

Décodage des spécifications géométriques

⊙ $\phi 0.05$ A B

$\perp$ $\phi 0.1$ A

ϕ 0.07 CZ

// 0.12 A C B-B

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Généralités

Dans le tolérancement par zone (ou géométrique), une **Zone de Tolérance** idéale est définie (sphère, cylindre, cercle, espace compris entre deux plans/entre deux cercles/entre deux droites, dans une zone définie par un ensemble de sphères...) dans laquelle l'élément dont on veut spécifier le défaut (l'**élément tolérancé**) doit se trouver.

Ordre de grandeur
des Zones de
Tolérances ?



Définition	Contraintes sur la ZT	Type de contraintes
Forme	La Zone de Tolérance est libre	
Orientation	La Zone de Tolérance est contrainte en orientation	Implicite (parallélisme, perpendicularité ou clairement définie par des TED)
Position	La Zone de Tolérance est contrainte en position	Implicite (coaxialité... ou définie par des TED)

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Généralités – Evolution des normes

Depuis 2004 le comité ISO/TC 213 **cherche à éliminer la notion de Zone de Tolérance** car cette notion n'exprime pas directement le besoin fonctionnel : répondre à deux conditions : **Jmin / Jmax**.

La Zone de Tolérance est un artefact de la condition exprimant que :

Une spécification est une **condition uni-limite**
appliquée à une **caractéristique**
(NF X 50-103 - 2020)

En 2017, la norme ISO 1101 énonce les nouvelles règles mais garde encore la notion de Zones de Tolérances.
Cette notion disparaîtra dans les prochaines évolutions des normes.

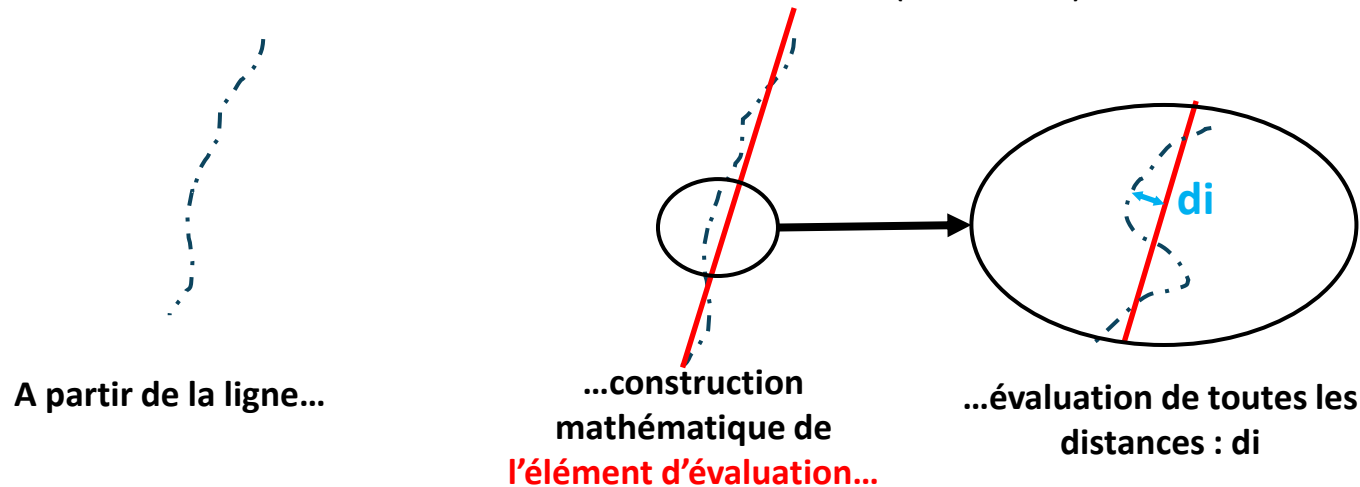
Les normes ISO 25378 (2011), 17450-3 et 17450-4 permettent
d'appréhender la notion de caractéristique.
Voir suite du document

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Généralités – Evolution des normes

Un élément idéal appelé “**ELEMENT d’EVALUATION**” est associé à l’élément tolérancé.
L’élément d’évaluation pourra être libre (spécification de forme) ou contraint (orientation / position).

Il faudra vérifier une condition de distance (uni-limite) entre l’élément tolérancé et l’élément d’évaluation



La **caractéristique** est la distance d_i : point-droite

Une condition “**unilimite**” devra être validée :
 $d_{iMAX} \leq IT/2$



La norme ISO1101 stipule que l’**association se fera par une fonction objectif mathématique.**

Par défaut, la fonction objectif est de minimiser la distance maximale :

fonction objectif minimax (Tchebychev) sans contrainte (voir ISO 4351 (2023))

Si la fonction objectif n’est pas le minimax, cela peut être stipulé pour tout le plan au dessus du cartouche :
“ISO 1101 TF:G” pour imposer le critère des moindres carrés par exemple. La fonction objectif peut aussi être modifiée pour une spécification particulière (voir 8.2.2.3.1 de la norme 1101)

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Généralités

Symbole des caractéristiques géométriques

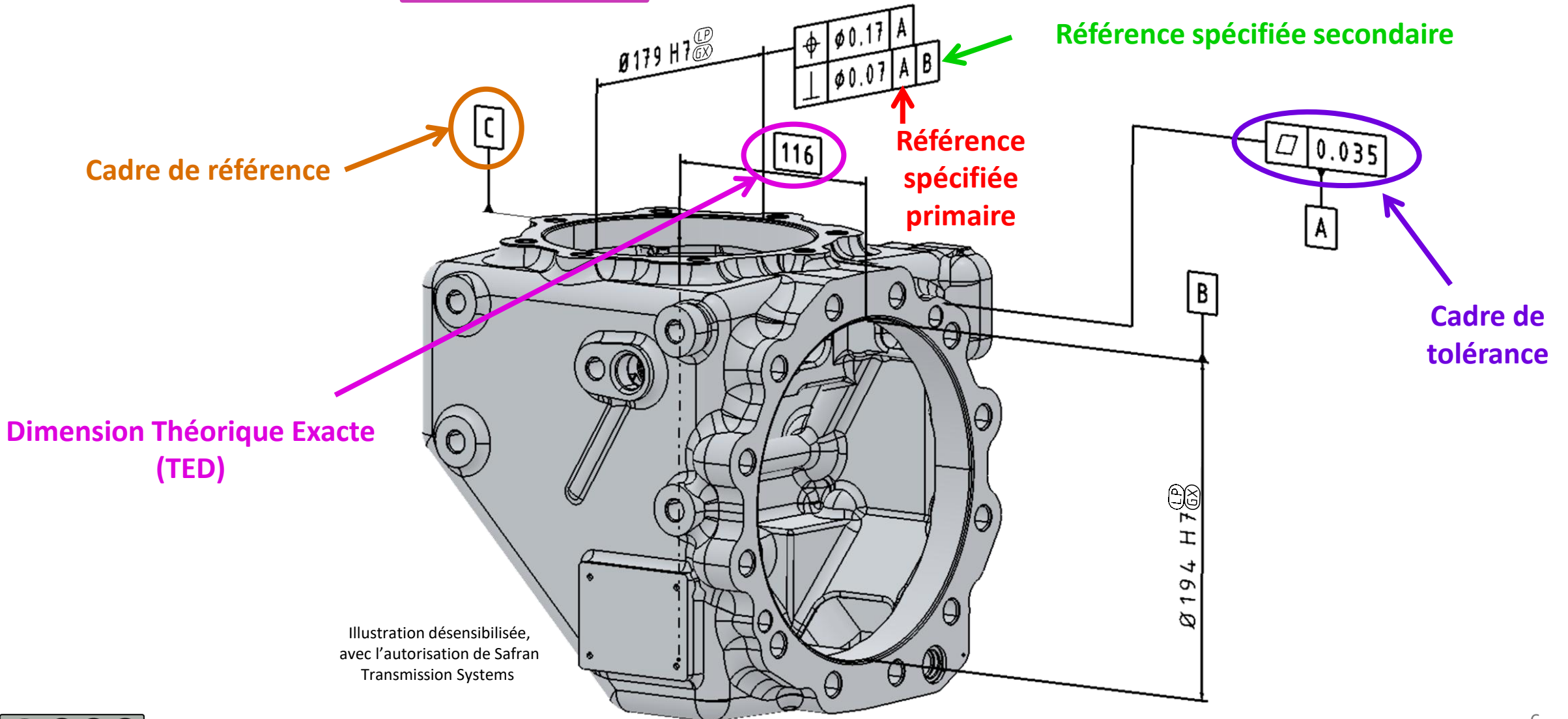
Extrait de la norme 1101

Spécification	Caractéristiques	Symbole	Référence spécifiée nécessaire
Forme	Rectitude	—	non
	Planéité	▭	non
	Circularité	○	non
	Cylindricité	⌀	non
	Profil d'une ligne	⌒ ^a	non
	Profil d'une surface	⌒ ^a	non
Orientation	Parallélisme	//	oui
	Perpendicularité	⊥	oui
	Inclinaison	∠	oui
	Profil d'une ligne	⌒ ^a	oui
	Profil d'une surface	⌒ ^a	oui
Position	Localisation	⊕	non
			oui
	Concentricité (pour des centres)	◎	oui
	Coaxialité (pour des lignes médianes)	◎	oui
	Symétrie	≡	oui
	Profil d'une ligne	⌒ ^a	oui
	Profil d'une surface	⌒ ^a	oui
Battement	Battement circulaire	↗	oui
	Battement total	↗↗	oui



SPECIFICATION GEOMETRIQUE

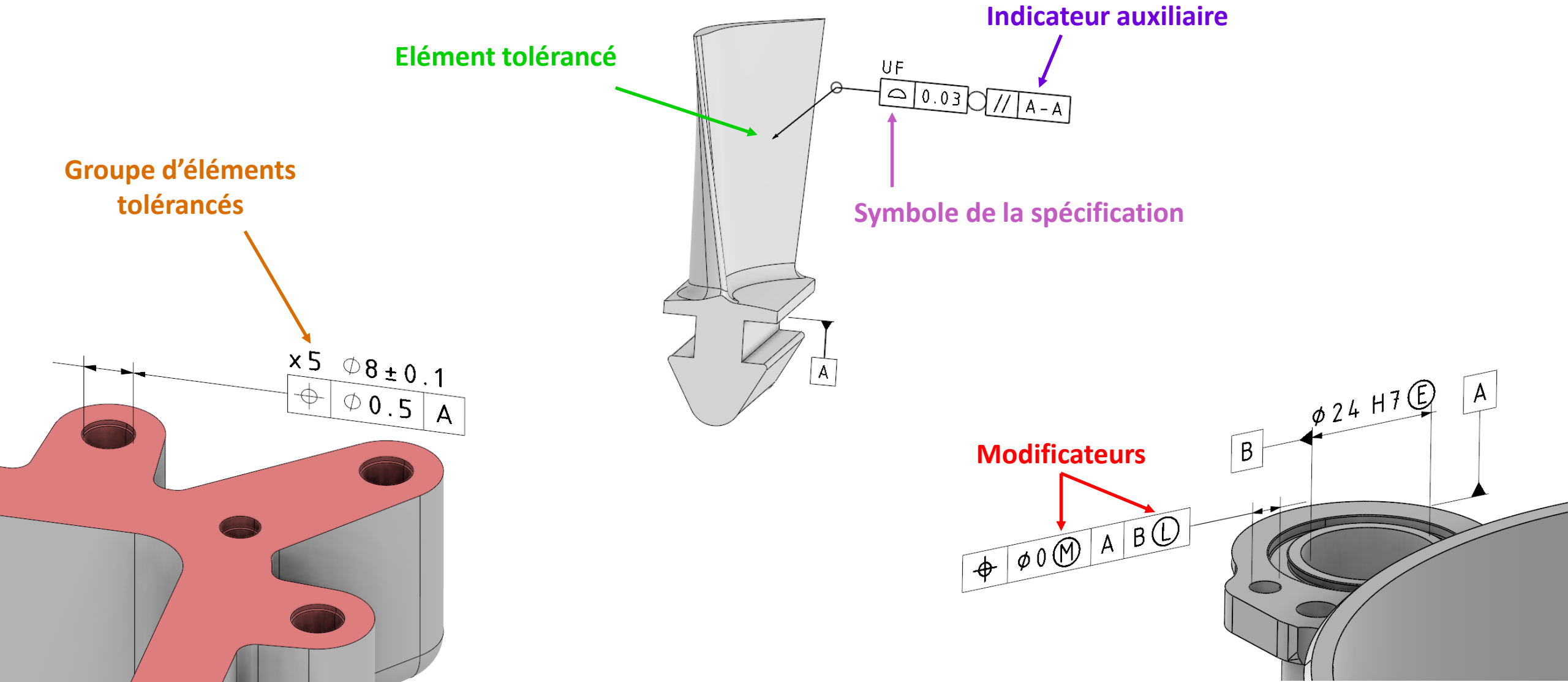
Généralités



Nota : Mise en plan partielle

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Généralités



SPECIFICATION GEOMETRIQUE

L'élément tolérancé

C'est l'élément dont on veut limiter le défaut intrinsèque et/ou l'orientation et/ou la position

Éléments réels (non idéaux) intégraux ou dérivés extraits :

- point (seulement si dérivé)**
- ligne non idéale nominalement rectiligne / circulaire...**
- surface non idéale nominalement plane / cylindrique...**

Élément dérivé...j'espère
que l'on va m'expliquer ce
que cela signifie



SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Élément tolérancé – désignation d'un élément intégral extrait (ISO 1101)

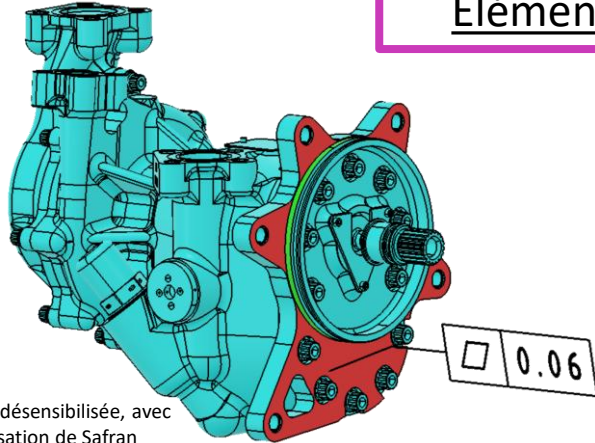


Illustration désensibilisée, avec
l'autorisation de Safran
Transmission Systems



L'élément tolérancé est la surface intégrale extraite c'est une :

Surface NON-IDEALE **nominalement** plane

Nota1 : Par défaut, l'élément tolérancé est
l'élément tout entier : élément intégral

Nota2 : Il est possible de spécifier que l'élément tolérancé est
défini sur une zone restreinte (voir ci-dessous) .
Un élément tolérancé peut être construit par intersection avec
l'élément intégral : une ligne de type génératrice extraite d'une
surface nominalement cylindrique par exemple (voir suite).

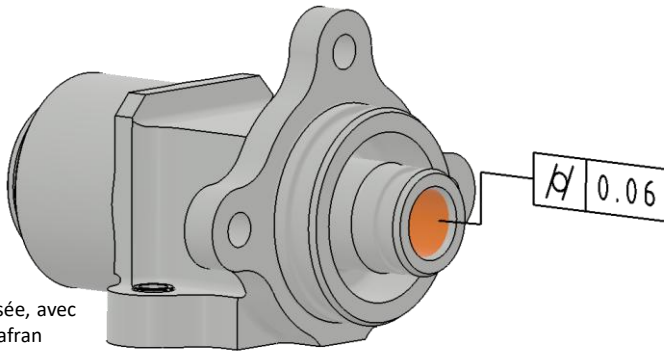
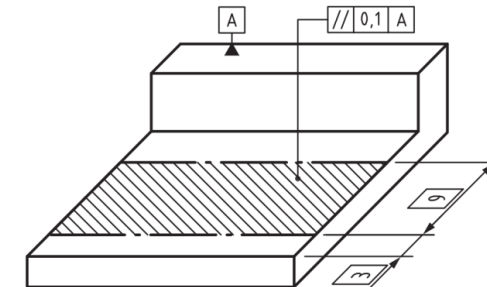


Illustration désensibilisée, avec
l'autorisation de Safran
Transmission Systems



L'élément tolérancé est la surface intégrale extraite c'est une :

Surface NON-IDEALE **nominalement** cylindrique



Exemple de désignation d'une zone restreinte
Extrait de la norme ISO 1101

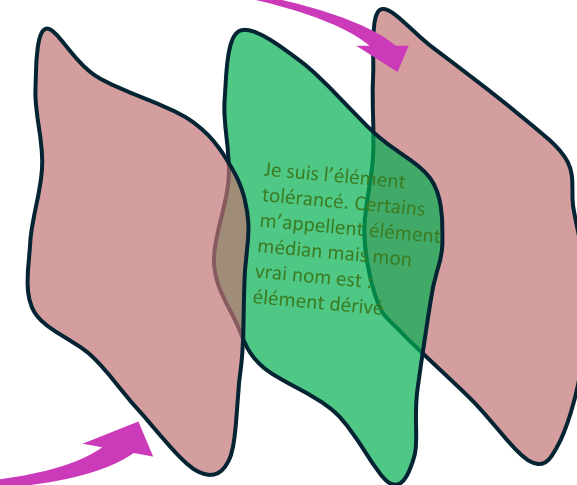
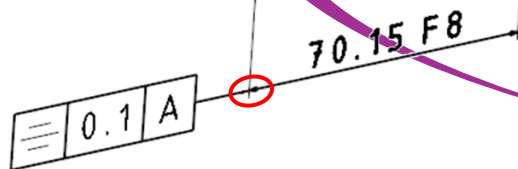
SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Élément tolérancé – **désignation d'un élément dérivé nominalelement plan** (ISO 1101)

Si la flèche issue du cadre de tolérance est dans **le prolongement de la ligne de Taille** définissant la distance entre deux plans parallèles, l'élément tolérancé est la surface médiane extraite.

Élément tolérancé = **Élément dérivé** = surface médiane extraite des deux surfaces planes extraites.

Avec l'autorisation de
Renault



La construction de cet élément dérivé est explicitée dans l'ISO 17450-3 :

L'élément tolérancé est une "collection de points", milieux de paire de points opposés.

Les points opposés sont l'intersection entre les 2 surfaces réelles et une ligne.

La ligne est prise perpendiculairement à un plan idéal : P

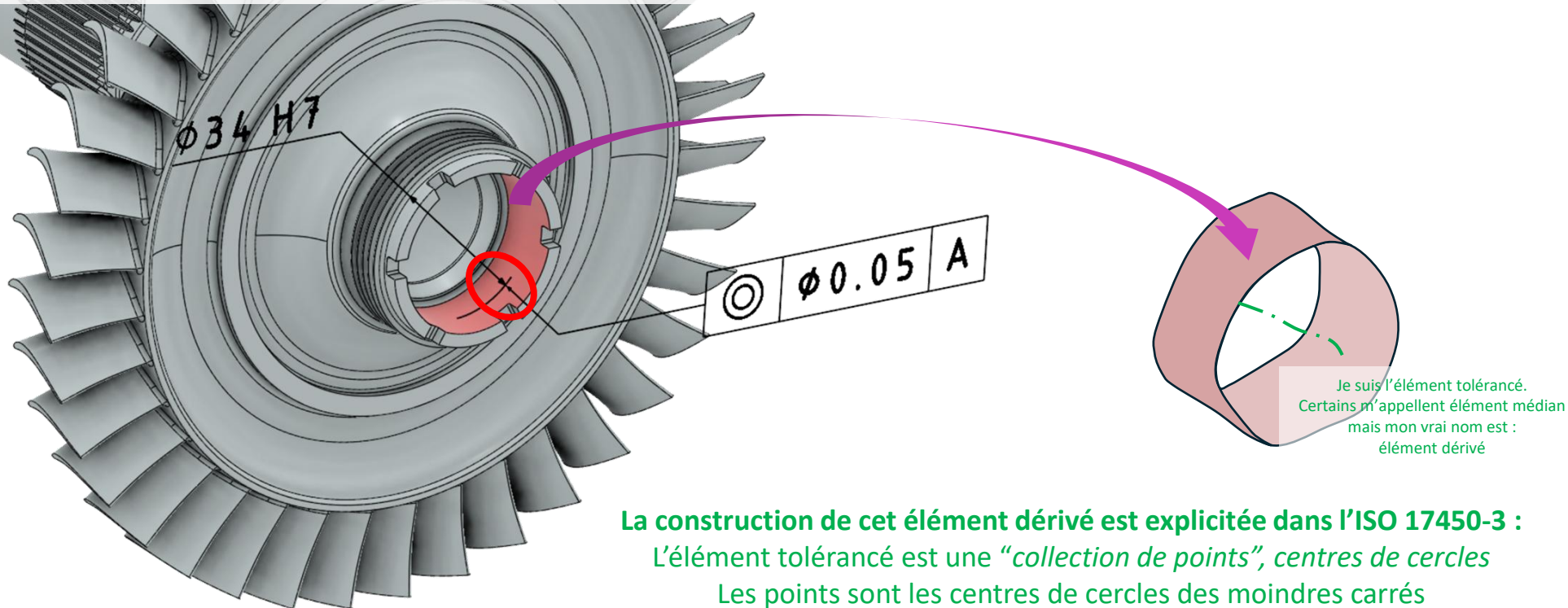
P : plan médian de deux plans idéaux des moindres carrés (non contraints parallèles) associés aux deux surfaces réelles

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Élément tolérancé – désignation d'un élément dérivé nominalement rectiligne (ISO 1101)

Si la flèche issue du cadre de tolérance est dans **le prolongement de la ligne de taille** de diamètre d'un cylindre, l'élément tolérancé est la ligne médiane extraite.

Élément tolérancé = **Élément dérivé** = ligne médiane extraite de la surface non idéale nominalement cylindrique.



Nota : il est aussi possible de construire la ligne extraite dérivée d'une surface nominalement conique (voir ISO17450-3)

La construction de cet élément dérivé est explicitée dans l'ISO 17450-3 :

L'élément tolérancé est une "collection de points", centres de cercles

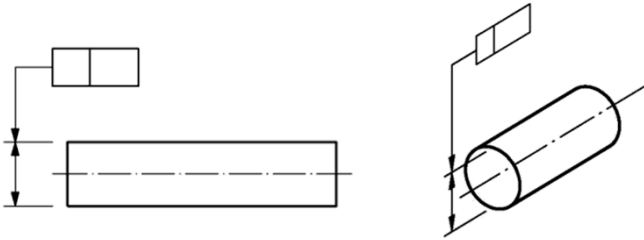
Les points sont les centres de cercles des moindres carrés

Les cercles des moindres carrés sont construits sur des lignes qui résultent de l'intersection de la surface cylindrique et de plans idéaux.

Les plans idéaux sont construits perpendiculairement au cylindre des moindres carrés associé à la surface

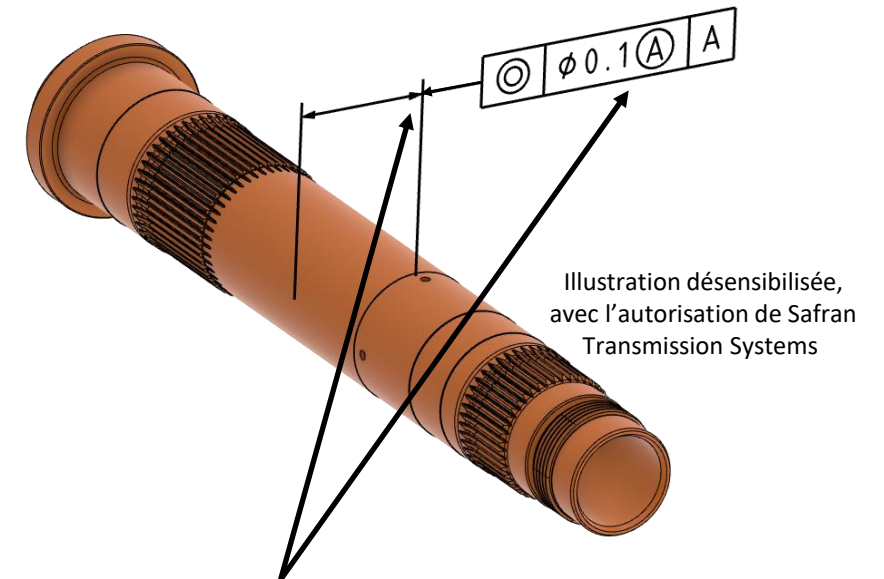
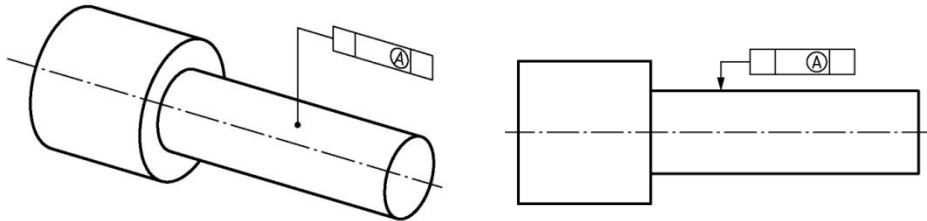
SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Elément tolérancé – **possibilité pour désignation d'un élément dérivé (ISO 1101)**



Extrait de l'ISO 1101

OU / ET



Cette écriture est donc surabondante mais a le mérite d'être claire

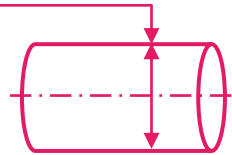
Modificateur A (élément médian) placé à l'extrémité droite de la deuxième case du cadre de tolérance en partant de la gauche.

Dans ce cas, la ligne repère partant d'une des deux extrémités du cadre de tolérance **ne doit pas obligatoirement se terminer** sur la ligne de taille, mais peut se terminer par une flèche sur le contour de l'élément

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Élément tolérancé – construction de l'élément dérivé (ISO 17450-3)

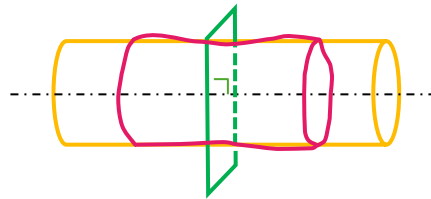
Élément dérivé d'une surface nominalement cylindrique



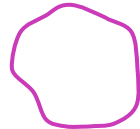
1. Construction du **cylindre** idéal associé à la surface réelle par la "fonction objectif" : moindres carrés



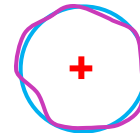
2. Construction de "n" **plans** perpendiculaires à l'axe du **cylindre** associé précédemment



3. Extraction de "n" **lignes** Intersection entre la **surface** et les **plans**



4. Construction de "n" **cercles** idéaux associés aux **lignes** par la fonction objectif : moindres carrés. Extraction des "n" **centres** des cercles

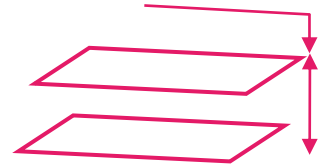


L'élément dérivé sera la collection des "n" centres des cercles

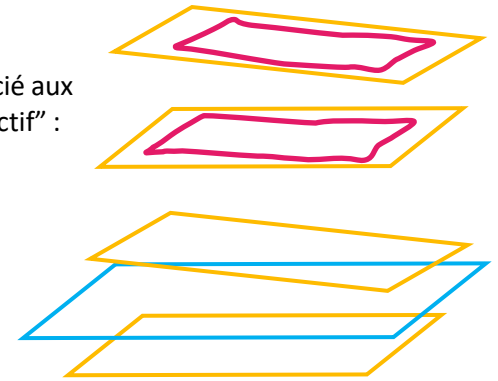


Élément dérivé de deux surfaces non-idéales nominalement parallèles et nominalement planes

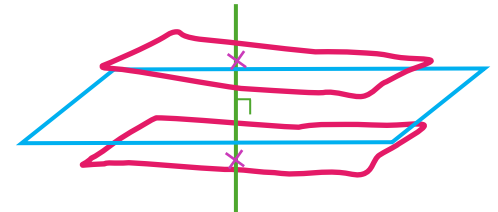
1. Construction de deux **plans** (non contraints à être parallèles) idéal associés aux **deux surfaces réelles** par la "fonction objectif" : moindres carrés



2. Construction du **plan médian** aux **deux plans** associés



3. Construction de "n" **droites** perpendiculaires au **plan médian**



4. Extraction des **deux points "x.n"** intersections entre les **deux surfaces** et les "n" **droites**, construction des "n" **points médians**



L'élément dérivé sera la collection des "n" points médians

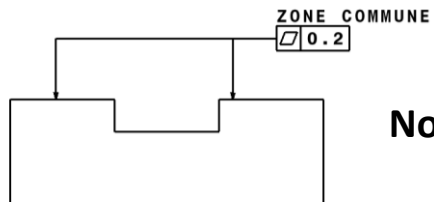
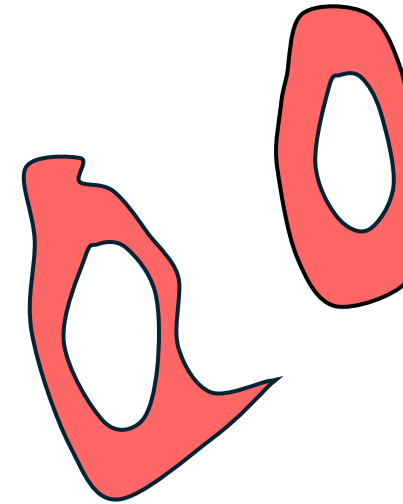
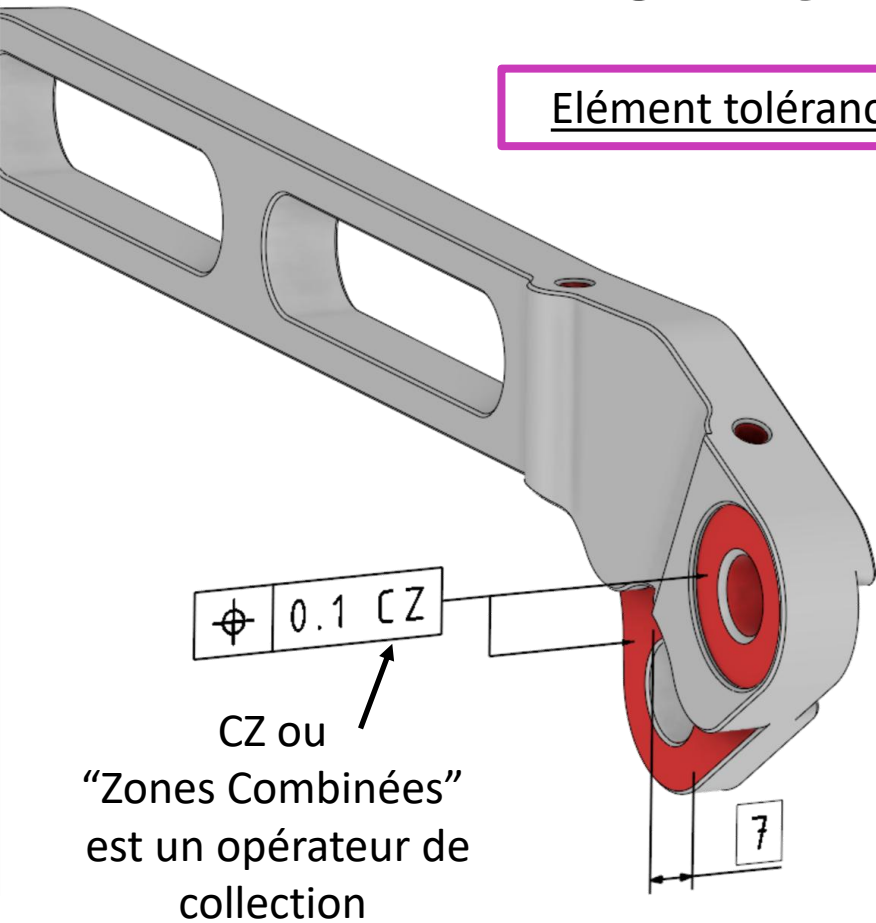


La méthode est similaire pour d'autres types d'éléments : sphère, cercle, cône, deux lignes... (voir ISO 1750-3)

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Élément tolérancé : zone combinée pour des surfaces nominale^{ment} planes

**L'élément tolérancé est une collection
de deux surfaces réelles (non idéales) *nominale^{ment}* planes.**



Nota : Avant 2004 il était indiqué en toute lettre : "zone commune" au dessus du cadre de spécification.
L'appellation "zone commune" est encore couramment utilisée pour "zones combinées"

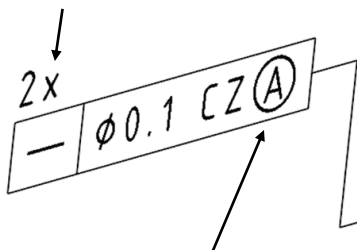
SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Élément tolérancé : zone combinée pour des lignes dérivées de surfaces nominalement cylindriques

Deux roulements à rouleaux cylindriques assurent la portée de ce pignon arbré

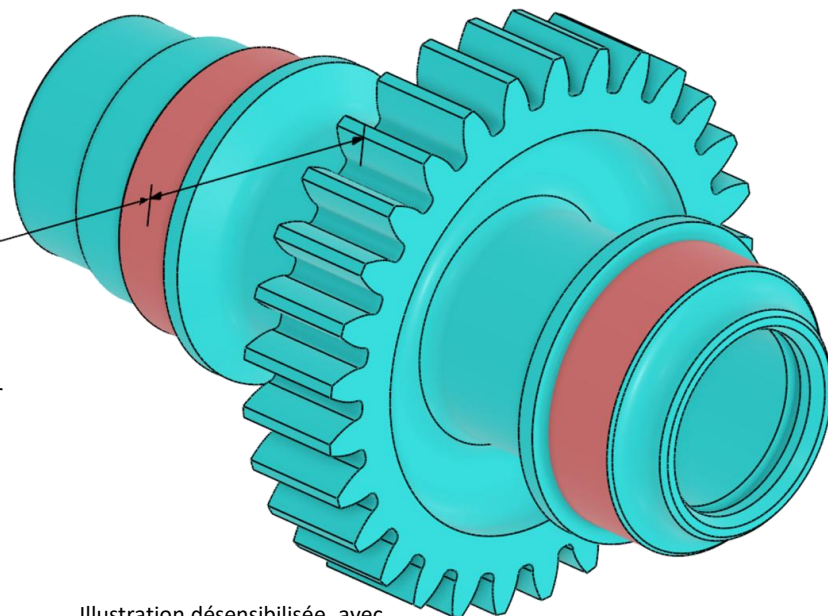
L'élément tolérancé est une collection de deux lignes non-idéales dérivées de deux surfaces non-idéales nominalement cylindriques

Nota1 : Il est inutile de mettre deux flèches désignant les deux surfaces car les nominaux sont égaux. L'indication 2x suffit.



Nota2 : Les éléments tolérancés sont les éléments dérivés des deux surfaces nominalement cylindriques.

L'indication (A) n'est pas obligatoire ici car la flèche désignant l'élément tolérancé est dans le prolongement d'une ligne de taille.

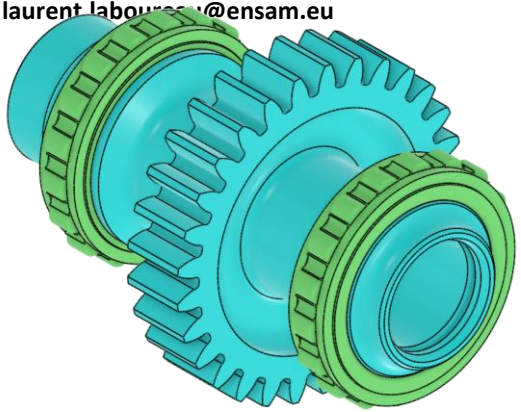


Nota3 : l'écriture d'une rectitude en Zone combinée est fonctionnellement très utile pour tolérer une mise en position réalisée sur deux (ou plusieurs) portées cylindriques (typique d'une liaison pivot)



SPECIFICATION GEOMETRIQUE

Élément tolérancé : opérateurs de collection



Deux roulements à rouleaux cylindriques assurent la portée de ce pignon abré

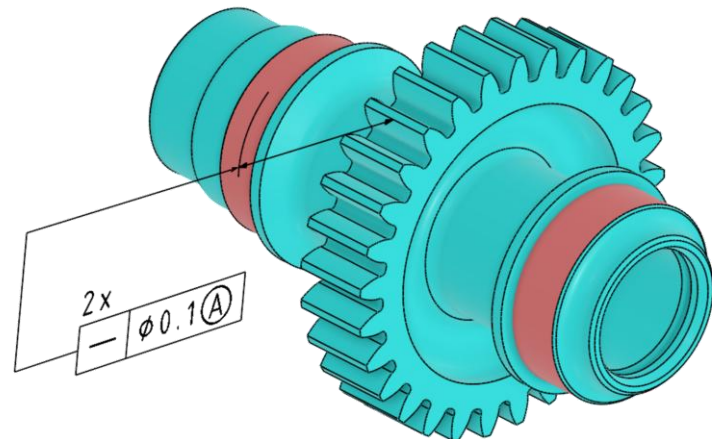
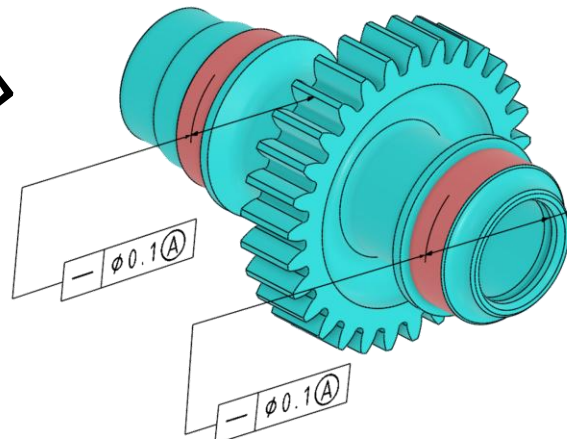
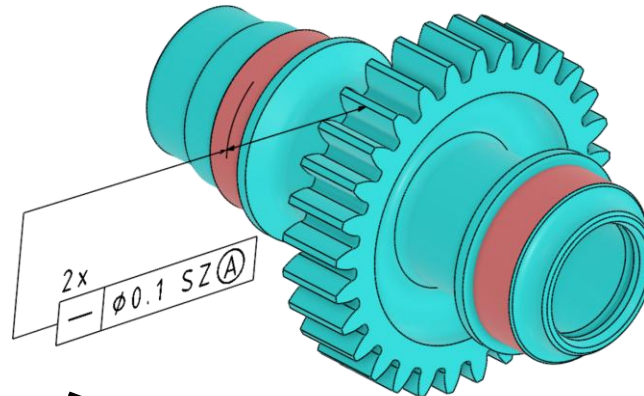


Illustration désensibilisée, avec l'autorisation de Safran Transmission Systems

S'il n'y a pas d'indication d'opérateur de collection CZ, l'écriture implique l'existence de deux spécifications indépendantes. La norme indique que l'indication SZ (Zones Séparées) n'est pas obligatoire mais est conseillée.



2 éléments tolérancés indépendants :
2 lignes non idéales nominale
ment rectilignes dérivées de deux surfaces
nominale
ment cylindriques :

Indiquer CZ ou SZ ne spécifie pas la même chose fonctionnellement.

SZ permet d'éviter la surabondance d'écriture. CZ stipule un lien entre les éléments tolérancés. (Voir suite sur les éléments d'évaluations)

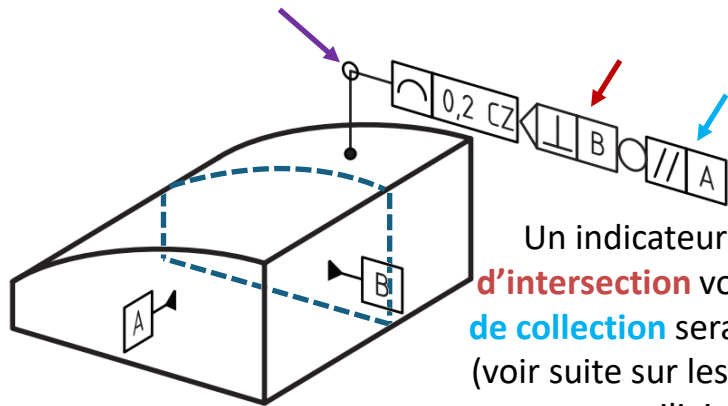
SPECIFICATION GEOMETRIQUE

EN
APARTE

Élément tolérancé : l'élément tolérancé n'est pas directement
l'élément désigné par la flèche

Des écritures sont proposées afin de spécifier que l'élément tolérancé n'est pas l'élément intégral désigné par la flèche. Voir toutes les possibilités dans la norme 1101.

Symbole “**tout autour**” signifiant de considérer toutes **les lignes** en intersection perpendiculairement à B

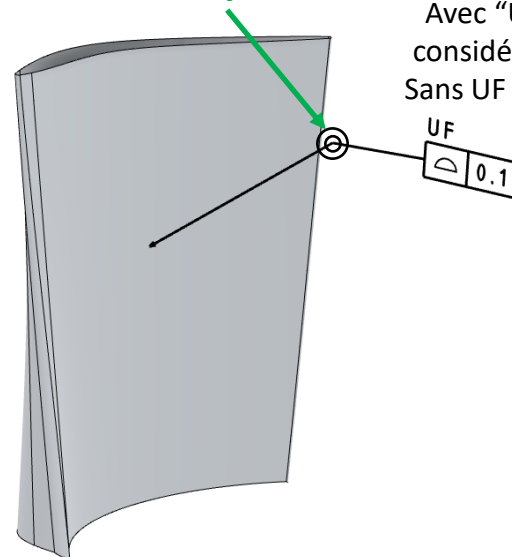


Un indicateur de **plan d'intersection** voire de **plan de collection** sera nécessaire (voir suite sur les indicateurs auxiliaires)

L'élément tolérancé sera une collection de ligne

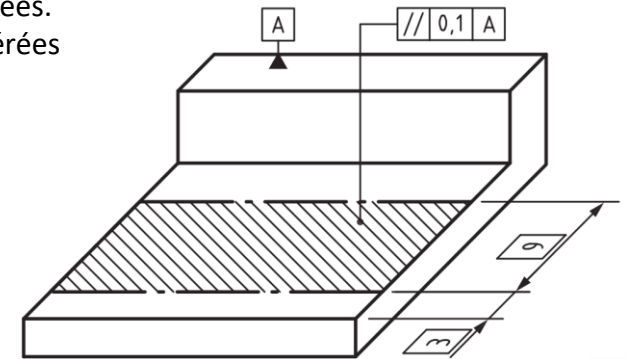
Extrait de ISO 1101

Symbole “**sur toute la pièce**”



Avec “UF” les surfaces sont considérées comme unifiées. Sans UF elles sont considérées séparément

L'élément tolérancé est l'ensemble des surfaces



L'élément tolérancé est une zone restreinte
(d'autres solutions d'écriture de zones restreintes existent : voir normes).

Extrait de ISO 1101

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

EN
APARTE

Élément tolérancé : l'élément tolérancé n'est pas directement
l'élément désigné par la flèche

Il est possible d'imposer un filtre sur l'élément tolérancé.

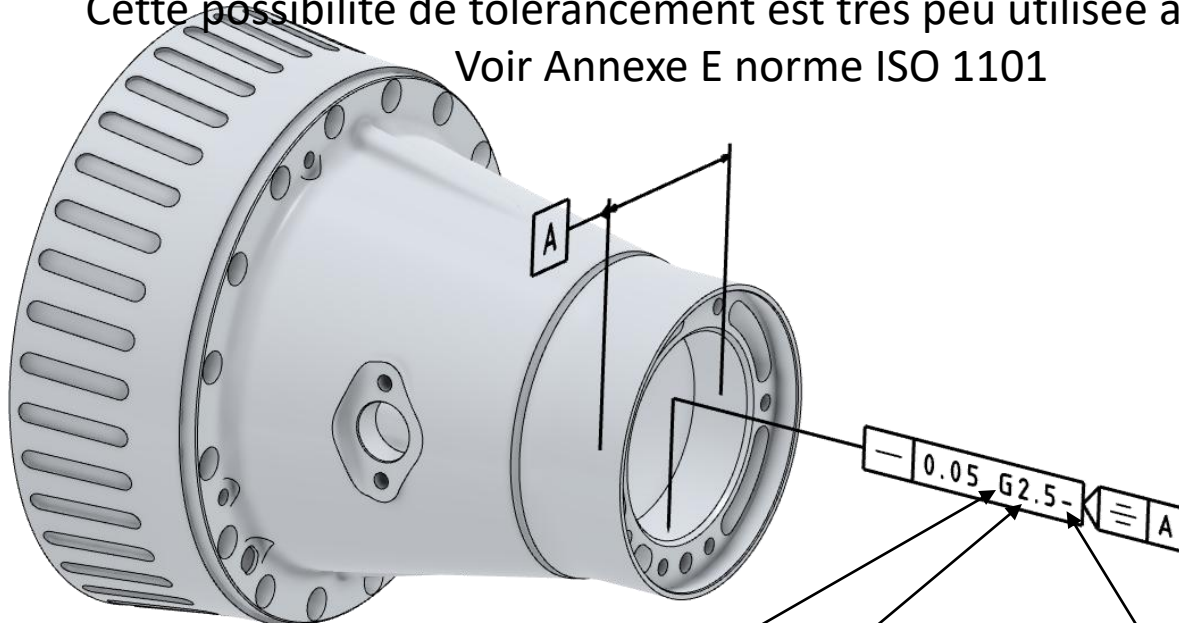
Nota : le filtrage peut aussi être utilisée pour l'élément de référence. L'indication du filtre est identique.

Objectif : évaluer uniquement les défauts nécessaires a la fonction et donc de filtrer ce qui n'est pas à évaluer

La norme propose un grand nombre de solution de filtration.

Cette possibilité de tolérancement est très peu utilisée actuellement

Voir Annexe E norme ISO 1101



Filtre Gaussien: "G" / de 2.5 mm / passe-bas : "-"

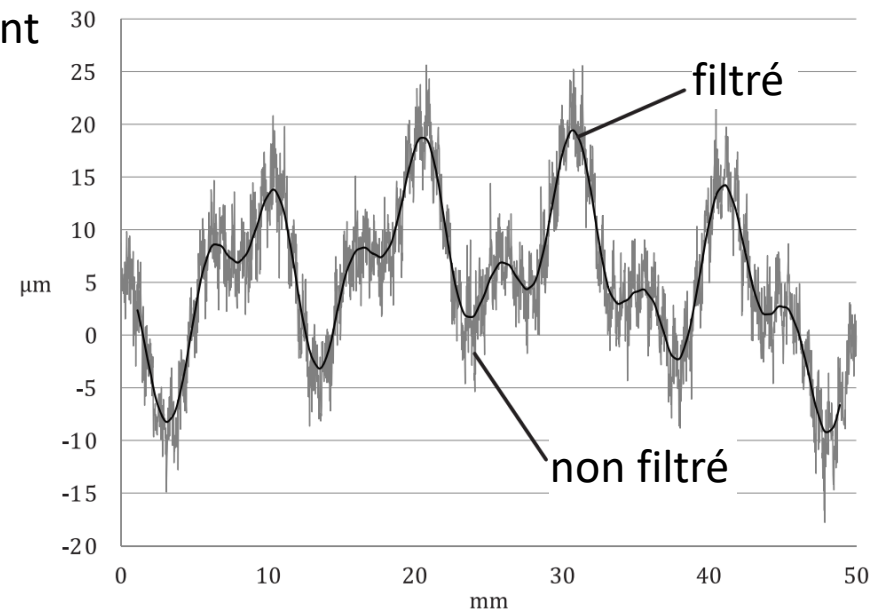


Illustration de l'utilisation du filtre Gaussien passe-bas de 2.5mm.

Extrait de la norme 1101 (Annexe E)

SPECIFICATION GEOMETRIQUE

EN
APARTE

Élément tolérancé / élément évalué- ISO 1101

L'élément tolérancé est intégral extrait ou dérivé...

SAUF SI un symbole modificateur s'applique,

indiquant que l'élément tolérancé considéré sera un élément associé à l'élément intégral.

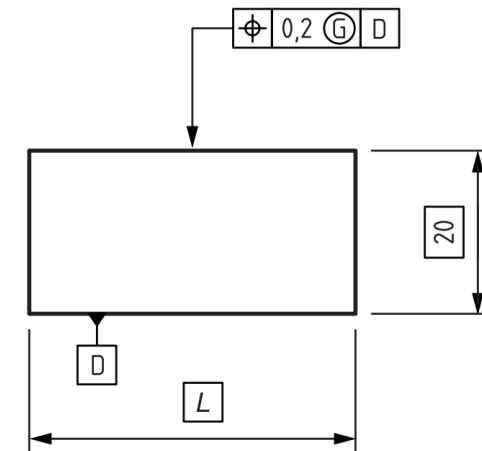
Cela n'est possible que pour des orientations et positions

Élément minimax (Tchebychev)	Ⓢ
Élément des moindres carrés (Gaussien)	Ⓜ
Élément minimal circonscrit	Ⓝ
Élément tangent	Ⓣ
Élément maximal inscrit	Ⓧ

Liste des modificateurs

(Composants de spécification pour l'élément tolérancé associé).

Extrait de ISO 1101



L'élément tolérancé est la surface nominale plane
MAIS l'élément "évalué" est le plan des moindres carrés
 (association sans contraintes)