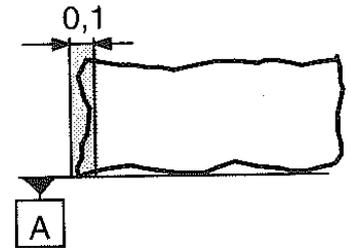
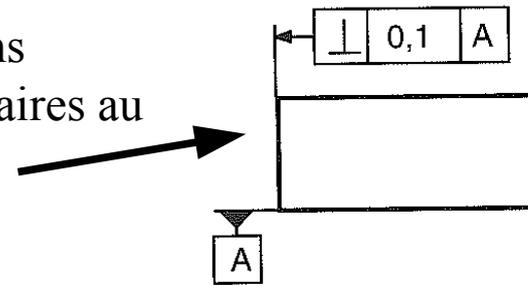
Notation avec \varnothing : l'axe réel du cylindre doit être compris dans un cylindre de diamètre 0.1 mm et parallèle à l'axe du cylindre de référence



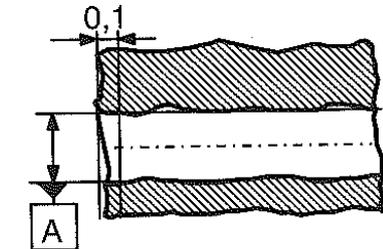
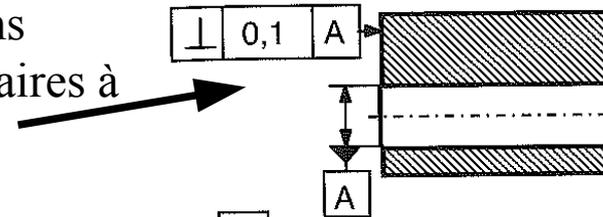
Tolérancement & cotation fonctionnelle

■ Perpendicularité

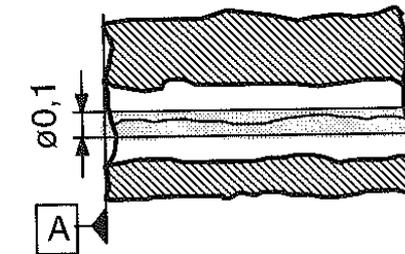
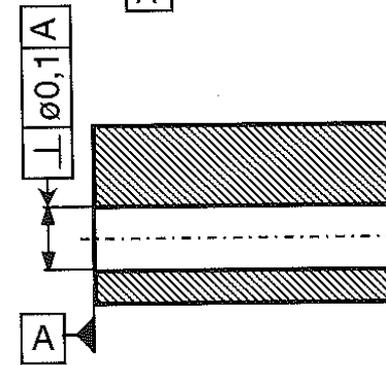
Le plan réel doit être compris entre deux plans parallèles, séparés de 0.1 mm, et perpendiculaires au plan de référence



Le plan réel doit être compris entre deux plans parallèles, séparés de 0.1 mm, et perpendiculaires à l'axe du cylindre de référence.

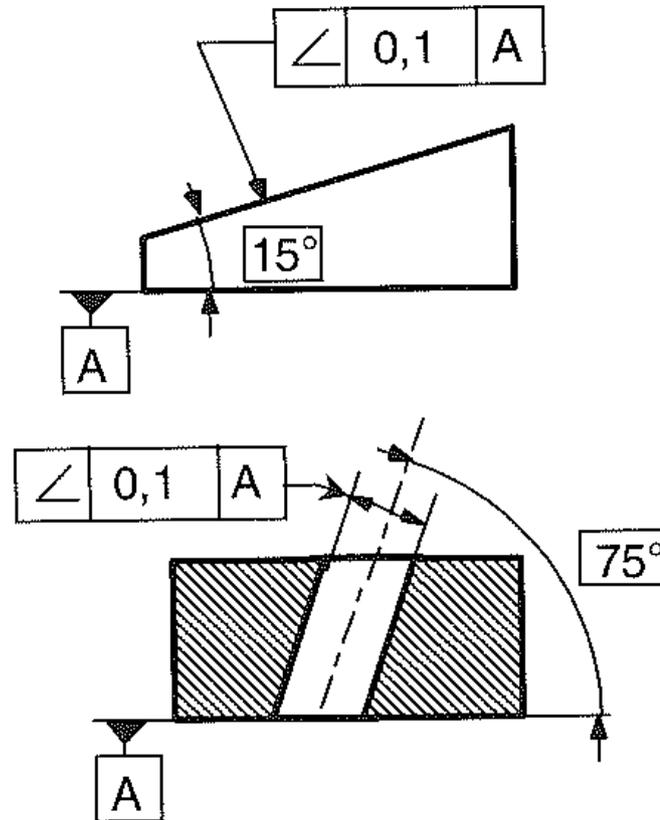


Notation avec \varnothing : l'axe réel du cylindre doit être compris dans un cylindre de diamètre 0.1 mm et perpendiculaire au plan de référence...



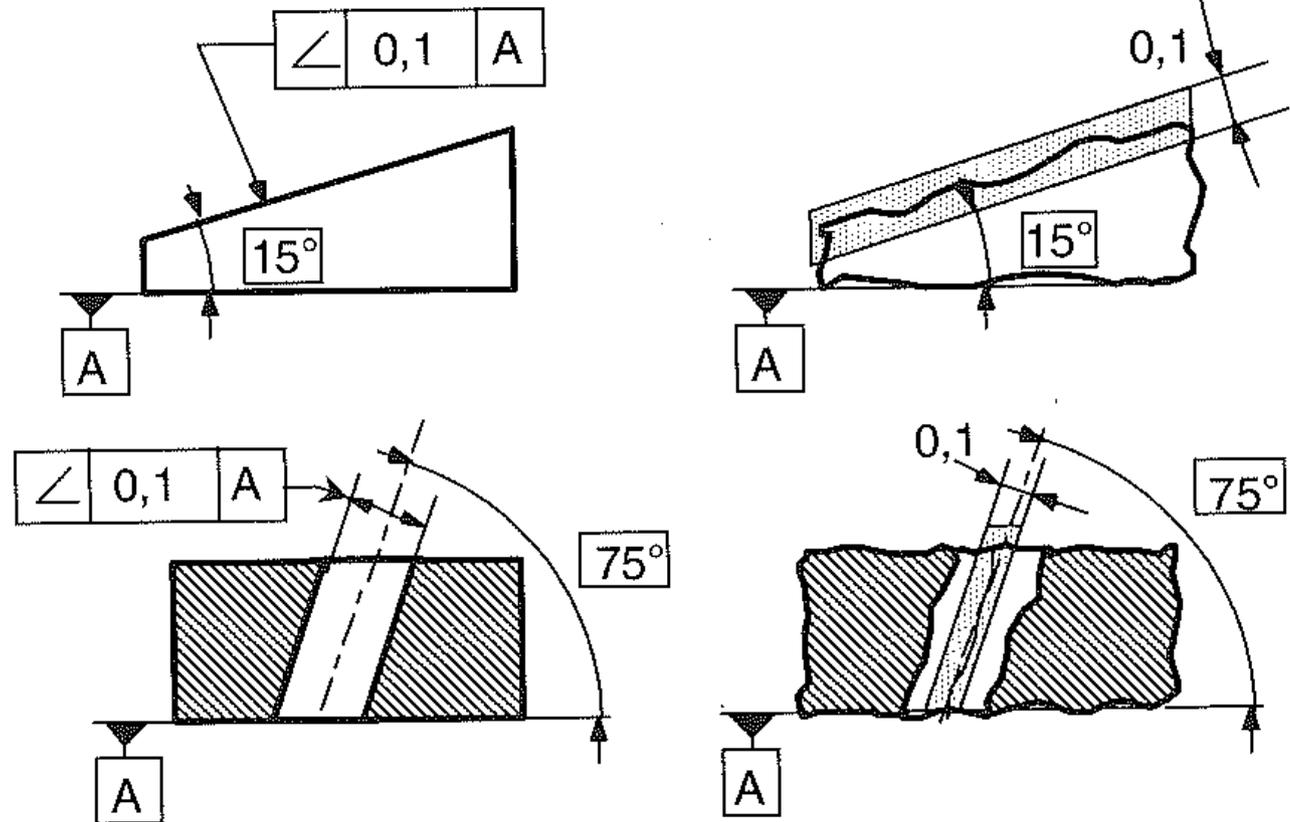
Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Inclinaison
... à vous de jouer !



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Inclinaison
... à vous de jouer !



Tolérancement & cotation fonctionnelle

7) Spécifications de position

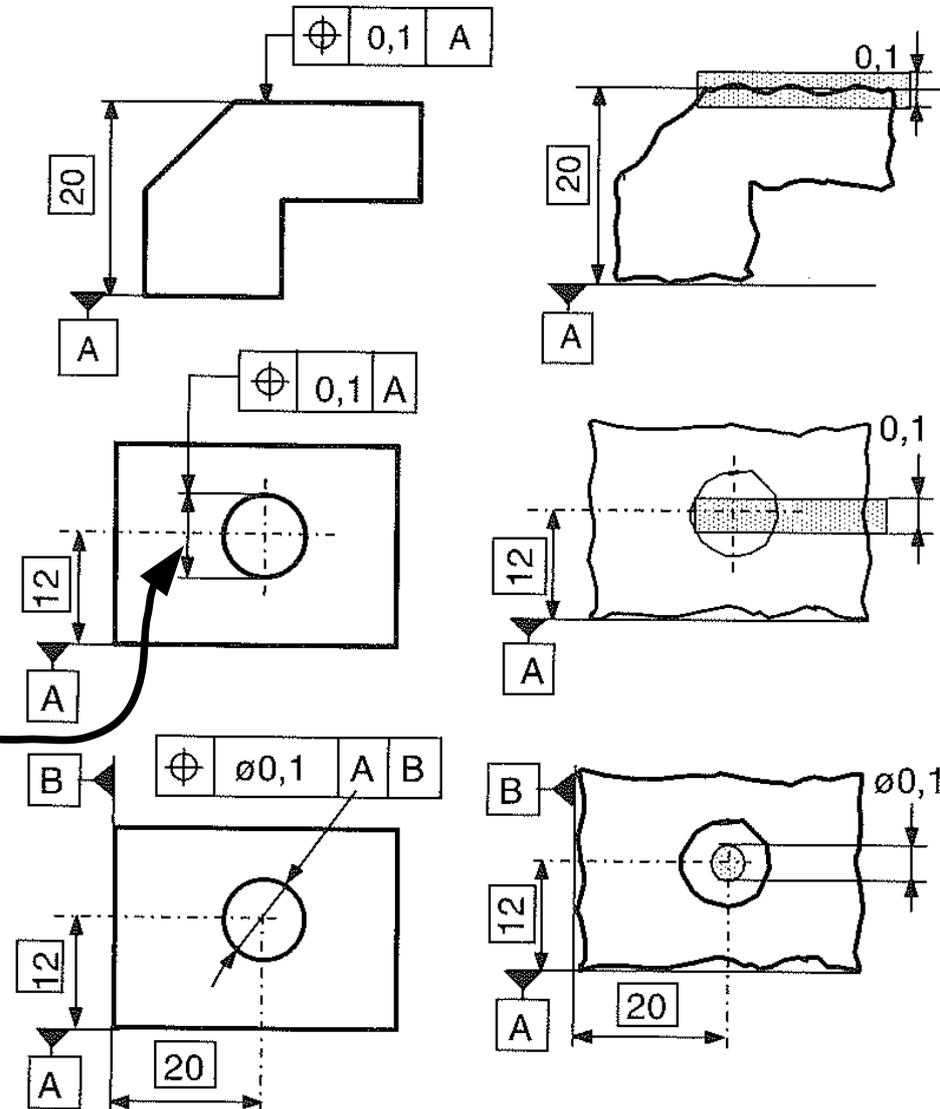
- Localisation

Le plan nominal est situé à 20 mm de la référence.
La zone de tolérance est comprise entre deux plans distants de 0.1 mm symétriques par rapport au plan nominal

L'axe nominal est situé à 12 mm de la référence.
La zone de tolérance est délimitée par deux plans distants de 0.1mm, symétriques par rapport à l'axe nominal et **perpendiculaires à la flèche.**

Notation avec \varnothing : l'axe nominal est situé à 12 et 20 mm des plans de référence, et perpendiculaire au dessin.

La zone de tolérance pour l'axe réel est un cylindre de diamètre 0.1 mm, perpendiculaire au dessin.

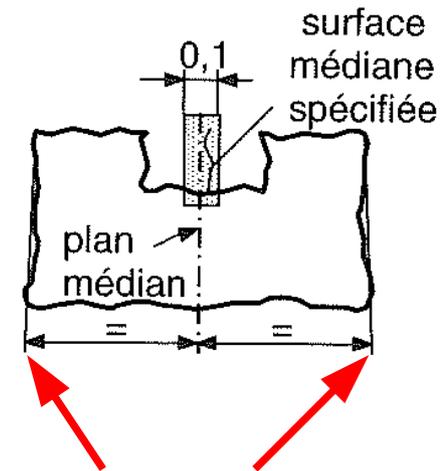
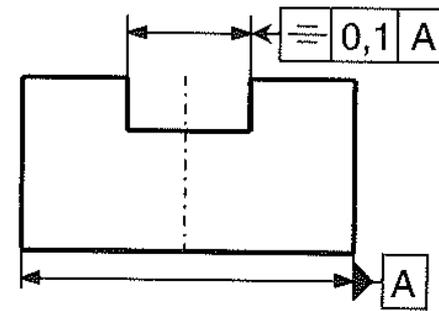


Tolérancement & cotation fonctionnelle

■ Symétrie

Le plan médian nominal est confondu avec le plan médian de référence (plan bissecteur des deux plans minimax des faces latérales)

La zone de tolérance est comprise entre deux plans distants de 0.1 mm symétriques par rapport au plan nominal

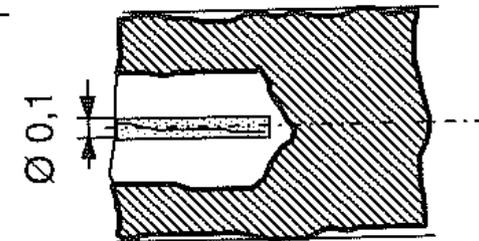
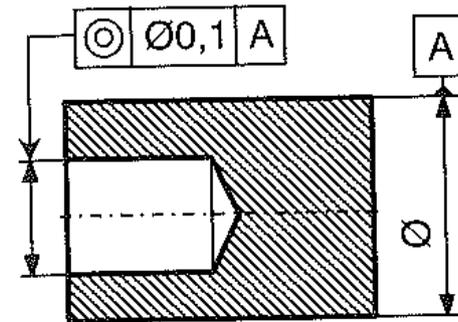


Pas exactement parallèles !

■ Coaxialité / Concentricité

L'axe nominal est confondu avec l'axe de référence (qui est l'axe du plus petit cylindre parfait contenant la surface cylindrique A)

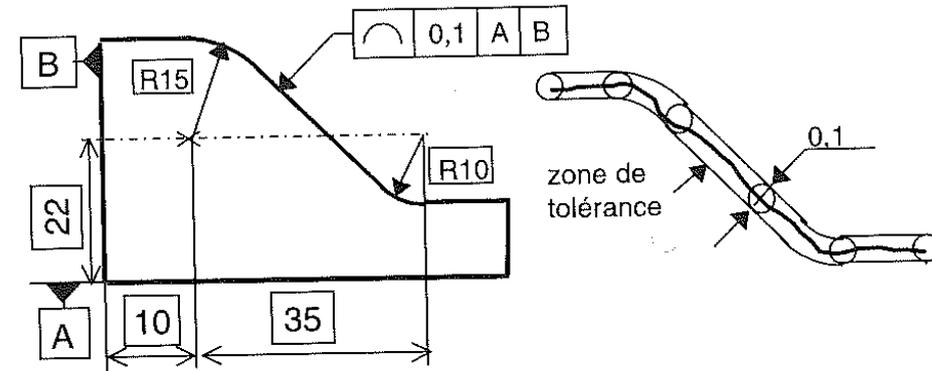
La zone de tolérance est un cylindre de diamètre 0.1 mm centré sur l'axe nominal.



Tolérancement & cotation fonctionnelle

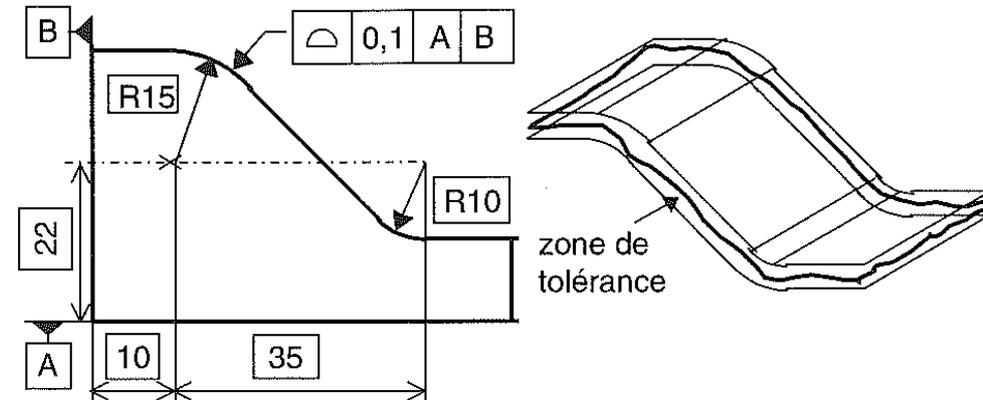
- Position d'un profil quelconque

La zone de tolérance est définie par un cercle de diamètre 0.1 mm se déplaçant tout le long du profil nominal.



- Position d'une surface quelconque

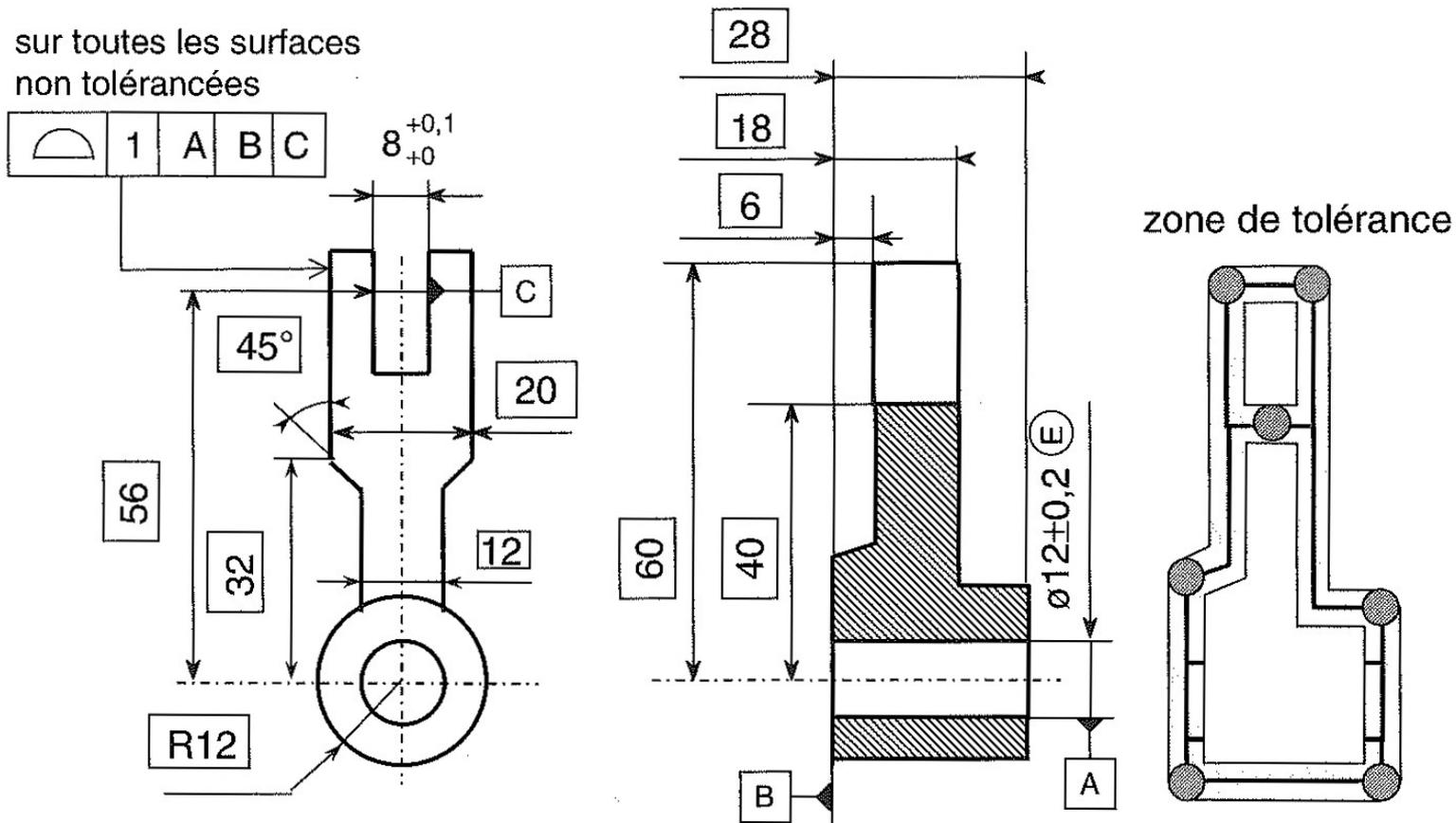
La zone de tolérance est définie par une sphère de diamètre 0.1 mm se déplaçant sur toute la surface nominale.



Cette notation est souvent utilisée pour spécifier des tolérances générales
 → cf slide suivant

Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Indication des tolérances générales



Tolérancement & cotation fonctionnelle

8) Spécifications de battement

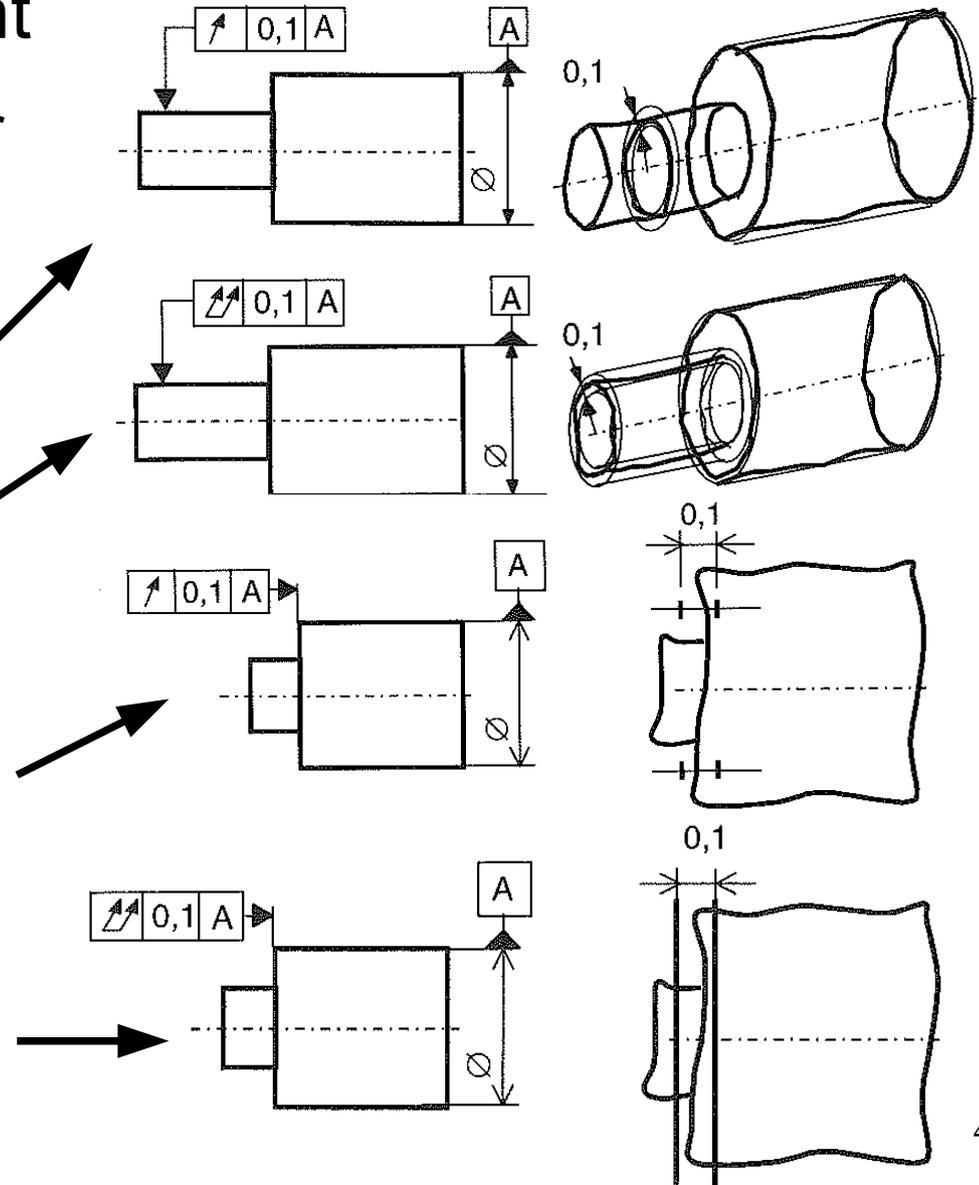
- En principe, seulement pour les pièces en rotation

Dans chaque section du cylindre tolérancé, la zone de tolérance est définie par deux cercles concentriques à l'axe de référence dont la différence de rayon est de 0.1 mm

(version « globale » : zone définie par deux cylindres)

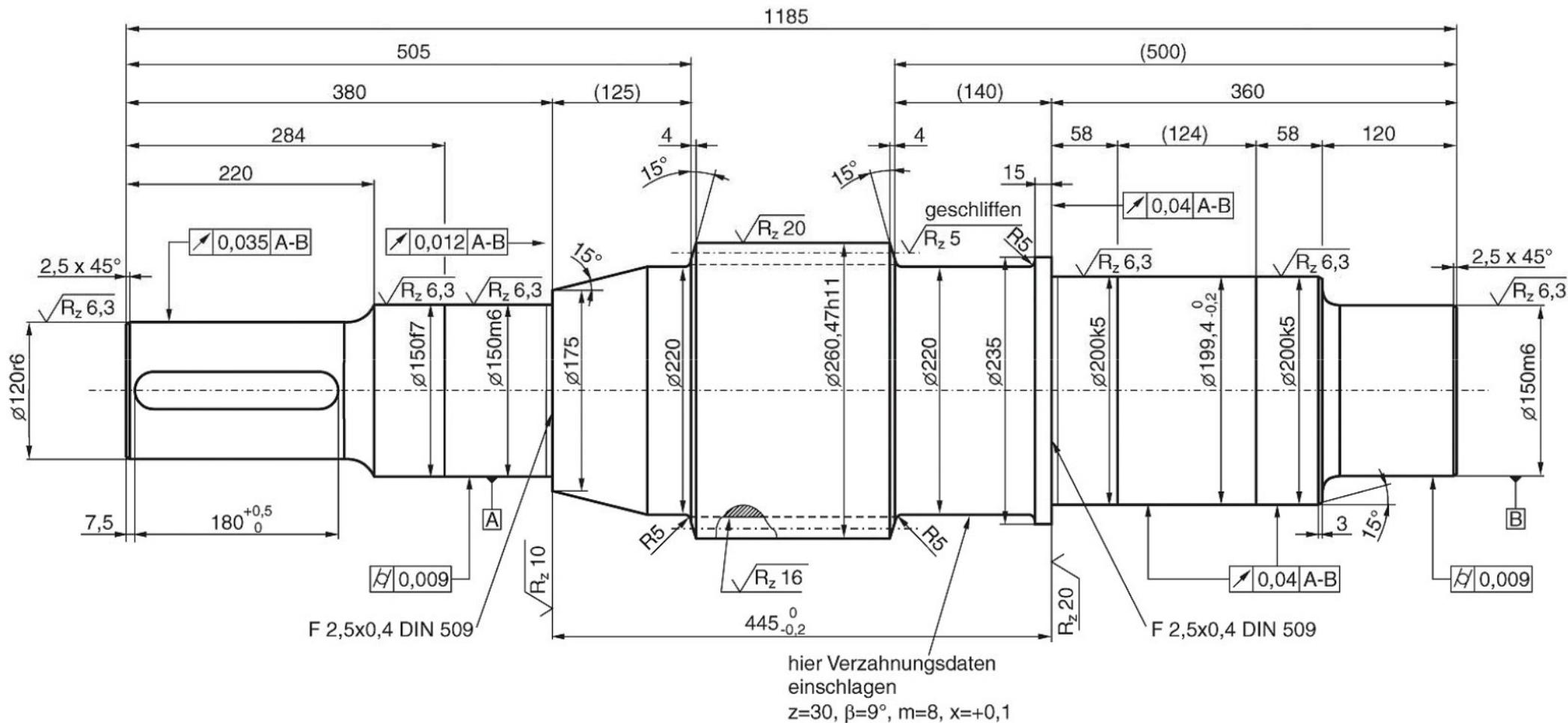
Pour chaque position radiale, la zone de tolérance est définie par deux cercles de même diamètre mais décalés axialement de 0.1 mm.

la zone de tolérance est définie par deux plans perpendiculaires à l'axe de référence décalés axialement de 0.1 mm



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Exemple de dessin tolérancé

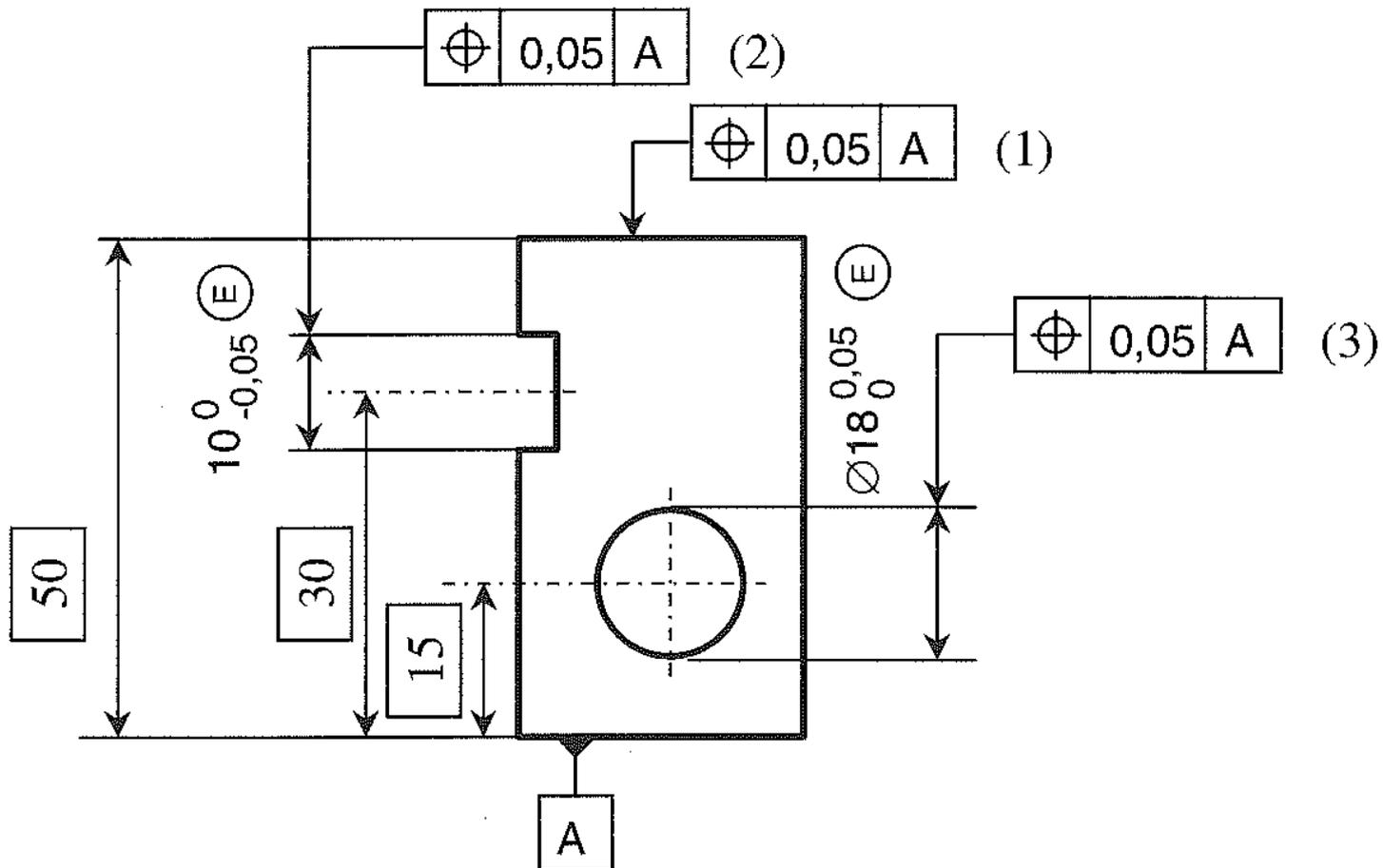


Tolérancement & cotation fonctionnelle

9) Exercices

Tolérancement & cotation fonctionnelle

Définir la signification des spécifications (1) à (3).



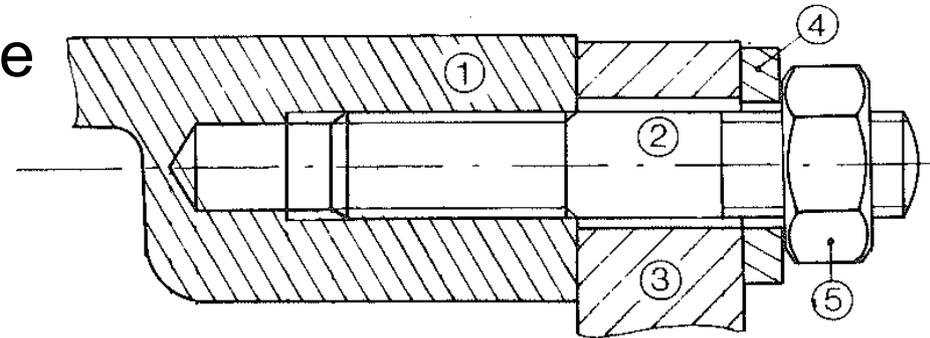
Tolérancement & cotation fonctionnelle

10) Calcul de tolérances, chaîne de cotes

- Exemple : Assemblage d'un cylindre sur une culasse

1- Faire le dessin d'assemblage

2- Recenser les conditions fonctionnelles



Tolérancement & cotation fonctionnelle

10) Calcul de tolérances, chaîne de cotes

- Exemple : Assemblage d'un cylindre sur une culasse

1- Faire le dessin d'assemblage

2- Recenser les conditions fonctionnelles

Condition d'épaisseur de matière

a

Condition de fabrication impérative (long. taraud)

Condition d'assemblage (vissage à fond du goujon)

b

Condition de résistance du filet (nb de tours...)

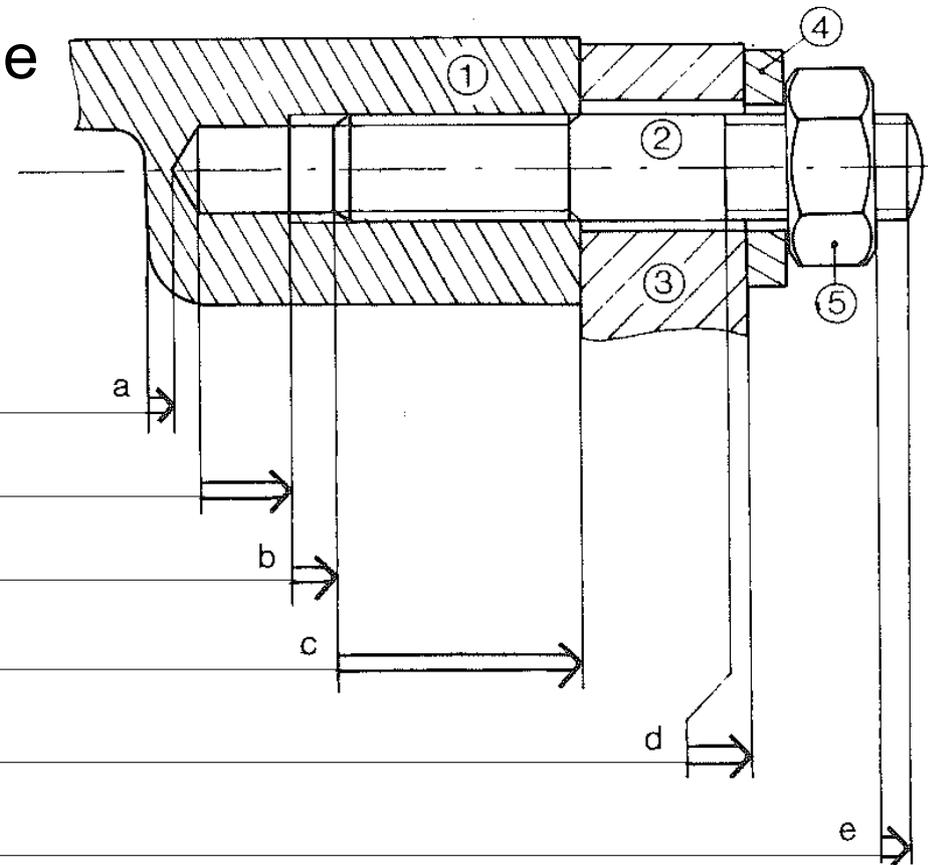
c

Condition de serrage (avec défaut éventuel de rondelle)

d

Condition de montage (prise de l'ensemble de l'écrou)

e



Tolérancement & cotation fonctionnelle

10) Calcul de tolérances, chaîne de cotes

- Exemple : Assemblage d'un cylindre sur une culasse

1- Faire le dessin d'assemblage

2- Recenser les conditions fonctionnelles

Condition d'épaisseur de matière

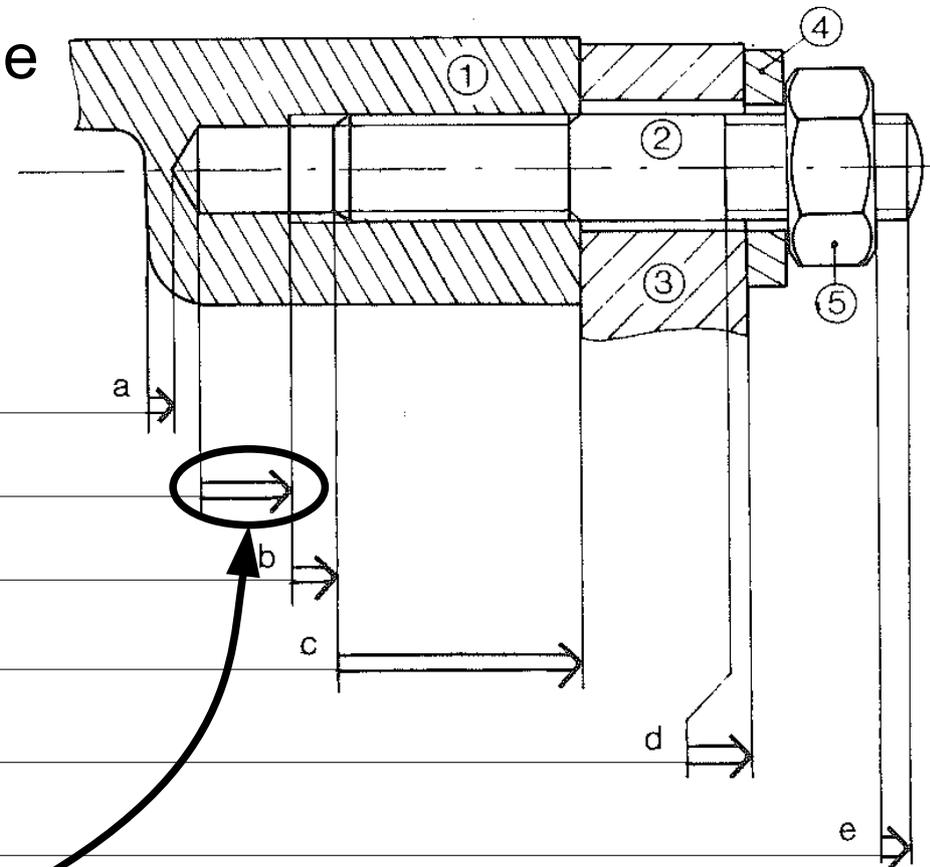
Condition de fabrication impérative (long. taraud)

Condition d'assemblage (vissage à fond du goujon)

Condition de résistance du filet (nb de tours...)

Condition de serrage (avec défaut éventuel de rondelle)

Condition de montage (prise de l'ensemble de l'écrou)

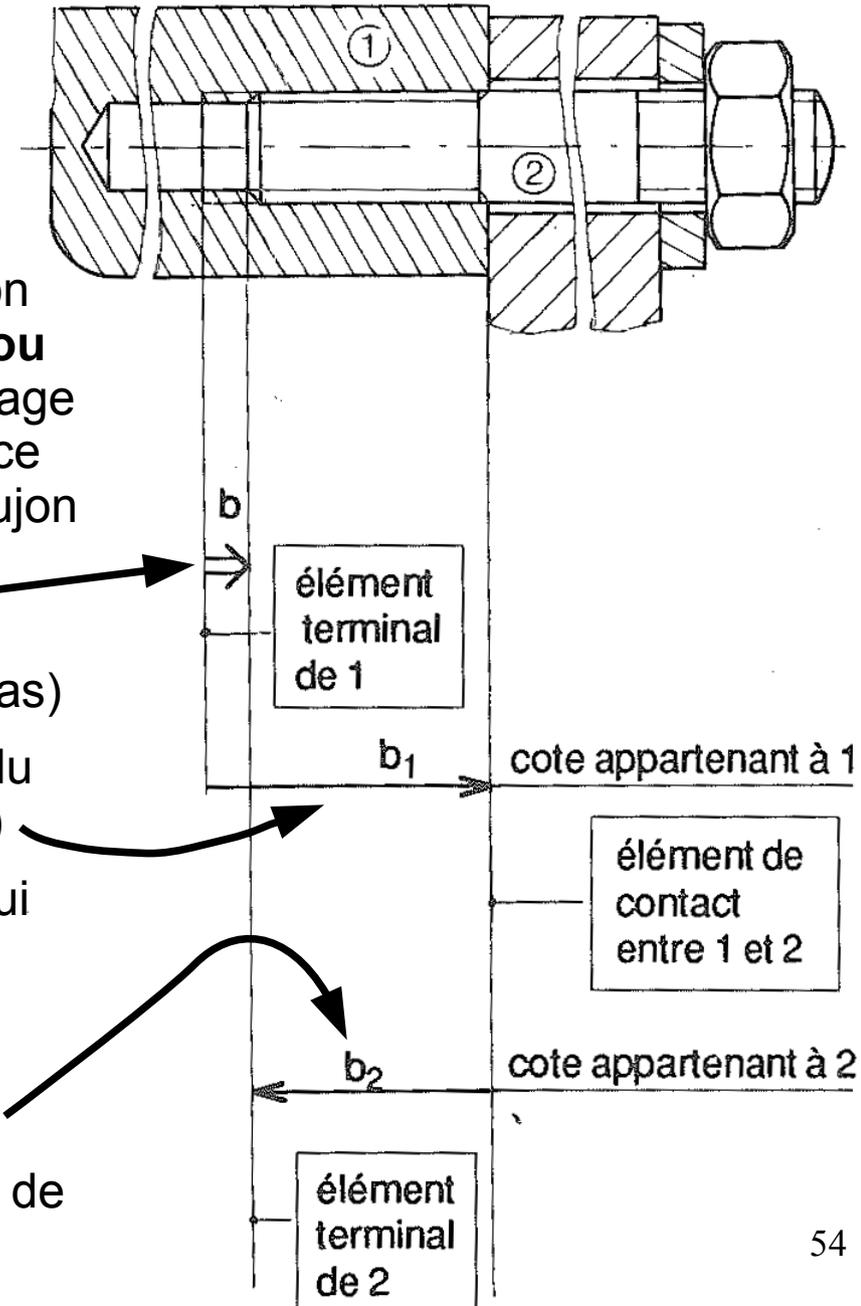


Cette condition fonctionnelle ne concerne qu'une pièce !

Tolérancement & cotation fonctionnelle

3- Tracer les chaînes de cotes

- Isoler une fonction à satisfaire (b)
- Traduire la fonction par une cote condition entre deux éléments d'une même pièce **ou** de deux pièces (ici : la possibilité de serrage à fond de filet est traduite par une distance minimale de zéro entre l'extrémité du goujon et la fin du taraudage)
- Installer le vecteur condition, conventionnellement tjrs vers la droite (bas)
- Tracer les composantes : partir du pied du vecteur condition (élément terminal de 1)
- Rejoindre la surface de la même pièce qui est un élément de contact avec la pièce suivante participant directement à la fonction
- De la surface commune, rejoindre une surface de 2 qui soit élément terminal ou de contact avec une autre pièce... etc..



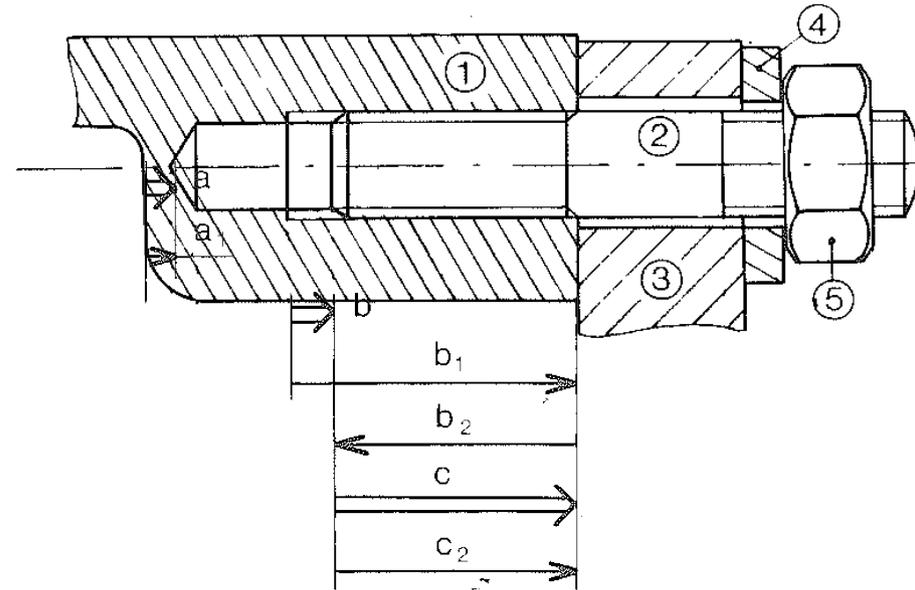
Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Règles de construction des chaînes de cotes :
 - Une composante ne doit appartenir qu'à une seule pièce, sinon elle devient elle même une condition...
 - Une condition peut devenir une composante, à condition de respecter la compatibilité (ici b_2 : condition d'implantation déterminée par la condition de longueur du filet, à déterminer par un calcul de résistance)
 - Une seule cote par pièce
 - Pour une pièce isolée, cote condition et cote fonctionnelle sont en général confondues (donc la condition est inscrite directement sur le dessin)

Tolérancement & cotation fonctionnelle

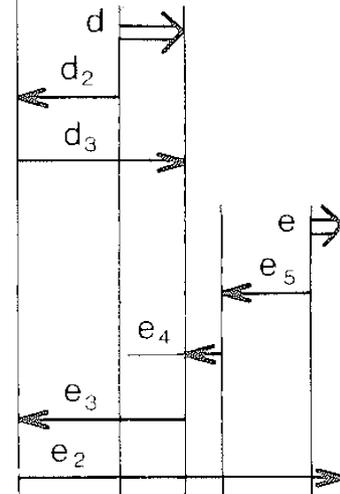
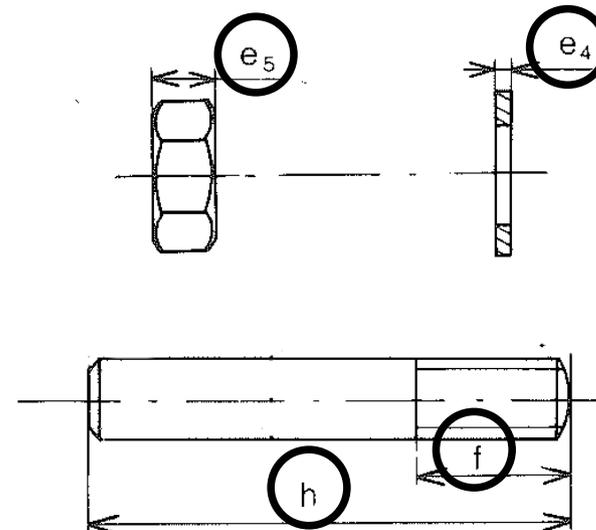
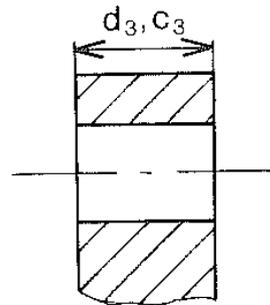
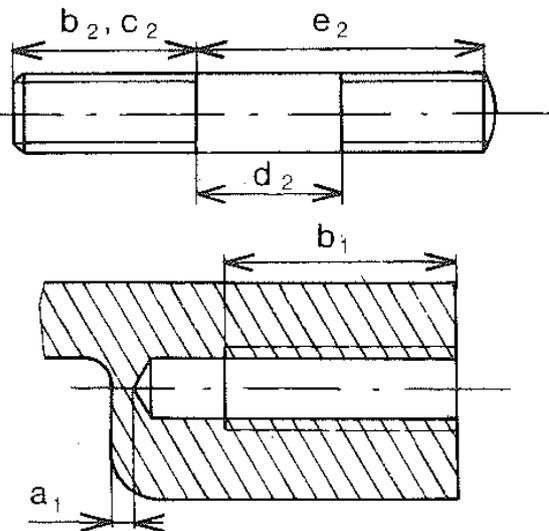
3- Tracer les chaînes de cotes

- Pour l'ensemble des cotes !
- Déterminer toutes les composantes connues



Dessins d'étude fonctionnels
Dimensions à calculer

Éléments standards sur catalogue
Valeurs fixées (ou en tout cas discrètes)



Tolérancement & cotation fonctionnelle

- Calcul et résolution de la chaîne de cotes, condition par condition

La relation générale est vectorielle, ici $\vec{b} = \vec{b}_1 + \vec{b}_2$

- Min/max : donné directement par le **sens** des composantes

$$b^{min} = b_1^{min} - b_2^{max} \quad (\text{exemple en supposant } b_2^{max} \text{ connu})$$

$$0 = b_1^{min} - 13$$

$$b_1^{min} = 13$$

NB : le calcul de b_1^{max} suppose probablement une chaîne de cotes différente !

- Répartir les tolérances : elles s'additionnent toujours !

$$IT(b) = IT(b_1) + IT(b_2)$$

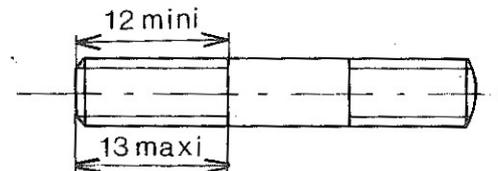
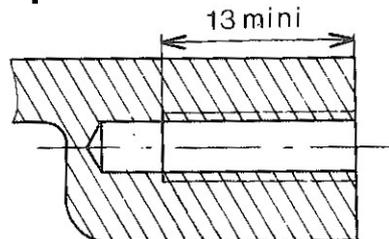
$$3 = IT(b_1) + 1$$

$$IT(b_1) = 2$$

$$b_1 = 13^{+2}_0 \quad (\text{En fait, on ne connaît pas encore } b_1^{max})$$

- Enfin, reporter les cotes ainsi calculées sur le dessin...

Par définition, connu (ou calculé !)



Tolérancement & cotation fonctionnelle

Exercice : faire la même démarche de résolution de chaîne de cotes pour la fonction (e)...