

ANNEXE E : Définitions

SOMMAIRE

1.	Définitions des entités géométriques	2
1.1	Pièce et modèle	2
1.2	Surface.....	2
1.3	Spécification.....	3
1.4	Association de références	4
1.5	Collection de surfaces.....	5
1.6	Définitions complémentaires	5
2.	Défaut des surfaces	6
2.1	Marge d'une spécification	6
2.2	Ecart d'une spécification	6
2.3	Défaut d'un lot de pièces.....	7
3.	Principales règles.....	7
3.1	Principe d'indépendance.....	7
3.2	Règle de cotation avec des entités en N exemplaires.....	7
3.3	Règle d'emploi des modificateurs	8
4.	Ecarts par rapport aux normes en vigueur.....	8
4.1	Règles en vigueur non respectées.....	8
4.2	Symboles abandonnés.....	9

1. Définitions des entités géométriques

1.1 Pièce et modèle

1.1.1 Pièce réelle

Définition : Pièce réelle fabriquée, avec des défauts géométriques.

1.1.2 Pièce nominale

Définition : Pièce de forme parfaite décrite avec des dimensions nominales.

1.1.3 Modèle nominal

Définition : le modèle nominal décrit complètement la pièce nominale ainsi que tous les éléments géométriques nécessaires à la définition des références et des zones de tolérances (zone restreinte, zone projetée, plan d'annotation, éléments de situation, éléments de contact, offset...). Tous les objets géométriques sont décrits dans un repère absolu unique.

NOTE 1 : Le modèle nominal peut être décrit par un modèle numérique (CAO, solide mort, format STEP, équations, tableau...). Toutes les dimensions théoriques exactes entre éléments et tous les angles théoriques exacts sont supposées disponibles et mesurables sur le modèle numérique.

NOTE 2 : Le modèle nominal peut être décrit par un dessin « papier » et des dimensions théoriquement exactes ou les dimensions nominales des cotes tolérancées.

1.1.4 Dimension théoriquement exacte ou cotes encadrées

Définition : Toutes dimensions définies sur le modèle nominal.

NOTE 1 : les dimensions théoriquement exactes linéaires ou angulaires sont représentées par une valeur nominale encadrée (sans tolérance).

NOTE 2 : les dimensions théoriquement exactes sont utilisées pour définir par exemple, la position ou les angles relatifs entre les surfaces du modèle nominal, les limites des zones partielles, les directions de mesure, ...

1.2 Surface

1.2.1 Définition numérique d'une surface

Dans un environnement numérique, les surfaces nominales sont définies dans un repère absolu unique avec, selon le cas, un point M, une direction \vec{n} et un rayon. Pour une surface complexe, la description numérique sous forme paramétrique ou d'équation permet d'obtenir un ensemble de points et la normale en chaque point.

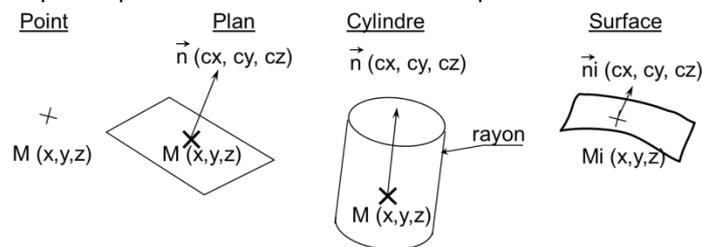


Figure 1 - Définition numérique des surfaces

NOTE : cette description numérique est indépendante du mode de construction du modèle nominal en utilisant des paramètres et des contraintes.

1.2.2 Surface nominale

Définition : Surface idéale de la pièce nominale.

NOTE : Si le modèle nominal comporte une surface avec une indication de décalage, par défaut la surface nominale est la surface décalée.

1.2.3 Zone partielle

Définition : Portion continue d'une surface nominale ou de plusieurs surfaces nominales contiguës.

Une zone partielle peut être nominalement un point, une ligne ou une zone surfacique

NOTE : la zone partielle est par défaut « fixe » (voir zone partielle locale, glissante ou mobile).

1.2.4 Surface réelle

Définition : Surface appartenant à une pièce réelle correspondant à une surface nominale ou à une zone partielle.

NOTE : dans ce document, la surface réelle désigne l'ensemble des points de la surface. A défaut, la surface réelle pourra être identifiée par un nombre limité de points.

Pour éviter les difficultés de mesure et de définition des limites des surfaces au voisinage des arêtes, chaque surface réelle est identifiée sur une zone restreinte par défaut jusqu'à une distance $d = 0,5$ mm des contours extérieurs et des contours intérieurs de la face (trous). Si besoin, il est possible de spécifier une zone restreinte particulière. Inversement, si la zone réellement identifiée en métrologie est différente, cette zone doit être décrite dans le procès-verbal de mesure.

La pièce doit être ébavurée pour éliminer toutes les bavures ou bosses locales, en particulier au voisinage des arêtes externes. Les mesures sont réalisées avec un filtrage naturel des micros défauts par le moyen de mesure. Ce filtrage peut être assimilé à la mesure par un palpeur sphérique de rayon 0,5 mm. En cas de besoin, le critère de filtrage à imposer pourra être décrit en nota pour certaines spécifications.

1.3 Spécification

1.3.1 Spécification géométrique ou cote

Définition : Exigence géométrique exprimée par le dessin de définition ou le modèle numérique contractuel pour limiter les défauts de la ou des surfaces spécifiées.

NOTE : les exigences définies dans le cadre de ce document sont de deux types :

- Spécification géométrique par zones de tolérance (bilimite ou unilimite)
- Cotes : spécification au sens des dimensions locales ou d'une indication conventionnelle (ex : longueur taraudée) avec un intervalle de tolérance sur une grandeur caractéristique (intervalle bilimite ou unilimite).

1.3.2 Surface nominale spécifiée et surface réelle spécifiée

Définition : Surface (ou ensemble de surfaces) indiquée par la spécification. Cette spécification impose de maîtriser les écarts entre la surface réelle spécifiée et la surface nominale spécifiée.

NOTE : Lorsque la spécification porte sur une zone partielle, la surface spécifiée est la surface support de la zone partielle, afin de pouvoir identifier la nature de cette surface et d'effectuer les constructions nécessaires. Seuls les points de la surface réelle qui sont projetés sur la zone partielle définie dans le modèle nominal sont à prendre en compte.

1.3.3 Élément tolérancé

Définition : Élément géométrique défini par la surface réelle spécifiée devant respecter la zone de tolérance.

L'élément tolérancé peut être la surface réelle spécifiée, l'axe réel de la surface spécifiée ou la surface médiane réelle de la surface spécifiée ou tout autre élément associé à la surface spécifiée (axe obtenu par association de la surface spécifiée dans une plage de projection, éléments de contact posé sur la surface spécifiée...).

1.3.4 Axe réel d'une surface de révolution ou quelconque

NOTE : le mot axe désigne un élément géométrique calculé. Par abus de langage, le terme « axe réel » désigne l'axe de la surface réelle.

Définition : L'axe réel est le lieu des centres des sections associés par les moindres carrés.

Définition généralisée à tous les types de surfaces : L'axe réel est défini par l'ensemble des axes des tronçons associés par les moindres carrés.

Définition : L'axe d'un tronçon est l'axe nominal de la surface nominale associée au tronçon entre les plans séparateurs des tronçons.

1.3.5 Surface médiane réelle

Définition : La surface médiane réelle de deux plans nominalement parallèles est le lieu des milieux des bipoints identifiés face à face.

Définition généralisée à tous les types de surfaces : La surface médiane réelle de deux surfaces localement sensiblement parallèles est définie par l'ensemble des surfaces médianes des tronçons associés par les moindres carrés.

Définition : La surface médiane d'un tronçon est la surface médiane nominale de la surface nominale associée au tronçon entre les plans séparateurs des tronçons.

1.3.6 Plage de projection

Définition : plage identifiée par l'indication \textcircled{P} dans laquelle est prolongé l'élément associé à l'élément spécifié pour une zone de tolérance projetée.

1.4 Association de références

1.4.1 Référence

Définition : Surface appartenant au modèle nominal repérée par un cadre de référence.

1.4.2 Système de références

Définition : Ensemble ordonné de références permettant d'associer un modèle nominal à une pièce réelle.

NOTE : un système de références peut comporter une, deux ou trois références appelées successivement référence primaire, secondaire, tertiaire.

1.4.3 Référence prioritaire d'une référence

Définition : Référence située à gauche de la référence étudiée dans le système de références

1.4.4 Élément de référence

Définition : Surface réelle correspondant à une référence. La surface est éventuellement limitée aux zones partielles indiquées dans la liste située à droite de l'indicateur de référence.

1.4.5 Association

Définition : Opération utilisée pour positionner une référence ou un élément de contact correspondant à une référence sur l'élément de référence selon un critère mathématique visant à réduire les écarts entre ces deux surfaces.

Pour une référence définie avec des zones partielles, le critère d'association est le même que pour la surface continue de même étendue.

Pour une référence partielle mobile, l'association est réalisée avec une surface offset de la surface nominale. L'offset est identique pour toutes les zones partielles mobiles portant la même lettre.

Toute spécification comportant une référence définie sur une zone partielle glissante doit être respectée quelle que soit la position de la zone glissante entre ses positions extrêmes.

1.4.6 Surface tendue ou fermée

Définition :

- Une surface est dite tendue si toutes ses normales dirigées extérieure peuvent être contenues dans un cône d'angle 30°
- Une surface est dite fermée si toutes ses normales ne peuvent pas être contenues dans un cône d'angle 30°

1.4.7 Balançage

Définition : Suite d'opérations d'association permettant de positionner le modèle nominal sur la pièce réelle et de placer si possible l'élément tolérancé dans la zone de tolérance.

1.4.8 Surface offset d'une surface nominale

Définition : la surface offset est la surface constituée des points P situés à la distance d de la surface nominale.

$$d = \overline{PM} \cdot \vec{n}$$

- P : point de la surface offset
- M : point de la surface nominale le plus proche de P.
- \vec{n} : normale à la surface nominale au point M
- d : distance du point P à la surface nominale = valeur de l'offset.

1.4.9 Flottement

Définition : mobilité résiduelle de faible amplitude possible avec les modificateurs \textcircled{M} , \textcircled{L} et \textcircled{P} sur les références. Le flottement est permis par l'écart entre l'élément de référence et la surface limite de la zone de tolérance sur la référence.

1.5 Collection de surfaces

1.5.1 Composition de surfaces

Définition : Une composition de surfaces spécifiées constitue une seule surface spécifiée qui doit être dans une seule zone de tolérance.

1.5.2 Groupe de surfaces

Définition : Un groupe de N surfaces spécifiées impose de placer si possible les N éléments tolérancés dans les N zones de tolérance ayant des contraintes entre elles.

1.5.3 Zone commune

Définition : regroupe de zones de tolérance identiques ou non en une seule zone commune (en imposant une position relative exacte des différentes zones)

1.5.4 Concaténation d'éléments tolérancés

Définition : Collection d'éléments tolérancés et collection de zones de tolérance correspondantes en position relatives exactes formant une seule zone de tolérance.

La Figure 2a illustre une zone de tolérance obtenue par concaténation de deux zones de tolérance qui ne forment ainsi qu'une seule zone. Les éléments tolérancés sont séparés par le symbole « & ». Les zones de tolérance correspondantes sont également séparées par le symbole « & ». Il doit y avoir le même nombre de symboles & au-dessus et dans le cadre de tolérance. La zone de tolérance pour A est $\varnothing 0,1$, la zone de tolérance pour B est $\varnothing 0,2$.

La Figure 2b correspond à un groupe de 4 éléments avec 4 zones de tolérance. Les éléments identiques à la surface A ont une zone de tolérance $\varnothing 0,1$. Les éléments identiques à la surface B ont une zone de tolérance $\varnothing 0,2$. (A et B sont par exemple deux cylindres coaxiaux)

La Figure 2c indique une zone de tolérance évolutive. La zone cylindrique varie linéairement entre les points. En P, la tolérance est 0,1, en Q, 0,2, etc. Il y a le même nombre de lettres au-dessus du cadre que de valeurs dans le cadre (A est par un cylindre $\varnothing 10$, B, un cylindre $\varnothing 12$ en 3 exemplaires).

Les Figure 2d et Figure 2e montrent que l'on peut combiner les différentes notations pour répondre aux besoins fonctionnels :

La Figure 2d est un groupe de 4 entités. Les éléments tolérancés des entités identiques à A & B ont respectivement des tolérances 0,1 sur A et 0,2 sur B. Pour C & D, les tolérances sont 0,3 sur C et 0,4 sur D.

La Figure 2e est la concaténation de deux zones de tolérance évolutives pouvant être discontinues. La zone évolue de 0,1 à 0,2 de P à Q, puis de 0,2 à 0,4 de R à S.

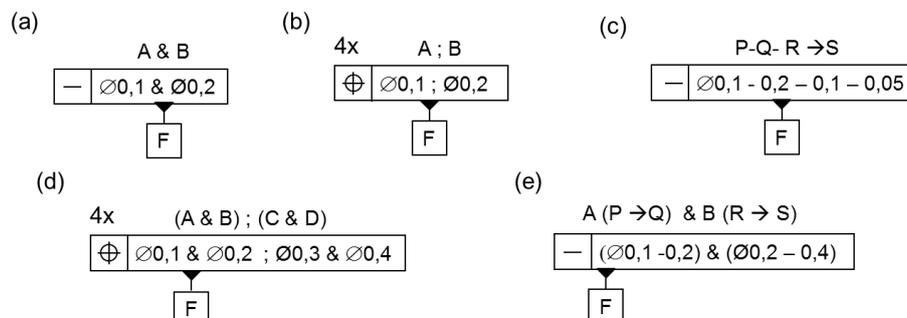


Figure 2 - Zones de tolérance complexes

Dans tous les cas, la surface F désigne l'ensemble des surfaces spécifiées.

1.6 Définitions complémentaires

1.6.1 Zone partielle mobile

Définition : Zone partielle qui permet d'associer une référence selon un critère d'association entre l'élément de référence et une surface offset de la surface nominale. L'offset doit être identique pour toutes les zones partielles mobiles portant la même lettre.

1.6.2 Zone partielle glissante

New

Définition : Zone partielle pouvant glisser sur la surface entre deux limites pour définir une référence sur une portion glissante de l'élément de référence.

NOTE : Toute spécification comportant une référence définie sur une zone partielle glissante doit être respectée quelle que soit la position de la zone glissante entre ses limites.

1.6.3 Zone partielle locale

Définition : Zone partielle glissante à respecter en tous les points de la surface spécifiée et dans toutes les directions. Généralement, l'étendue de la zone est petite au regard des dimensions des surfaces spécifiées.

1.6.4 Ligne de crête

Définition : ligne ou point d'une surface définie par l'orientation de la tangente à cette surface.

1.6.5 Zone de tolérance évolutive

Définition : les caractéristiques de la zone évoluent par défaut linéairement entre les différents points ou lignes repérées.

1.6.6 Zone de tolérance variable

Définition : les caractéristiques de la zone évoluent par paliers entre les différents points ou lignes repérées.

1.6.7 Élément de situation

Définition : Élément idéal, de type plan, droite, point, révolution, glissière associé aux références en position nominale.

L'élément de situation est associé à une surface soit en respectant les contraintes entre les références, soit indépendamment des autres surfaces.

1.6.8 Élément de contact

Définition : Élément idéal, de tout type, différent de l'élément nominal considéré et associé à l'élément de référence correspondant.

Par défaut, l'élément de contact est fixe par rapport au modèle nominal.

New

L'élément de contact peut avoir une mobilité par rapport au modèle nominal. Dans ce cas, la mobilité doit être décrite par une liaison cinématique dans le modèle nominal.

2. Défaut des surfaces

2.1 Marge d'une spécification

Définition : La marge d'une spécification est la plus petite des marges de tous les points de la surface spécifiée.

2.1.1 Marge d'un point

Définition :

- Zone de tolérance unilimite : La marge m_i d'un point M_i est l'écart du point à la limite de la zone de tolérance
- Zone de tolérance bilimite : La marge m_i d'un point M_i est le plus petit des deux écarts du point aux deux limites de la zone de tolérance.

NOTE : si possible, la marge doit être maximisée.

2.2 Ecart d'une spécification

2.2.1 Ecart d'un point

Définition : L'écart e_i d'un point M_i par rapport à une surface nominale est défini entre le point M_i et la surface nominale avec $e_i = \overrightarrow{N_i M_i} \cdot \vec{n}_i$. N_i est le point de la surface nominale le plus proche du point M_i , \vec{n}_i est la normale à la surface en N_i .

2.2.2 Ecart de position d'une surface spécifiée

Définition : L'écart de position d'une surface spécifiée est la plus grande distance des points de la surface réelle à la surface nominale : $e = \max (|e_i|)$

2.2.3 Ecart d'orientation

Définition : L'écart d'orientation est la dimension de la zone parallèle à la surface nominale la plus étroite possible qui contient l'élément spécifié.

NOTE : la zone est définie avec les mêmes critères que la zone de tolérance.

2.2.4 Ecart de forme

Définition : L'écart de forme est la dimension de la zone la plus étroite possible qui contient l'élément spécifié.

NOTE : la zone est définie avec les mêmes critères que la zone de tolérance.

2.2.5 Ecart de forme apparent d'une surface complexe

L'écart de forme apparent est la différence des offsets entre deux surfaces qui contiennent l'élément spécifié.

NOTE : la différence des offset doit être minimisée

2.2.6 Dimension locale

Définition : Plus grande distance et plus petite distance entre des faces opposées localement parallèles.

NOTE : La distance entre deux points face à face est projetée selon la normale commune.

2.2.7 Torseur d'écart d'une surface

Définition : Le torseur d'écart de la surface réelle spécifiée par rapport à la surface nominale spécifiée décrit le déplacement à appliquer à la surface nominale spécifiée pour qu'elle représente le mieux possible la surface réelle selon un critère donné. Ce déplacement est décrit l'aide d'un repère à choisir par rapport à la surface nominale (par exemple x,y,z avec une origine au centre de la surface) et de deux vecteurs :

- La translation du repère lié à la nominale
- La rotation du repère nominal

2.3 Défaut d'un lot de pièces

2.3.1 Ecart moyen, écart type et inertie en un point d'un lot de pièces

Ces grandeurs sont calculées en mesurant le lot de pièces toujours au même point.

Ecart moyen : moyenne des écarts du point mesurés sur les différentes pièces du lot

Ecart type du point : Ecarts type des écarts du point mesurés sur les différentes pièces du lot

Inertie du point : Inertie calculée avec l'écart moyen et l'écart type du point.

2.3.2 Inertie d'un lot de pièces

L'inertie du lot est la plus grande des inerties calculées sur tous les points de la surface

2.3.3 Dispersion d'un lot de pièces

La dispersion du lot est égale à 6 fois le plus grand des écarts types calculés sur tous les points

3. Principales règles

3.1 Principe d'indépendance

La définition d'une spécification est indépendante des autres spécifications et de la présence ou non d'une dimension théoriquement exacte sur le dessin.

3.2 Règle de cotation avec des entités en N exemplaires

Le principe de cotation repose le plus souvent sur la démarche suivante :

L'entité spécifiée peut être une surface simple ou un ensemble de surfaces. Cette entité doit être spécifiée par rapport au système de références, comme si elle était la seule entité, pour définir un élément tolérancé et une seule zone de tolérance (cette zone peut-être simple ou fractionnée).

Si les entités ont des contraintes entre-elles, les entités constituent un groupe. Le compteur Nx est placé au-dessus du cadre de tolérance. Dans le groupe, il y a N éléments tolérancés et N zones de tolérance.

- En position, les zones sont centrées sur le nominal
- En orientation, les zones sont parallèles au nominal
- En forme, les zones sont indépendantes

Le modificateur CZ (common zone), peut regrouper l'ensemble de ces zones de tolérance en une seule zone (en imposant une position relative parfaite des zones entre-elles).

Pour éviter de répéter N fois la même spécification portant sur des entités spécifiées ou des groupes identiques et/ou avec des références identiques, la spécification est implicitement répétée en plaçant le compteur Nr au-dessus du cadre de tolérance. Cette spécification est équivalente à N spécifications différentes et indépendantes.

3.3 Règle d'emploi des modificateurs

Les modificateurs permettent de spécifier au juste nécessaire les principaux types de liaison (Figure 3) :

Contacts surfaciques : pas de modificateur (les surfaces sont en contact)

Liaison avec jeu : Modificateur (M) si le jeu est favorable à l'exigence (ex : montabilité)

Modificateur (L) si le jeu est défavorable à l'exigence (ex : maillon d'une chaîne de cotes)

Liaison avec pion serré ou vis serrée : Modificateur (P) (la partie fonctionnelle est dans le prolongement de l'alésage ou du taraudage)

Liaison avec serrage ou auto-centrage :

Référence : pas de modificateur

Élément spécifié (A)

Liaison avec ajustement incertain :

Sur l'élément spécifié : Modificateur (M) si le jeu est favorable à l'exigence

Modificateur (L) si le jeu est défavorable à l'exigence (

Sur une référence : pas de modificateur

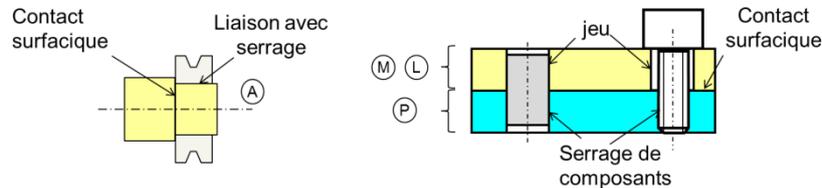


Figure 3 – Choix des modificateurs

4. Ecart par rapport aux normes en vigueur

4.1 Règles en vigueur non respectées

Ce document reprend en grande partie les normes ISO de cotation en vigueur en 2004.

Deux règles peu connues sont contredites par EASY GPS :

- Dans les normes actuelles, les références ne sont pas en position nominale sans modificateur et en position nominale avec modificateur (M) et (L). Dans EASY GPS, les références sont les surfaces nominales donc implicitement toutes en positions nominales. Le besoin est d'avoir la même définition pour tous les cas. La distance variable pose des difficultés pour définir des zones partielles, des références mobiles ou des éléments de contact par rapport à des références en position indéterminée. Il a été préféré d'imposer que toutes les références soient en position nominales.
- Les critères d'association sont dénoncés pour être remplacés par un simple critère des moindres carrés ou minimax (les critères définis dans la 5459 annexe A sont souvent inexploitable. Le projet 5459 élaboré en 2016 converge vers cette proposition aux moindres carrés).

Trois règles des projets de normes ne sont pas retenues :

- Depuis toujours, la norme 5458 permet de définir une localisation d'un groupe d'élément sans avoir à ajouter de CZ. Les projets en cours changent cette définition en imposant de mettre CZ pour définir une localisation, ce qui rend très complexe voire impossible certaines spécifications. L'ancienne pratique est conservée.
- Depuis toujours, certaines indications comme le symbole « tout autour » ou « P→Q » associent les surfaces en une seule surface avec une seule zone de tolérance. Les projets en cours imposent de

mettre CZ dans toutes ces spécifications, sans définir ce que signifie la spécification sans CZ. De plus les références devraient s'écrire sous forme de zone commune A-A. Ce nouveau principe ouvre de multiples ambiguïtés. L'ancienne pratique est conservée.

- Le filtrage des surfaces spécifiés et des éléments de références n'est pas imposé.

Quelques éléments graphiques sont modifiés :

- Tous les points sont représentés par des points pour les distinguer des extrémités des droites représentés par des croix
- Il n'est plus nécessaire de mettre le cadre de référence en face de la cote de diamètre pour définir une référence sur une surface de révolution.

Beaucoup de définitions sont changées pour simplifier leur lecture ou pour étendre le domaine d'emploi, mais sans changer l'exploitation actuelle des normes.

4.2 Symboles abandonnés

Les symboles suivants sont abandonnés :

SZ, \textcircled{E} , [DF], ><, <>, CT, Ti, Ri, plan d'intersection, \textcircled{R}

Ces symboles sont remplacés par des fonctions plus précises ou plus étendues.