

Table des matières

Utilisation de tolérances géométriques.....	1
Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments	1
Introduction	1
Processus conceptuel pour évaluer des tolérances géométriques	2
Spécification et vérification.....	3
Éléments considérés et tolérancés	7
Phases d'évaluation	7
Comparaisons avec la pratique antérieure.....	8
Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques.....	8
Introduction	8
Définition et utilisation de références	16
Utilisation de la boîte de dialogue Définition des références et syntaxe de la commande	17
Références uniques	19
Types d'éléments représentant une surface plane.....	19
Types d'éléments représentant une surface cylindrique	20
Références courantes	20
Modèles de références.....	34
Définition de tolérances géométriques et contrôle des rapports	35
Syntaxe du mode commande.....	35
Exemple simple.....	35
Exemple complexe.....	36

Bloc alternatif de commande 1.....	39
Bloc alternatif de commande 2.....	40
Bloc alternatif de commande 3.....	41
Bloc alternatif de commande 4.....	41
Boîte de dialogue Tolérance géométrique	42
Types de tolérances géométriques	80
Comment PC-DMIS résout et utilise des références	180
Degrés de liberté contraints par un cadre de référence	182
Types mathématiques de références sous ASME Y14.5	184
Types mathématiques de références sous ISO 1101	185
Modificateurs de références	187
Plans de référence avec des données de surface soumis à ASME Y14.5.....	189
Plans de référence avec des données de surface soumis à ISO 1101	189
Illustrations de plans de référence : Filtrage, Best Fits et contraintes d'orientation	190
Plans de référence sans données de surface	193
Coupes transversales de plan de référence.....	194
Échantillons de plan de référence	195
Cylindres de référence avec des données de surface soumis à ASME Y14.5.....	196
Cylindres de référence avec des données de surface soumis à ISO 1101	196
Illustrations de cylindres de référence : contraintes d'emplacement et de non emplacement.....	197
Cylindres de référence sans données de surface et axes sans surface	199
Coupes transversales de cylindre de référence	200

Largeurs de référence sous ASME Y14.5	202
Largeurs de référence sous ISO 1101	202
Logements et encoches de référence	203
Cônes de référence avec des données de surface soumis à ASME Y14.5	204
Cônes de référence avec des données de surface soumis à ISO 1101	205
Cônes de référence sans données de surface.....	206
Sphères de référence avec des données de surface soumises à ASME Y14.5 ..	206
Sphères de référence avec des données de surface soumises à ISO 1101	207
Sphères de référence sans données de surface et points 3D sans surface	207
Modèles de références.....	208
Références courantes : Cylindres coaxiaux	212
Références courantes : Plans parallèles décalés.....	214
Références avec un modificateur matériel	215
Détermination de la taille de la limite matérielle	221
Références avec un emplacement non contraint comparées à des références de priorité plus élevée	229
Type d'éléments avec et sans données de surface	230
Introduction	230
Plans	231
Lignes	232
points	234
Cylindres	234
Cercles	235
Largeurs	236

Logements et encoches	236
Cônes.....	236
Sphères.....	237
Types d'éléments de forme libre	237
Éléments inverses.....	238
Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique	239
Spécifications de taille.....	239
Taille globale.....	240
Taille locale	241
Modificateurs de taille ISO	242
Calculs bonus.....	244
Rapport	245
Dérivation de l'élément tolérancé.....	246
Tolérances simultanées.....	263
Définition d'une tolérance simultanée.....	264
Syntaxe du mode commande.....	264
Comportement	265
Recommandations de structuration des routines de mesure	266
Comparaison avec la pratique antérieure	266
Migration	267
Sortie de résultats de tolérances géométriques.....	267
Données statistiques.....	268
Sortie Excel.....	268

Expressions.....	268
Remarques sur les étiquettes de rapport de tolérance géométrique	271
Migration depuis XactMeasure	272
Introduction	272
Flux de travail suggéré.....	273
Rapport de migration.....	274
Remarques importantes :	275
Options pour contrôler la migration	277
Utilisation de la commande de taille	279
Modes commande.....	279
Éléments d'entrée	281
Cotation d'un élément à l'aide de l'option TAILLE	284
Lecture du rapport.....	287
Modificateurs ISO 14405-1 pris en charge	291
Utilisation de modes de sélection GD&T pour créer des FCF.....	292
Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis CAO)	292
Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis fichier)	293
À propos de la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour créer des FCF	298
Dépannage de messages d'erreur et d'avertissements	307

Utilisation de tolérances géométriques

Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments

Introduction

Une pièce fabriquée a des exigences fonctionnelles. Ces exigences concernent souvent les formes, tailles, orientations et emplacements des éléments—il s'agit d'exigences géométriques. Les éléments doivent respecter ces exigences géométriques seuls ou avec d'autres éléments.

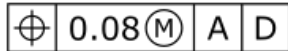
Les tolérances géométriques communiquent précisément les exigences géométriques. Un dessin ou modèle CAO indique les tolérances géométriques de ces façons :

- Cadres de contrôle d'éléments (ASME Y14.5)
- Indicateurs de tolérances (ISO 1101)



Remarque terminologique : les cadres de contrôle d'éléments ASME et les indicateurs de tolérances ISO apparaissent et fonctionnent de façon similaire. C'est pourquoi nous employons le terme « cadre de contrôle d'élément » pour référence aux deux. Nous employons aussi le terme « standard de cotation et de tolérance géométrique » (ou « standard GD&T » pour sa forme abrégée). Ce terme renvoie aux standards concernés (ASME Y14.5 ou ISO 1101) même si le terme ISO est « spécifications de produit géométriques ».

Un cadre de contrôle d'élément (FCF) prend des nombres et des symboles dans des cases rectangulaires, comme suit :



Même si PC-DMIS peut vérifier les tolérances géométriques selon n'importe quel standard, il peut plus facilement le faire quand les tolérances sont écrites en fonction de ces standards spécifiques :

- ASME Y14.5 1994 / 2009 / 2018
- ASME Y14.5.1 1994 / 2019
- ISO 1101 : 2012/2017
- ISO 5459 : 2011
- ISO 5458 : 1998
- ISO 14405-1 : 2010
- ISO 17450-3 : 2016
- ISO 2692 : 2014
- ISO 1660 : 2017



Remarque terminologique : pour faire court, nous faisons référence au groupe ASME de standards en tant que « ASME Y14.5 » et au groupe ISO de standards en tant que « ISO 1101 ».

Processus conceptuel pour évaluer des tolérances géométriques

Une tolérance géométrique inclut toujours ces éléments :

- Un ou plusieurs éléments tolérancés
- Une zone de tolérance pour chaque élément tolérancé
- Zéro ou plusieurs éléments de référence. Ces éléments contraignent la façon dont les éléments tolérancés peuvent être optimisés dans la ou les zones de tolérance.

Quand vous évaluez une tolérance géométrique, vous devez connaître toutes les dimensions de base (ASME Y14.5) ou les dimensions théoriquement exactes (ISO 1101). Il s'agit des relations nominales entre tous les éléments en question. Tous les éléments doivent donc avoir des valeurs nominales correctes (théoriques). Si elles sont incorrectes, PC-DMIS peut évaluer les tolérances géométriques incorrectement.



La façon la plus simple de garantir que les valeurs nominales soient correctes est de construire la routine de mesure à partir du modèle CAO.

Spécification et vérification

Les familles de standards ASME et ISO pour GD&T sont des standards de *spécifications*. Les tolérances géométriques sont un type de spécification. Les standards définissent les spécifications—ce que les tolérances signifient—mais ils n'indiquent pas comment vérifier que votre pièce respecte ses spécifications.

L'univers des spécifications apporte des informations *parfaites*. La spécification est définie en termes de surface réelle entière. Il s'agit de points infinis avec une incertitude de mesure nulle.

Le monde des vérifications suppose quant à lui des informations *imparfaites*. La vérification est définie en termes de points mesurés. Il s'agit de points finis avec une incertitude de mesure. Quand vous choisissez des options mathématiques, votre objectif est que cette vérification donne un résultat aussi proche que possible de la spécification. En d'autres termes, la spécification est ce que vous tentez de mesurer (le « mesurande »), alors que la mesure est votre meilleure approximation de la spécification. Parfois la meilleure option mathématique de vérification est très différente de celle de spécification.

En raison de cette différence entre spécification et vérification, les références et les valeurs de tolérances viennent en paires. Par exemple, il y a des références réelles et des références mesurées, ainsi que des tolérances réelles et des tolérances mesurées :

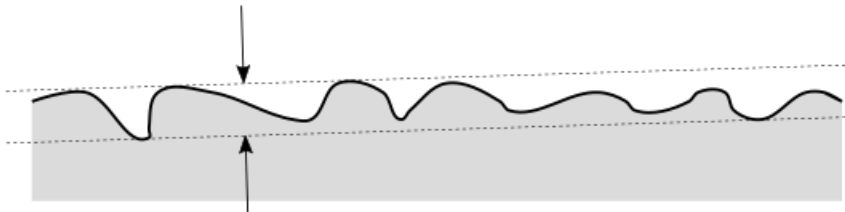
- Les références réelles et les valeurs de tolérances réelles sont définies par la spécification à base d'informations parfaites sur la surface réelle.
- Les références mesurées et les valeurs de tolérances mesurées sont des approximations de références et de valeurs de tolérances réelles basées sur des données mesurées.

Comme il n'existe malheureusement pas de standards de vérification pour GD&T, il est très difficile de comparer de façon significative différents packages logiciels conçus pour évaluer la même spécification. Les packages logiciels utilisent des algorithmes variés pour évaluer les références et les valeurs de tolérances réelles ; ils obtiennent donc de références et des valeurs mesurées différentes.

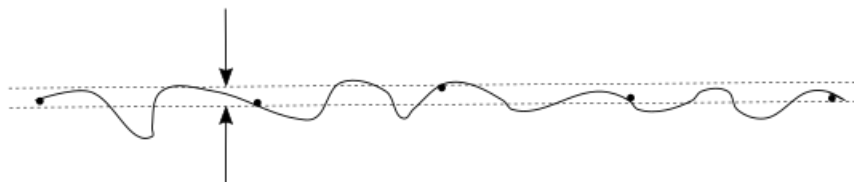
Par exemple, la rectitude réelle d'une droite se base sur des informations parfaites à propos de la surface. La rectitude mesurée se base sur les points mesurés. La rectitude mesurée peut être inférieure à la rectitude réelle si les points élevés et faibles réels ne

sont pas mesurés. La rectitude mesurée peut aussi être supérieure à la rectitude réelle si l'incertitude des points mesurés est importante.

Ci-dessous une illustration de la rectitude réelle d'une surface. Toute la coupe transversale de la surface réelle doit se trouver entre deux droites parallèles, où la distance entre ces droites est minimale. La distance entre les droites est la valeur réelle.



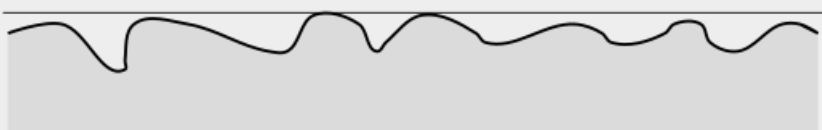
Ci-dessous une illustration de la rectitude mesurée d'une surface. Les points mesurés sur la coupe transversale de la surface réelle doivent se trouver entre deux droites parallèles. La distance entre les droites est la valeur mesurée. La droite fine continue représente la surface réelle (informations parfaites), alors que les petits points représentent les points de la surface mesurée (informations imparfaites). Dans ce cas, trop peu de points sont mesurés ; la valeur mesurée est alors inférieure à la valeur réelle :



Dans l'univers des spécifications, ISO 5459 : 2011 indique qu'un plan de référence primaire est défini comme plan min max contraint. Ce plan est externe à la matière. Il touche au moins un point élevé et il réduit les écarts avec les points bas (après filtrage de la surface).

Dans le monde des vérifications en revanche, si nous avons mesuré nos points de façon dense (beaucoup de points) et avons une incertitude de mesure nettement inférieure à l'erreur de forme, le meilleur algorithme dans cette situation de vérification est un algorithme min max contraint. Cet algorithme garantit que notre plan de référence mesurée correspond le plus possible au plan de référence indiqué. Par ailleurs, dans le monde des vérifications, si nos points mesurés ont une incertitude de mesure plus importante que l'erreur de forme (ce qui est courant), nous devons probablement utiliser un algorithme moindres carrés entier (non contraint). La majeure partie de l'erreur de forme mesurée est en effet vraiment une erreur de mesure ; l'entrée en contact avec les points élevés place alors le plan de référence très loin de la surface réelle. Dans ce cas, un fit moindres carrés entier est le meilleur choix.

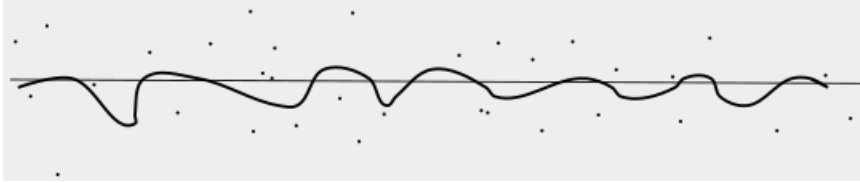
ci-dessous un exemple de plan de référence primaire contenant l'erreur de forme. La référence réelle spécifiée par ISO 5459 : 2011 est indiquée par la fine ligne droite.



Ci-dessous un exemple de ce plan de référence primaire, qui a été mesuré par un capteur où chaque point mesuré a une importante incertitude de mesure. La ligne continue onduleuse représente la surface réelle. Si vous utilisez le type mathématique de spécification (min max contraint après le filtrage de vide), la référence mesurée est très éloignée de la référence réelle, comme le montre la fine ligne droite.



Ci-dessous un exemple de la même référence primaire, avec les mêmes points mesurés, mais en utilisant un type mathématique moindres carrés entier (non contraint). Cette référence mesurée donne une approximation nettement meilleure que la référence réelle.



Souvent, vous devez éventuellement utiliser pendant la vérification des algorithmes autre que ceux de la spécification. C'est pourquoi les commandes de tolérances géométriques vous donnent des *options mathématiques* permettant de contrôler les algorithmes utilisés pour la vérification. Il peut s'avérer difficile de choisir les meilleures options mathématiques. La seule façon de savoir si vous avez choisi les meilleures options mathématiques est de faire une étude approfondie.

Procédure recommandée pour une étude approfondie

1. Prenez plusieurs pièces réelles représentant la variété d'erreurs que le processus de fabrication peut entraîner.
2. Mesurez de façon dense toutes les pièces avec un grand nombre de coupes transversales, et utilisez un équipement supposant une incertitude de mesure nettement inférieure à l'erreur de forme.
3. Choisissez des types mathématiques qui évaluent de près la spécification.
4. Mesurez les mêmes pièces comme vous pensez mesurer vos pièces en production. Utilisez les mêmes capteurs et stratégies de mesure que vous comptez utiliser.
5. Choisissez une large variété de types mathématiques et comparez à quel point ces types évaluent correctement vos mesurés de précision dense et élevée. Vous pouvez ainsi choisir la combinaison de types mathématiques qui évaluent le mieux possible la spécification.

En général, la meilleure option mathématique dépend du rapport entre votre incertitude de mesure et votre erreur de forme. Si l'incertitude de mesure excède nettement l'erreur

de forme, vous ne pouvez pas mesurer la vraie erreur de forme avec votre capteur et il est préférable de choisir quelque chose de simple comme un fit moindres carrés entier pour la référence et les types mathématiques de l'élément. Par ailleurs, si l'incertitude de mesure est nettement inférieure à l'erreur de forme, il est préférable de choisir des types mathématiques évaluant de près la spécification.



La discussion pour savoir comment choisir les types mathématiques n'a rien à voir avec la question de si votre capteur est capable de vérifier vos spécifications. Ce sujet complexe n'est pas abordé dans cette documentation. Il est toutefois essentiel que les ingénieurs de vérification choisissent des capteurs et des stratégies de mesure assez exacts avec les types mathématiques choisis pour vérifier la spécification.

Éléments considérés et tolérancés

Il existe une différence entre éléments considérés et éléments tolérancés.

Un élément considéré est une surface mesurée représentant la surface contrôlée. Vous mesurez les éléments considérés dans votre routine de mesure. Dans le langage de ISO 1101, un élément considéré est une mesure d'un vrai élément intégral. Quand vous utilisez la commande de tolérance géométrique, vous choisissez les éléments considérés pour chaque tolérance.

L'élément tolérancé est ce qui va à l'intérieur de la zone de tolérance. L'élément tolérancé est parfois la surface de l'élément considéré. Il s'agit parfois de quelque chose dérivé de la surface de l'élément considéré. Par exemple, il peut s'agir de l'axe de l'enveloppe de forme parfaite réelle (ASME Y14.5) ou de la droite médiane extraite (ISO 1101). Pour plus d'informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Phases d'évaluation

L'évaluation réelle d'une tolérance géométrique passe alors par plusieurs phases :

1. Mesure des surfaces des éléments considérés et des surfaces des éléments de référence
2. Calcul des références dans leur ordre hiérarchique de priorité
3. Production de l'élément tolérancé à partir de l'élément considéré si besoin est
4. Évaluation de chaque élément tolérancé dans sa zone de tolérance. Ceci est sujet aux contraintes des références.
5. Rapport sur le résultat évalué

Le plus souvent, vous êtes responsable de la phase 1 de ce processus d'évaluation. La commande de tolérance géométrique PC-DMIS gère les autres phases de façon à être conforme à ASME Y14.5 ou ISO 1101.

Sachant que vous êtes chargé de la phase 1 de ce processus d'évaluation, vous devez mesurer les surfaces de façon dense et avec assez de coupes transversales pour que les références et les valeurs mesurées puissent évaluer de près les références et les valeurs réelles. Pour ce faire, vous devez parfaitement comprendre les spécifications, les points forts et les points faibles de votre équipement de mesure, ainsi que les types d'erreurs que votre processus de fabrication peut entraîner.

Comparaisons avec la pratique antérieure

PC-DMIS 2020 R2 introduit le concept de commande de tolérance géométrique. Avant cela, PC-DMIS disposait de fonctionnalités FCF qui prenaient en charge d'anciens standards et qui étaient plus limitées.



Remarque terminologique : cette documentation fait référence à d'anciennes fonctionnalités comme XactMeasure. Dans les versions antérieures de PC-DMIS, la barre de titre de la boîte de dialogue de cadre de contrôle d'élément incluait « XactMeasure ». La commande de tolérance géométrique actuelle inclut le texte « Tolérance géométrique ».

Plusieurs comparaisons avec la pratique antérieure sont présentées dans cette documentation. Elles comparent les fonctionnalités et le comportement de XactMeasure aux fonctionnalités et au comportement de la commande de tolérance géométrique.

Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques

Introduction

À partir de PC-DMIS 2023.2, quand vous créez une routine de mesure, la boîte de dialogue **Nouvelle routine de mesure** requiert la sélection du standard GD&T approprié (voir « Création de nouvelles routines de mesure ») dans la documentation de PC-DMIS Core). PC-DMIS applique le standard GD&T que vous sélectionnez (ASME Y14.5 1994, ASME Y14.5 2009, ASME Y14.5 2018 ou ISO 1101 2012/2017) pour chaque commande de tolérance géométrique et de taille créée dans votre nouvelle routine de mesure. Pour plus d'informations, voir la section « Comparaison avec les pratiques passées - Référencement du standard GD&T » ci-dessous.

Utilisation de tolérances géométriques

Le plus souvent, pour votre routine de mesure, nous conseillons une structure simple comme suit :

1. Construisez un alignement initial pour rechercher la pièce dans l'espace 3D.
Pour des informations, voir le chapitre « Création et utilisation d'alignements » dans la documentation de PC-DMIS Core.
2. Mesurez toutes les surfaces des éléments considérés et des éléments de référence.
3. Définissez les références à l'aide de commandes de définition de références.
4. Définissez les tolérances de taille et les tolérances géométriques indiquées à l'aide de commandes de tolérances géométriques.
5. Définissez les tolérances simultanées à l'aide de commandes de tolérances simultanées.

Vous devez créer les tolérances de taille et les tolérances géométriques pour des références avant toute tolérance géométrique renvoyant à ces références. Les tolérances géométriques renvoyant à une référence doivent en effet souvent connaître les tolérances de taille et les tolérances géométriques sur cette référence. Si vous modifiez ensuite des tolérances de taille pour une référence, veuillez vérifier que toutes les tolérances géométriques suivantes renvoyant à cette référence ont les informations de tolérance de taille correctes pour la référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références » dans la documentation PC-DMIS Core.



Si vous modifiez les tolérances supérieures ou inférieures dans la fenêtre de modification ou dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** (onglet **Cadre de tolérance** ou **Valeurs nominales**), et que le même élément est utilisé comme référence ou élément pris en compte, PC-DMIS affiche une boîte de message demandant si vous voulez appliquer les mêmes changements à toutes les commandes suivantes faisant référence à cet élément.

Par exemple :

Tolérances

La tolérance de taille pour CYL1 a changé. Voulez-vous appliquer le même changement à toutes les commandes liées suivantes faisant référence à CYL1 ?

Oui Non

Si vous cliquez sur **Oui**, PC-DMIS met à jour les tolérances de taille pour toutes les commandes de tolérance géométrique sous la position du curseur faisant référence au même élément, comme élément considéré ou comme référence.

Si vous cliquez sur **Non**, PC-DMIS met uniquement à jour la tolérance de taille modifiée. PC-DMIS ne met à jour aucune tolérance de taille respective pour toutes les commandes de tolérance géométrique liées sous la position du curseur utilisant le même élément modifié, comme élément considéré ou comme référence.

Nous déconseillons de copier/coller ou de copier avec modèle pour répliquer la commande de tolérance géométrique. Cette fonction marche dans certains cas mais dans d'autres, pas du tout. Nous déconseillons également de placer la commande de tolérance géométrique dans une boucle pour les mêmes raisons : cette méthode marche dans certains cas mais pas dans d'autres. Il est en revanche correct de placer la routine de mesure entière à l'intérieur d'une boucle.

Comparaison avec les pratiques passées - Référencement du standard GD&T

Auparavant, XactMeasure vous permettait de créer des commandes de cadre de contrôle d'éléments faisant référence à différents standards GD&T dans la même routine de mesure. Vous pouviez aussi basculer le standard GD&T référencé depuis la commande. Les versions antérieures de la commande de tolérance géométrique prenaient également en charge ce comportement à des fins de migration. Il n'est

toutefois pas pertinent de mélanger des standards GD&T dans la même routine de mesure. La raison est que les pièces sont conçues selon une seule norme.

Par conséquent, à partir de PC-DMIS 2023.2, vous ne pouvez plus référencer des normes ASME et ISO dans la même routine de mesure.

Comparaison avec la pratique antérieure - Éléments construits

Dans le passé, en raison des limitations de XactMeasure, vous deviez souvent utiliser des commandes d'éléments construits. Il s'agissait de plans médians, de droites d'intersection, etc. Vous les utilisiez comme éléments considérés ou comme éléments de référence.

Avec les tolérances géométriques toutefois, la plupart des commandes d'éléments construits sont un obstacle. Les éléments construits peuvent empêcher une tolérance géométrique de comprendre la surface mesurée. Dans de rares cas cependant, il est justifié d'utiliser une commande d'élément construit :

- Les commandes de largeurs construites sont nécessaires pour représenter une largeur (ASME Y14.5) ou des plans parallèles opposés (ISO 1101). Il n'existe en effet pas encore de commande de largeur automatique dans PC-DMIS. Les commandes de largeurs construites conservent toutes les données de surface et ne gênent pas la commande de tolérance géométrique.
- Des commandes d'ensembles construits sont parfois nécessaires. Quand toutes les entrées représentent des surfaces mesurées, les ensembles construits conservent toutes les données de surface et ne gênent pas la commande de tolérance géométrique.
- Dans de rares cas, il est justifié de mesurer un élément avec des commandes de points distinctes comme des points de vecteur. Vous pouvez alors construire un élément Best Fit avec recompensation (BFRE) à partir des points de vecteur. L'élément construit conserve les données de surface, ce qui ne gêne pas la commande de tolérance géométrique.



Pour des constructions Best Fit (BF) ou Best Fit Recompensate (BFRE), quand vous utilisez un type d'élément pour vos éléments d'entrée, les types BF et BFRE sont en général utilisés pour des points ou des ensembles de points (un scanning de points, un ensemble d'éléments avec des points ou une expression résolvant un regroupement de points).

Pour des détails sur l'utilisation des méthodes Best Fit et Best Fit Recompensate pour construire des éléments, voir la rubrique « Constructions Best Fit (BF) et Best Fit Recompensate (BFRE) » dans la documentation de PC-DMIS Core.

- Dans de rares cas, un élément considéré ou un élément de référence doit éventuellement être une géométrie dérivée. Il n'a alors pas de surface. Tel est le cas par exemple du cercle circonscrit minimum contenant trois goupilles dans ASME Y14.5 2018 Figure 7-42 (b). Dans ce genre de situation, la seule façon de transmettre l'intention à la commande de tolérance géométrique est de construire un élément sans données de surface. Si vous procédez ainsi, vous devez respecter les standards qui s'appliquent.

La commande de tolérance géométrique utilise des éléments construits sans informations de surface des façons suivantes :

- Comme l'élément tolérancé
- Comme l'élément de référence pré-résolu (élément de situation dans le langage ISO 5459)

Dans ces cas, vous passez aux phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés. Pour des informations sur le processus d'évaluation conceptuelle, voir « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments » dans la documentation de PC-DMIS Core. Pour des informations sur les types de commandes d'éléments avec ou sans données de surface, voir « Types d'éléments avec et sans données de surface » dans la documentation de PC-DMIS Core.

Comparaison avec la pratique antérieure - Données mesurées dans des coupes transversales

Certains types de tolérances géométriques requièrent l'évaluation de données mesurées dans les coupes transversales. Prenez par exemple la spécification de rectitude de l'axe sur un cylindre. Vous devez mesurer le cylindre dans plusieurs coupes transversales pour les raisons suivantes :

- Pour calculer le centre de chaque coupe transversale
- Pour évaluer la rectitude de l'axe des centres des cercles

Avec la commande XactMeasure, vous deviez mesurer plusieurs commandes de cercle. Il pouvait aussi s'agir d'éléments enfants d'une stratégie de scanning. Vous deviez ensuite construire une droite Best Fit (BF) 3D qui passait par les centres des cercles. Pour finir, vous deviez créer une tolérance de rectitude d'axe XactMeasure sur cette droite BF.

Avec la commande de tolérance géométrique, vous n'avez plus besoin de passer par autant d'étapes. À présent, vous mesurez le cylindre (à l'aide d'une stratégie de mesure ou non). Vous évaluez ensuite la rectitude de l'axe sur le cylindre. La commande de tolérance géométrique divise automatiquement les données dans les coupes transversales (en fonction de la distribution des points). Elle calcule ensuite le centre de chaque cercle et évalue la rectitude sur les centres.

À compter de PC-DMIS 2025.1, la commande de tolérance géométrique améliore grandement sa coupe automatique pour prendre en charge une plus grande plage de distribution des points dans un élément tout en calculant encore les coupes transversales. L'objectif de cette amélioration est principalement de prendre en charge des éléments mesurés avec un capteur laser, mais elle s'applique à tous les types de capteur pour offrir plus de flexibilité. Les données laser sont rarement organisées en coupes transversales propres, et les anciennes fonctionnalités de coupe transversale limitaient les types de tolérance qui pouvaient être évalués. Par exemple, vous ne pouviez auparavant pas évaluer la circularité, le battement circulaire ou la rectitude (surface ou axe) d'un cylindre laser, car il n'y avait en général pas de coupes transversales propres. Le plus souvent, la fonctionnalité améliorée de coupes transversales peut automatiquement extraire des coupes transversales linéaires ou circulaires à partir de n'importe quel motif de point quand des éléments sont mesurés avec la densité de points adéquate. Ceci peut toutefois entraîner dans certains cas un comportement non désiré. Par exemple, un minimum de trois palpées réparties sur au moins 90 degrés d'arc sont requis pour chaque coupe transversale circulaire. Dans ces cas extrêmes peuvent échouer :

- Des éléments avec très peu de données de palpée.
- Des éléments avec des motifs de palpée en spirale incluant une ou quelques révolutions et un pas élevé (cylindre de scanning en spirale)

adaptatif, cylindres automatiques ou cônes automatiques avec un pas appliqué, cylindres ou cônes BF/BFRE construits, cônes ou cylindres mesurés manuellement).

- Des éléments avec une couverture partielle.

En général, pour vous assurer que la commande de tolérance géométrique coupe les données exactement comme vous le souhaitez, vous devez mesurer les données dans des coupes transversales (comme requis pour les versions antérieures de PC-DMIS). Pour les dispositifs manuels (comme des bras portables), il est recommandé d'utiliser des déclencheurs automatiques pour plus de contrôle et que les données soient collectées dans une coupe transversale. Ceci permet également de conserver une cohérence lorsqu'il y a plusieurs utilisateurs pour le dispositif.

Comparaison avec la pratique antérieure - Éléments considérés et données mesurées

Avec la commande de tolérance géométrique, chaque élément considéré a une valeur mesurée. Dans certains cas, le comportement est différent de celui de XactMeasure.

Prenez par exemple une tolérance de profil de surface de trois cercles. Dans XactMeasure, vous n'obteniez qu'une valeur mesurée. Avec une commande de tolérance géométrique, vous en obtenez trois.

Par conséquent, si vous voulez une seule valeur mesurée, vous devez construire un ensemble d'éléments d'entrée et en faire l'élément considéré.

Nous avons opté pour ce nouveau comportement car il offre plus de flexibilité pour signaler les valeurs mesurées. Les valeurs mesurées uniques sont toujours disponibles avec un ensemble construit. Mais des valeurs mesurées distinctes sont aussi disponibles là où elles ne l'étaient pas auparavant.

Comparaison avec la pratique antérieure - Types mathématiques ISO

Dans les versions de PC-DMIS antérieures à la version 2025.1, quand vous sélectionniez ISO 1101 comme norme GDT, ces trois types mathématiques pour la commande de tolérance géométrique étaient disponibles :

- **FEATURE_MATH** - Ce type mathématique déterminait quelle option mathématique (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) PC-DMIS utilisait pour les éléments pris en compte. PC-DMIS l'appliquait au calcul de la taille et au calcul de l'élément pris en compte pour une comparaison à la spécification de tolérance géométrique associée.

- **DATUM_MATH** - Ce type mathématique détermine quelle valeur (**DEFAULT**, **LSQ** ou **CL2**) est utilisée par PC-DMIS pour les éléments de référence. PC-DMIS l'applique au calcul de taille et au fit de référence.
- **TOLERANCE_ZONE_MATH** - Ce type mathématique déterminait quelle option mathématique (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) PC-DMIS utilisait pour les calculs de forme ou de profil.

Si vous avez changé l'option mathématique de l'élément ou si votre tolérance faisait référence à l'élément pris en compte à MMC/LMC, la façon dont la taille est indiquée était affectée (pour des détails, voir la rubrique « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique » dans la documentation de PC-DMIS Core). Ceci simplifiait la vérification manuelle des calculs de bonus car toutes les informations pertinentes de taille figuraient dans le rapport.

En raison de la règle d'indépendance (voir ISO 8015), ISO permet que toutes les caractéristiques d'une tolérance géométrique soit calculée séparément. À compter de PC-DMIS 2025.1, la commande de tolérance géométrique adopte ces changements :

- **SIZE_MATH** - Il s'agit du nouveau type mathématique que PC-DMIS peut utiliser pour déterminer comment il calcule la taille de l'élément. Vous avez le choix entre **PAR DÉFAUT** ou **LSQ**, ou vous pouvez ajouter un modificateur ISO. Pour des détails sur l'ajout d'un modificateur ISO, voir la section « Modificateurs de taille ISO » de la rubrique « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique » dans la documentation de PC-DMIS Core.
- **FEATURE_MATH** - Ce type mathématique détermine uniquement comment est calculé l'élément pris en compte pour une comparaison à la spécification de la tolérance géométrique. Vous avez le choix entre **PAR DÉFAUT** et **LSQ**, ou vous pouvez ajouter un modificateur d'élément tolérancé associé ISO à la section de tolérance du cadre de contrôle d'élément.
- **DATUM_MATH** - Ce type mathématique détermine quelle valeur (**DEFAULT**, **LSQ** ou **CL2**) est utilisée par PC-DMIS pour les éléments de référence. PC-DMIS l'applique au calcul de taille et au fit de référence.
- **TOLERANCE_ZONE_MATH** - Ce type mathématique sépare les tolérances de forme et de profil comme décrit ci-dessous :
 - Tolérance de forme - Vous avez le choix entre **PAR DÉFAUT** et **LSQ**, ou vous pouvez ajouter un modificateur d'association d'élément de référence ISO à la section de tolérance du cadre de contrôle d'élément.

- Tolérances de profil (sans référence) - Vous avez le choix entre **PAR DÉFAUT** et **LSQ**.

En fonction de la combinaison des types mathématiques ou modificateurs que vous sélectionnez, sachez qu'il peut ne plus être possible de vérifier manuellement dans toutes les situations les calculs de bonus. PC-DMIS utilise toujours l'enveloppe d'assemblage applicable (E) pour déterminer les valeurs de bonus ISO, mais cette taille peut ne pas figurer dans le rapport si vous sélectionnez un autre modificateur de taille.

Pour plus d'informations, voir ISO 1101:2017, section 8.2.2.2.2 (de spécification d'élément tolérancé associé) et 8.2.3.1 (spécification d'association d'élément de référence). Voir également les section « Dérivation de l'élément tolérancé » et « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique » dans la documentation de PC-DMIS Core.

Définition et utilisation de références

La plupart des tolérances géométriques renvoient à une ou plusieurs références. Il s'agit d'un identificateur de référence qui désigne un ou plusieurs éléments de référence. Cet identificateur consiste normalement en une lettre comme A ou D, mais il peut aussi s'agir d'une séquence contenant jusqu'à trois lettres. Dans PC-DMIS, un identificateur de référence peut renvoyer à l'un des éléments suivants :

- Un seul élément, comme un plan, une droite, un point, un cylindre, un cercle, un cône, une sphère ou une largeur—on parle souvent de *référence simple*.
- Un ensemble d'éléments similaires en taille qui ont la même taille nominale et la même tolérance de taille ; ce cas se limite aux cylindres, cercles, sphères et largeurs—on parle souvent de *modèle de référence*.



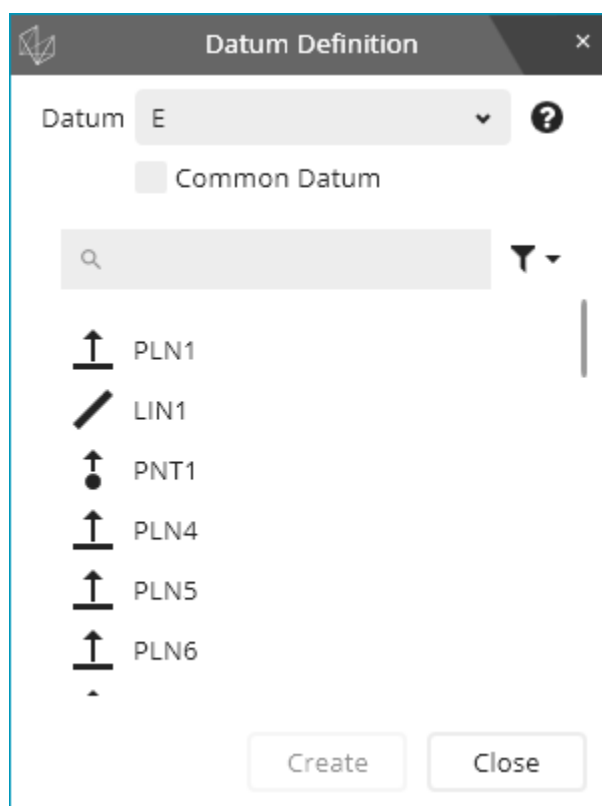
PC-DMIS vous permet uniquement d'utiliser une largeur 1D comme référence. Vous ne pouvez pas utiliser de modèles de largeurs 1D comme référence.

Une tolérance géométrique peut renvoyer simultanément à deux identificateurs de référence ou plus en les liant par un tiret, comme C-D ; on parle souvent de référence courante. PC-DMIS prend en charge plusieurs combinaisons d'éléments comme références courantes. Pour plus d'informations, voir « Références courantes ».

Utilisation de la boîte de dialogue Définition des références et syntaxe de la commande

Pour pouvoir utiliser une référence, vous devez d'abord la définir dans votre routine de mesure. Vous pouvez pour ce faire utiliser la commande de définition de référence ([DATDEF](#)). Pour définir une référence et créer cette commande, sélectionnez **Insérer | Dimension | Définition des références** dans le menu.

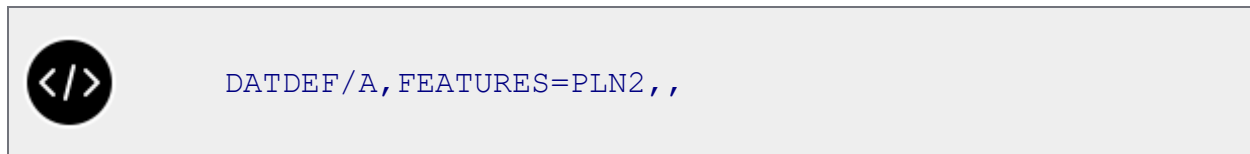
La boîte de dialogue **Définition des références** s'ouvre :



1. Dans la zone **Référence**, entrez ou sélectionnez le nom de la référence.
2. Dans la liste des éléments de référence, sélectionnez un ou plusieurs éléments.
3. Si vous sélectionnez un élément, le cadre des références représente une référence unique. Une fois cet élément sélectionné, PC-DMIS filtre la liste d'élément pour qu'elle montre seulement les autres éléments avec les mêmes caractéristiques. Par exemple, si vous sélectionnez un cercle avec un diamètre de 25 mm, il filtre la liste pour montrer les autres cercles du même diamètre. Il vous est ainsi plus facile de sélectionner d'autres éléments similaires afin que votre cadre des références représente un modèle.
4. Cliquez sur **Créer**.

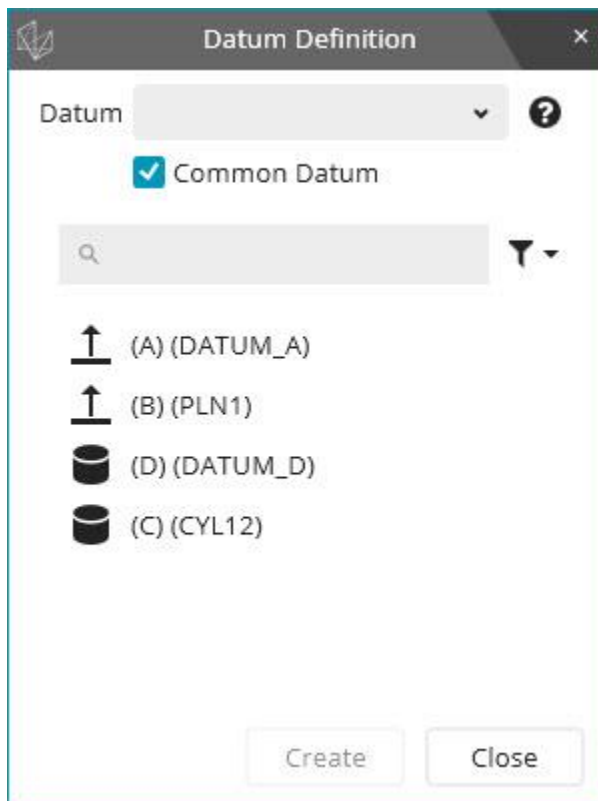
5. Si besoin est, continuez à utiliser la boîte de dialogue afin de créer d'autres références ou des références courantes.

La syntaxe de la commande de définition de référence dans la fenêtre de modification peut ressembler à ce qui suit :



Référence - Cette zone définit le nom du cadre des références. Il s'agit normalement d'une lettre comme E ou d'une séquence de lettres comme BG.

Référence courante - Cette case à cocher vous permet de définir une référence courante. Si vous la cochez, la liste d'éléments ne montre plus d'éléments ; à la place, elle montre les références que vous avez déjà définies et les éléments associés aux références.



Boîte de dialogue Définition des références - case à cocher Référence courante

Par exemple, pour définir la référence courante A-B, définissez d'abord la référence A, puis la référence B, puis cochez la case **Référence courante**. Dans la liste des

références disponibles, sélectionnez la référence A puis la référence B pour définir la référence courante A-B.

Si vous utilisez une référence courante, la syntaxe de la commande de définition de référence dans la fenêtre de modification peut ressembler à ce qui suit :



```
DATDEF/A-B, FEATURES=DATUM_A, PLN1,
```

Références uniques

Une seule référence renvoie à un identificateur de référence comme A ou AC concernant un seul élément de référence. Une seule référence peut renvoyer à l'un des types suivants d'éléments :

- Plan
- Droite
- Point
- Cylindre
- Cercle
- Sphère
- Cône
- Largeur

La plupart des références dans la commande de tolérance géométrique sont semblables aux éléments de référence dans un gabarit d'inspection :

- Elles ont une distance et une orientation fixes les unes par rapport aux autres.
- Elles engagent la pièce dans un ordre de préférence défini.

Comparaison avec la pratique antérieure :

Sous XactMeasure, PC-DMIS traitait la plupart du temps les éléments de référence comme des éléments d'alignement. Ils définissaient le niveau, la rotation et l'origine.

La commande de tolérance géométrique est plus précise car elle simule comment le cadre de tolérance contact la pièce de forme parfaite.

Types d'éléments représentant une surface plane

Un élément de référence peut représenter une surface plane avec un élément plat, une droite mesurée sur une surface ou un point mesuré sur une surface.

Alors que vous pouvez mesurer une droite de surface ou un point de surface sur un élément non plat, PC-DMIS les traite toujours comme s'ils provenaient de surfaces planes s'ils sont indiqués comme des références dans la commande de tolérance géométrique. Pour plus de détails, voir « Comment PC-DMIS résout des références ».

Types d'éléments représentant une surface cylindrique

Un élément de référence peut représenter une surface cylindrique avec un cylindre ou un cercle. Alors que vous pouvez mesurer un cercle sur un élément non cylindrique, PC-DMIS traite toujours les cercles comme s'ils provenaient de surfaces cylindriques s'ils sont indiqués comme des références dans la commande de tolérance géométrique. Pour plus de détails, voir « Comment PC-DMIS résout des références ».

Références courantes

Une *référence courante* désigne un identificateur comme A-B ou A-BC-D. Elle inclut un ou plusieurs tirets séparant des identificateurs de références. PC-DMIS prend en charge plusieurs combinaisons de références courantes décrites dans cette section de la documentation.

Références courantes : Meilleures pratiques

Quand vous référencez des éléments comme références courantes, nous vous recommandons d'utiliser des éléments 3D pour les raisons suivantes :

- Les éléments 3D représentent des surfaces d'élément et capturent plus de données pour évaluer correctement vos références.
- Les éléments 3D contrôlent correctement les degrés de liberté (DoF) applicables, que vous pouvez ensuite utiliser comme références primaires, secondaires et tertiaires.
- Vous pouvez uniquement référencer des éléments de largeur 1D et 2D comme références secondaires ou tertiaires.



PC-DMIS ne prend pas en charge un modèle d'éléments 2D comme partie d'une référence courante. PC-DMIS accepte uniquement des modèles de références composés de cylindres, de sphères ou largeurs 3D comme partie d'une référence commune.

Références courantes : Instructions générales

Pour les références courantes, PC-DMIS vous permet de mélanger les mêmes types d'éléments. Vous pouvez combiner des éléments individuels avec un ou plusieurs modèles. PC-DMIS vous permet **uniquement** de mélanger différents types d'éléments dans ces cas :

# d'éléments d'entrée	Référence courante Élément #1	Référence courante Élément #2	Référence courante Éléments #3-5 (en cas de sélection)	Commentaires
Minimum de deux éléments	Plan	Plan	Plan	Uniquement plusieurs plans parallèles. Voir l'exemple 1.
2		Cylindre	-	Uniquement un plan et un cylindre perpendiculaire au plan. Voir l'exemple 6.
2	Cylindre	Cône	-	Uniquement un cône coaxial et un cylindre. Voir l'exemple 7.
2		Plan	-	Uniquement un plan et un cylindre perpendiculaire au plan. Voir l'exemple 6.
Minimum de deux éléments		Cercle	Cercle ou cylindre	Seuls des cercles coaxiaux et des

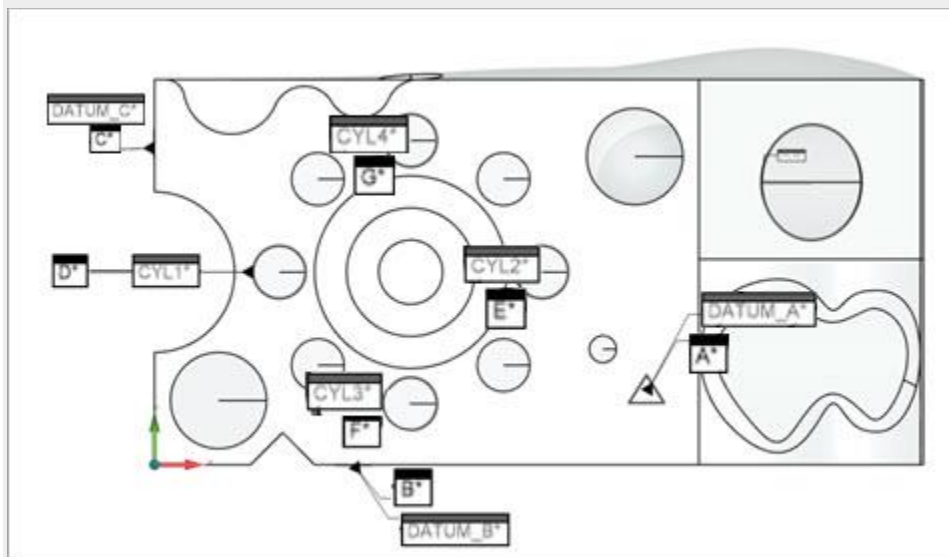
				<p>cylindres peuvent être utilisés pour une référence commune principale. Voir l'exemple 8.</p> <p>Cette restriction de coaxialité ne s'applique pas aux références communes secondaires ou tertiaires.</p>
Minimum de deux éléments		Cylindre ou modèle de cylindres	Cylindre ou modèle de cylindres	Chaque élément ou modèle peuvent être des éléments internes ou externes et avoir différentes tailles. Voir les exemple 2, 4 et 5.
Minimum de deux éléments	Modèle de cylindres	Cylindre ou modèle de cylindres	Cylindre ou modèle de cylindres	
Minimum de deux éléments	Cercle	Cercle ou cylindre	Cercle ou cylindre	<p>Seuls des cercles coaxiaux et des cylindres peuvent être utilisés pour une référence commune principale. Voir l'exemple 8.</p> <p>Cette restriction de coaxialité ne s'applique pas aux références</p>

				communes secondaires ou tertiaires.
2	Cône	Cylindre	-	Uniquement un cône coaxial et un cylindre. Voir l'exemple 7.
Minimum de deux éléments	Sphère	Sphère ou modèle de sphères	Sphère ou modèle de sphères	Chaque élément ou modèle doivent être des sphères internes ou externes et possèdent la même taille nominale.
	Modèle de sphères	Sphère ou modèle de sphères	Sphère ou modèle de sphères	
Minimum de deux éléments	Largeur 3D	Largeur 3D ou modèle de largeurs 3D	Largeur 3D ou modèle de largeurs 3D	Chaque élément ou modèle peuvent être des éléments internes ou externes et avoir différentes tailles. Voir l'exemple 3. Quand vous sélectionnez plusieurs largeurs (ou un modèle de largeurs), elles
	Modèle de largeurs 3D	Largeur 3D ou modèle de largeurs 3D	Largeur 3D ou modèle de largeurs 3D	

				<p>ont besoin d'une direction de plan de travail pour être des références acceptables. La direction de plan de travail est nécessaire pour simuler le cadre de référence de données semblable à un gabarit fonctionnel passant dans diverses largeurs.</p>
--	--	--	--	--

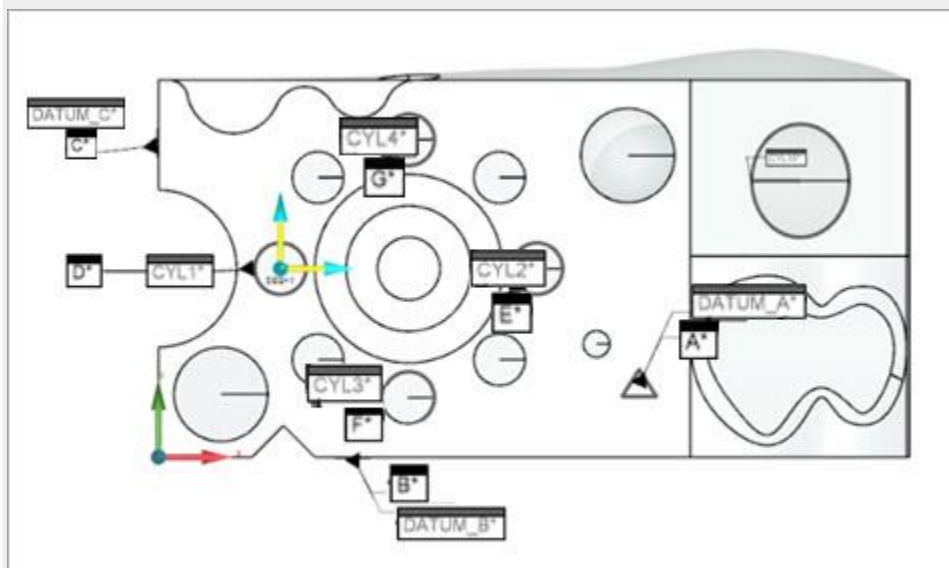



Dans certains cas, l'emplacement du trièdre du système de coordonnées peut être différent des axes figurant dans le dessin pour la pièce. Par exemple, la pièce ci-dessous montre quatre références cylindriques (D, E, F et G) :

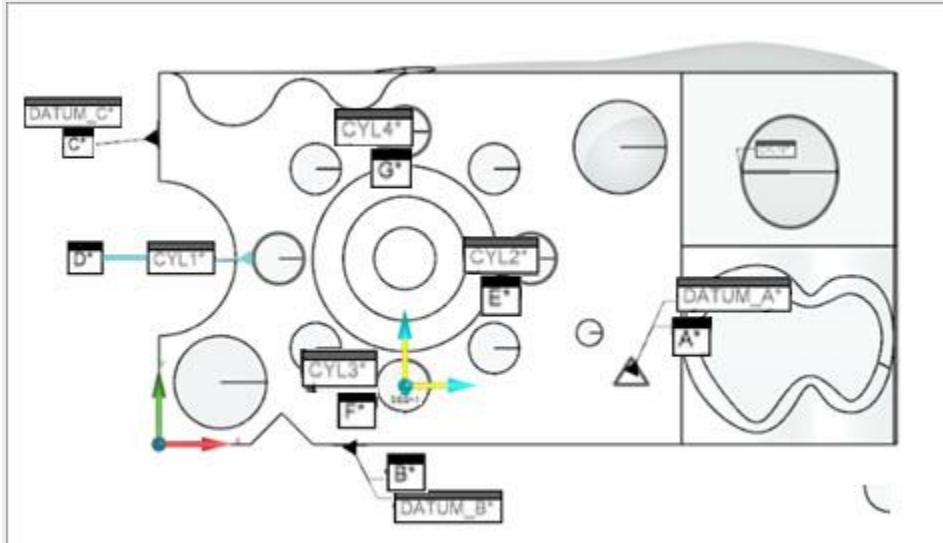


Ø 18 0.75/0.75		
\oplus	Ø 0.4 <MC> <PZ> A D-E <MC>	

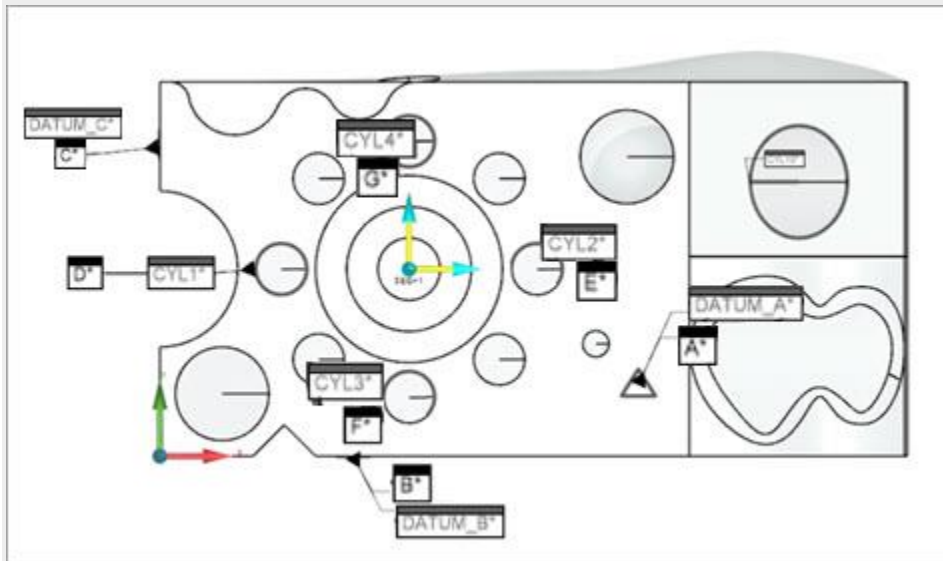
Pour , PC-DMIS centre le trièdre sur la référence D comme illustré ci-dessous :



Pour , PC-DMIS centre le trièdre sur la référence F comme illustré ci-dessous :



Pour , PC-DMIS place le trièdre entre les quatre références (centre du modèle) comme illustré ci-dessous :



PC-DMIS vous permet de changer facilement l'emplacement et l'orientation du trièdre. Pour ce faire, commencez par créer ou sélectionner une commande d'alignement appropriée, puis changez les coordonnées d'affichage de la commande de tolérance géométrique, de **Cadre des références** à **Alignement actuel**. Pour des détails, voir la section « Afficher les coordonnées » de la rubrique « Onglet Valeurs nominales » au chapitre « Utilisation de tolérances géométriques » de la documentation PC-DMIS Core.

Toute combinaison non prise en charge d'éléments entraîne un message d'erreur quand vous tentez de créer le cadre de contrôle d'éléments (FCF), comme :

PC-DMIS

Erreur de référence d'éléments multiples. Elle peut être provoquée par des valeurs nominales incorrectes (vecteur x, y, z ou i, j, k) ou une combinaison d'éléments non prise en charge.

Quand vous sélectionnez des éléments de référence comme des références courantes, vérifiez qu'ils ont tous des données de surface, ou qu'aucun n'a de données de surface.



Si vous devez combiner des éléments de référence avec et sans données de surface, ils sont uniquement pris en charge avec des modificateurs de condition matérielle (M ou L). Le type mathématique de référence est disponible, mais il s'applique uniquement aux éléments de référence avec des données de surface. PC-DMIS ne recalcule pas les éléments de référence sans données de surface car ils emploient un type mathématique de la commande d'élément représentant la référence.

Quand vous créez des références courantes dans la boîte de dialogue **Définitions de référence (DATDEF)**, PC-DMIS effectue une vérification limitée d'erreur. Toutes les vérifications de validité sont réalisées par la commande de tolérance géométrique quand le cadre FCF est généré.

- Une fois le cadre FCF terminé, PC-DMIS réalise une vérification finale que la référence courante est prise en charge. Si la vérification du cadre FCF échoue, PC-DMIS signale cet échec avec un message d'erreur.
- Si la référence courante inclut une erreur, reportez-vous au tableau et aux instructions générales ci-dessus concernant les références courantes afin de résoudre les problèmes se produisant.
- PC-DMIS prend actuellement en charge un maximum de cinq références individuelles ou modèles de références combinés pour définir une référence courante (par exemple, A – B – C – D – E).

- PC-DMIS ne prend pas en charge la combinaison d'éléments de référence avec des données de surface et d'éléments de référence sans données de surface. Pour plus d'informations, voir « Type d'éléments avec et sans données de surface ».

Comme requis par ASME Y14.5 et ISO 5459, les simulateurs de références courantes pour le modèle sont nominalement orientés et placés l'un par rapport à l'autre. PC-DMIS prend en charge l'utilisation d'un modificateur (MMB ou LMB) sur la référence courante, quand TOUS les éléments (dans la référence courante) sont des « éléments de taille ». Quand aucun N4EST un élément de taille, les modificateurs ne sont pas autorisés.

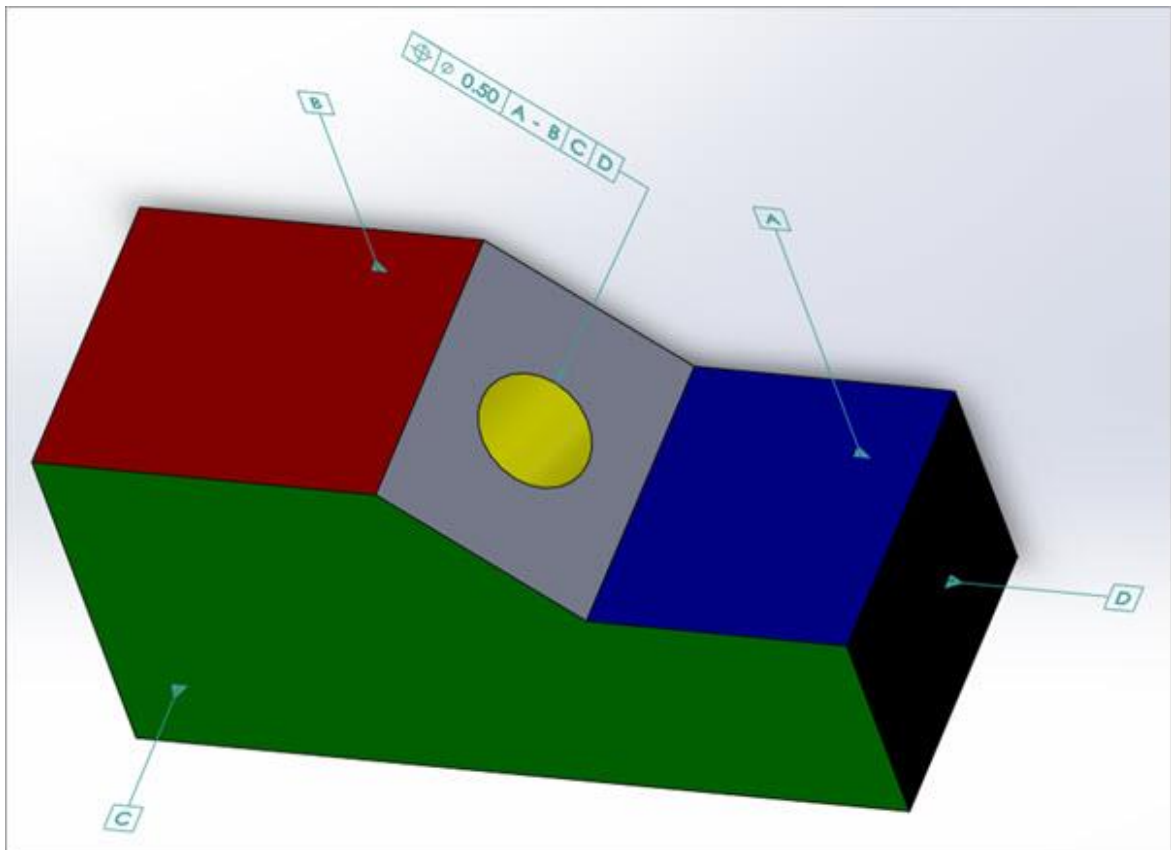


Pour que PC-DMIS augmente ou réduise correctement les tailles du simulateur de façon simultanée et calcule les limites matérielles (si vous utilisez MMB ou LMB), vous devez auparavant avoir appliqué à chaque référence sa priorité supérieure. Vous devez également veiller à inclure les tolérances de taille avant d'autoriser d'autres tolérances géométriques à référencer ces références.

Dans la routine de mesure, les tolérances sur la référence doivent être AVANT les tolérances géométriques qui renvoient ces références.

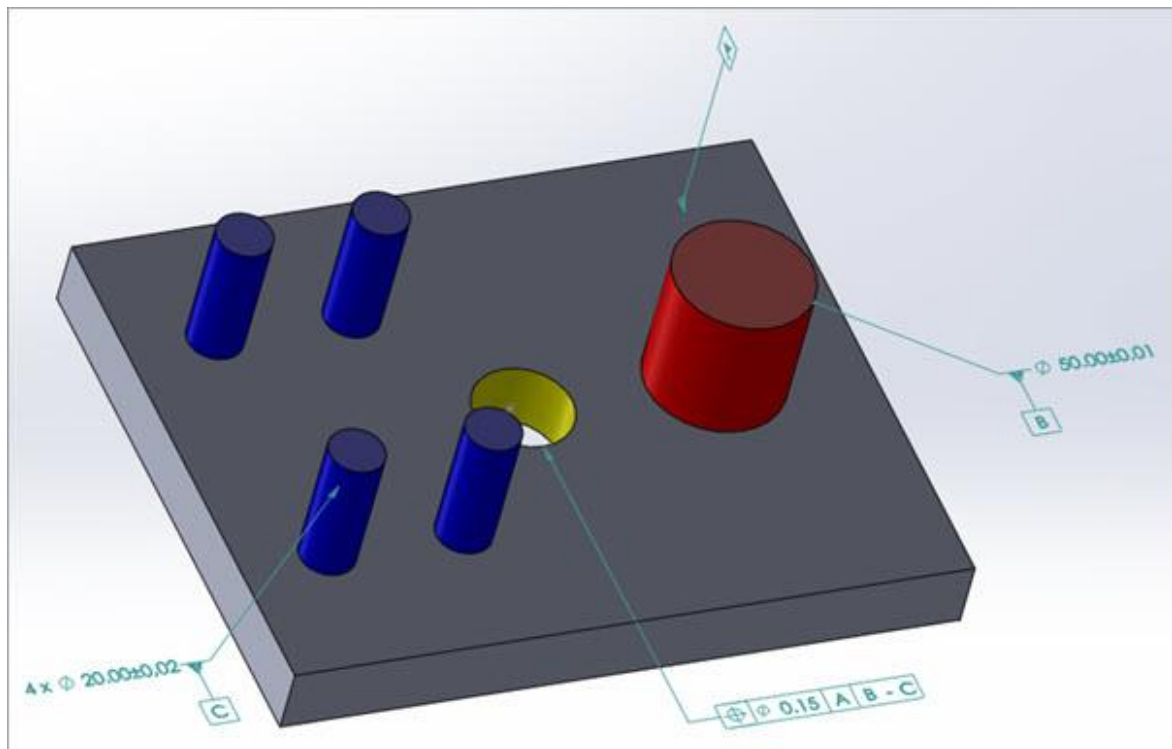
Des exemples de combinaisons de références courantes prises en charge sont décrits ci-dessous.

Exemple 1 : Plan A et plan B parallèle comme référence courante A-B



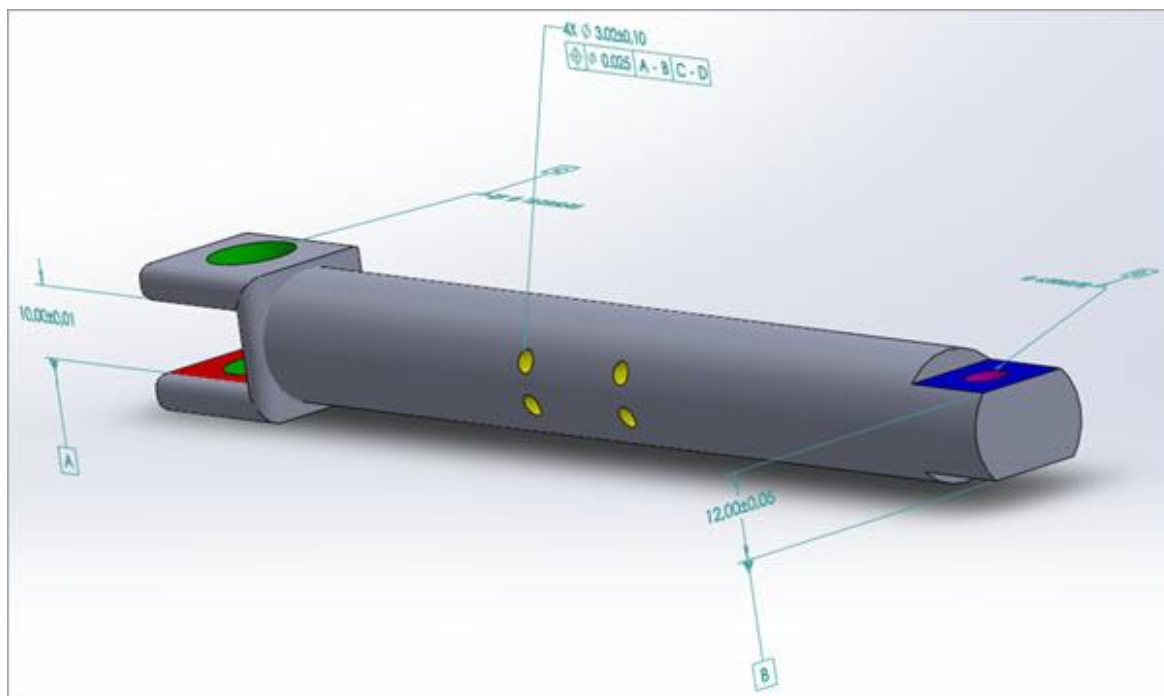
Exemple 1 : Plan A (bleu) et plan B parallèle (rouge) comme référence courante A-B

Exemple 2 : Cylindre externe B avec un modèle de cylindres externes C comme référence courante B-C



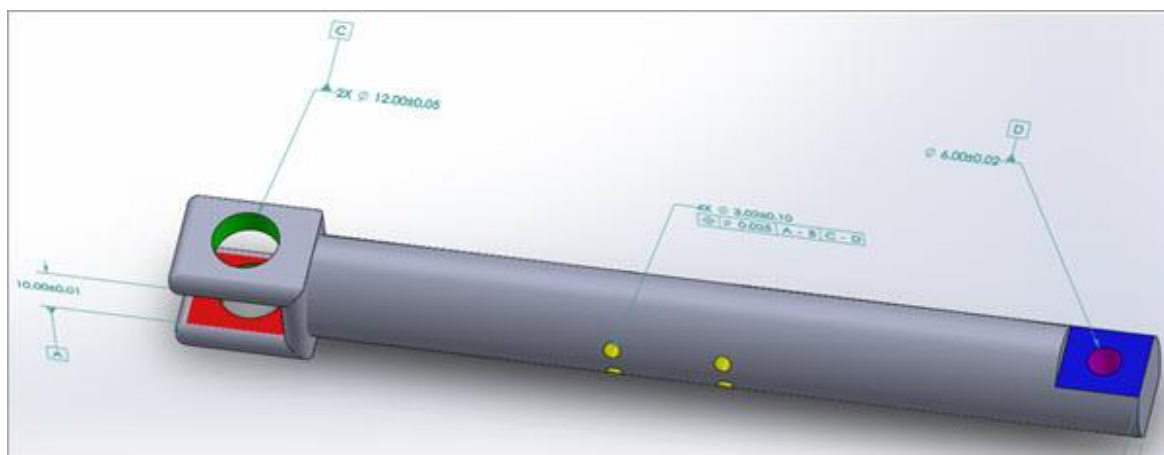
Exemple 2 : Cylindre externe B (rouge) avec un modèle de cylindres externes C (bleu) comme référence courante B-C

Exemple 3 : Largeur externe A avec une largeur externe B comme référence courante primaire A-B



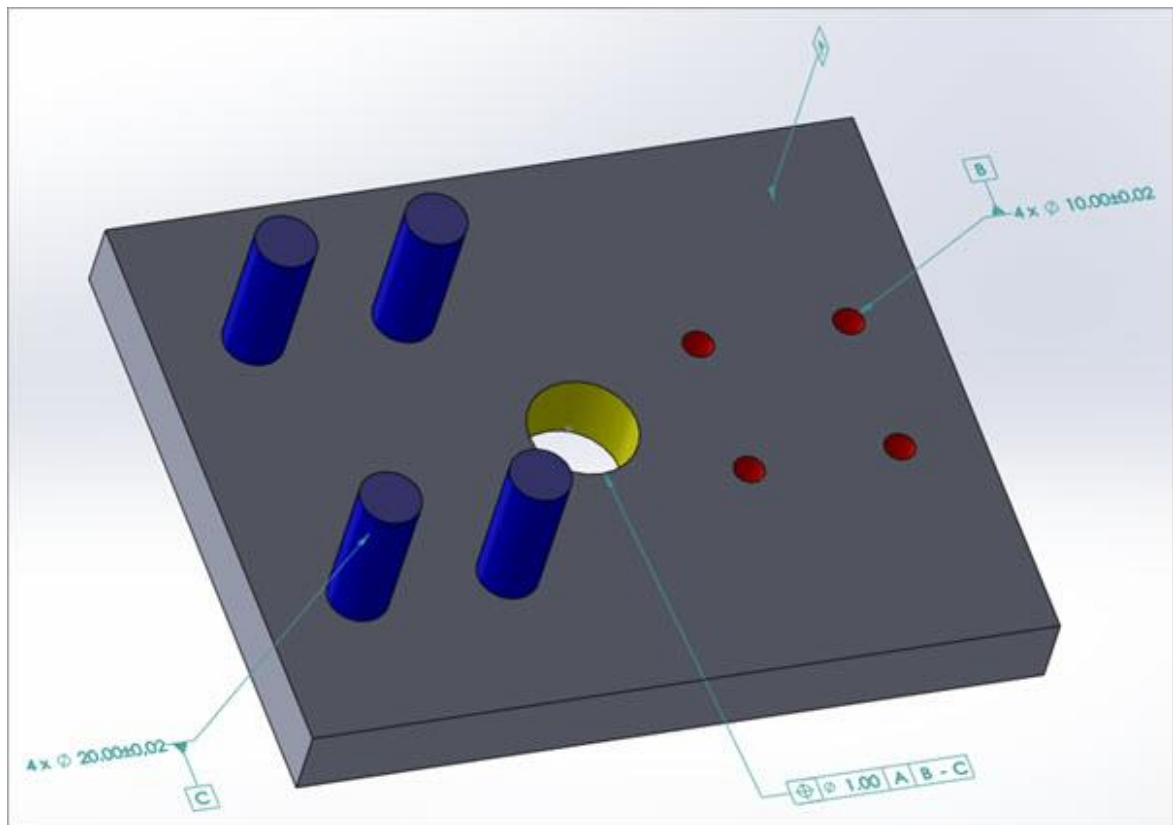
Exemple 3 : Largeur externe A (bleu) avec une largeur externe B (rouge) comme référence courante primaire A-B

Exemple 4 : Cylindre interne C avec un cylindre interne D comme référence courante secondaire C-D



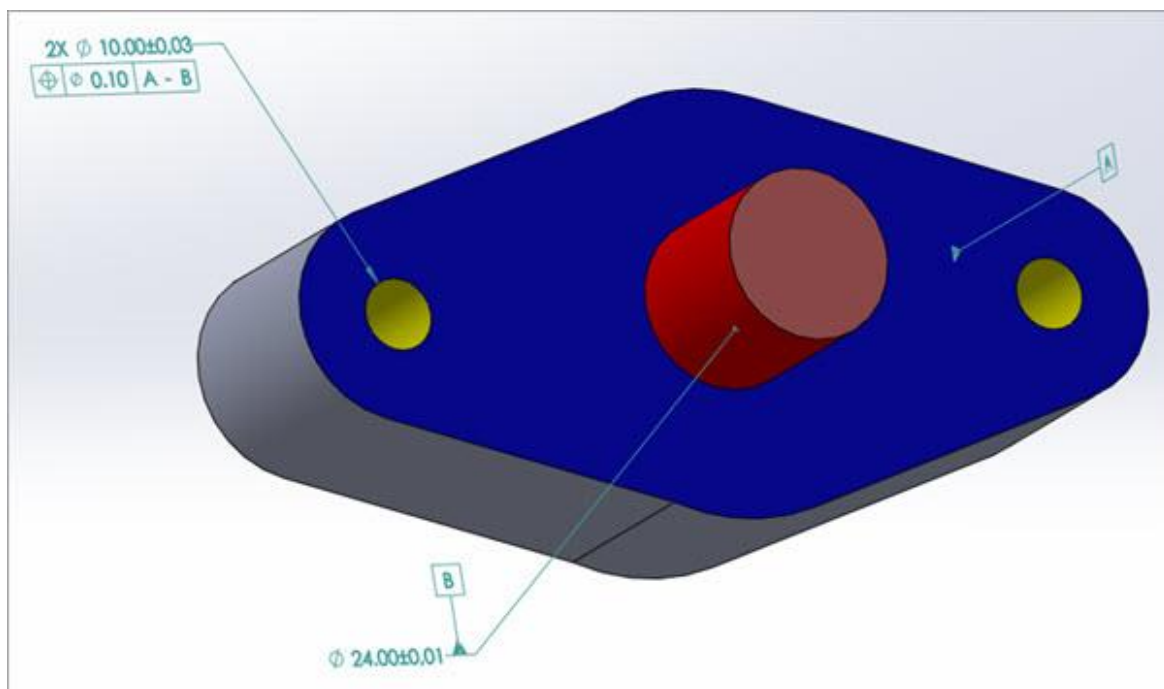
Exemple 4 : Cylindre interne C (vert) avec un cylindre interne D (magenta) comme référence courante secondaire C-D

Exemple 5 : Modèle de cylindres internes B et modèle de cylindres externes C comme référence courante B-C



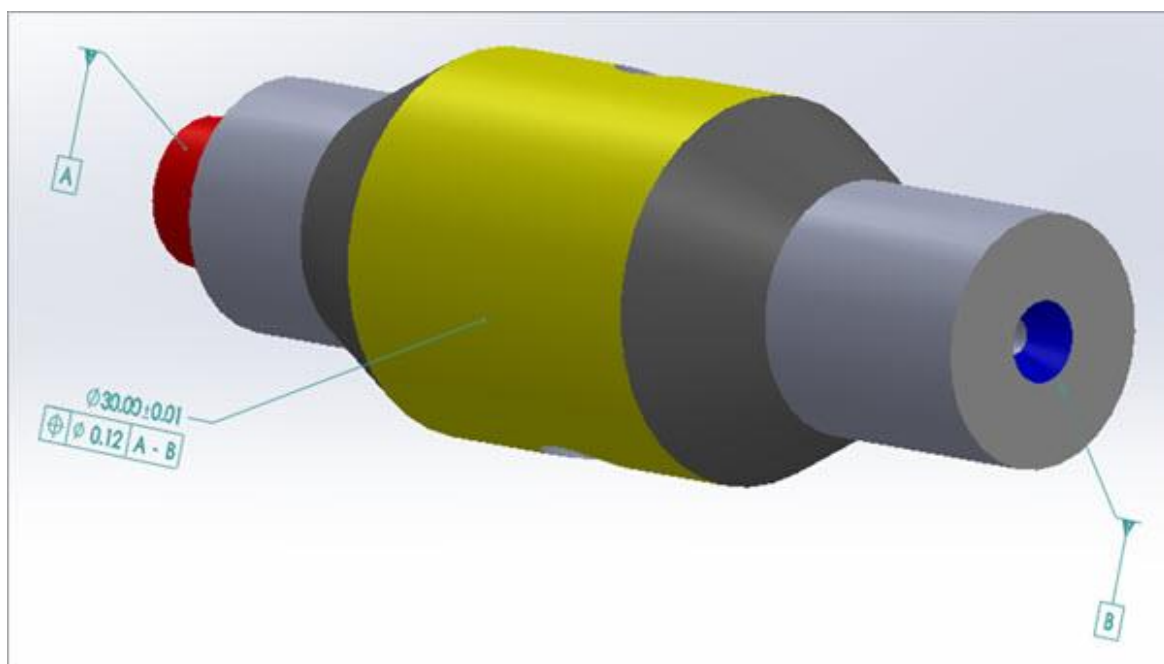
Exemple 5 : Modèle de cylindres internes B (rouge) et modèle de cylindres externes C (bleu) comme référence courante B-C

Exemple 6 : Plan A et cylindre externe B comme référence courante A-B



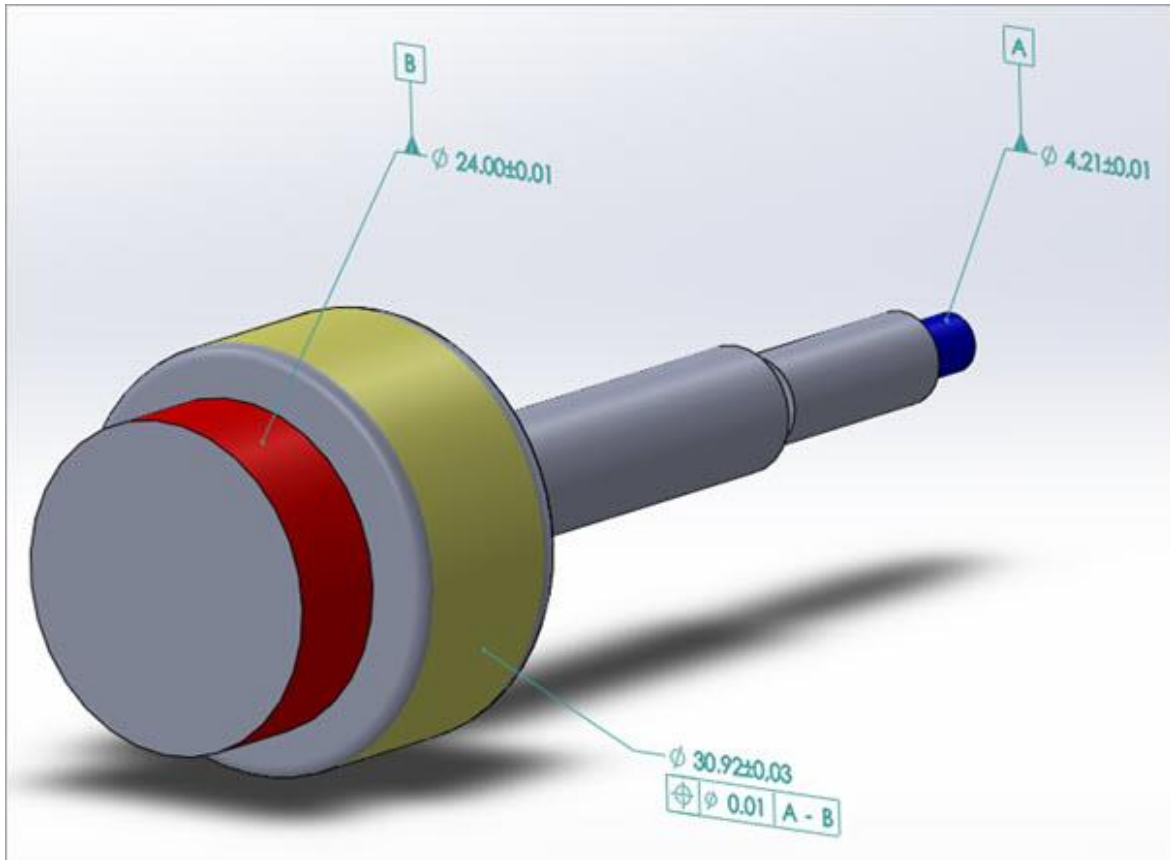
Exemple 6 : Plan A (bleu) et cylindre externe B (rouge) comme référence courante A-B

Exemple 7 : Cylindre externe A et cône interne coaxial B comme référence courante A-B



Exemple 7 : Cylindre externe A (bleu) et cône interne coaxial B (rouge) comme référence courante A-B

Exemple 8 : Cylindre externe A et cylindre externe coaxial B comme référence courante A-B



Exemple 8 : Cylindre externe A (bleu) et cylindre externe coaxial B (rouge) comme référence courante A-B

Modèles de références

Un *modèle de référence* renvoie à un identificateur de référence comme A ou AC qui désigne plusieurs éléments similaires de taille possédant tous la même tolérance de taille. Par exemple, un modèle d'alésages peut être référencé par un modèle de référence B. Techniquement (selon les standards ASME Y14.5 et ISO 5459), un modèle de référence est un type de référence courante, mais cette documentation n'emploie pas cette terminologie.

Pour plus d'informations, voir « Modèles de références » dans « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Définition de tolérances géométriques et contrôle des rapports


Dans PC-DMIS, vous pouvez définir des tolérances géométriques à l'aide de la commande de tolérance géométrique. Cette rubrique et les rubriques associées décrivent comment utiliser la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** pour définir et contrôler des commandes de tolérances géométriques. Elle explique aussi les options de génération de rapports pour contrôler le rapport. Enfin, chaque type de tolérance géométrique est présenté en détail.

Syntaxe du mode commande

La boîte de dialogue Tolérance géométrique permet de créer ou de modifier une commande de tolérance géométrique. Pour plus d'informations, voir la rubrique « Boîte de dialogue Tolérance géométrique » dans la documentation de PC-DMIS Core. Vous pouvez toutefois aussi créer ou modifier une commande de tolérance géométrique depuis la fenêtre de modification en mode commande. Ci-après quelques exemples illustrant comment utiliser la fenêtre de modification en mode commande.

Exemple simple

Dans la fenêtre de modification en mode commande, une tolérance géométrique relativement simple peut ressembler à ce qui suit :



```
FCFCYLY1    =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO
1101, SHOWEXPANDED=NO,
            SEGMENT_1, CYLINDRICITY, 0.05, , REFERENCE_
FEATURE_MATH=DEFAULT,
            FEATURES/CYL4, ,
```

Cette syntaxe comporte plusieurs parties :

- `FCFCYLY1` est l'ID de dimension.
- `GEOMETRIC_TOLERANCE` identifie la commande comme commande de tolérance géométrique.
- `STANDARD=ISO 1101` montre que la tolérance géométrique est évaluée par rapport à la famille de standards ISO 1101.
- `SHOWEXPANDED=NO` indique que l'affichage dans la fenêtre de modification est condensé et simplifié (il n'est pas très détaillé). Si vous entrez la valeur YES, vous pouvez voir beaucoup plus d'informations, comme décrit dans la rubrique « Exemple complexe » ci-dessous.

- `SEGMENT_1` marque le début des informations sur le premier segment.
- `CYLINDRICITY` indique que le segment est une tolérance de cylindricité.
- `0.05` est la tolérance.
- `REFERENCE_FEATURE_MATH=DEFAULT` indique le type mathématique de la zone de tolérance. Pour des détails, voir la rubrique « Cylindricité » dans la documentation de PC-DMIS Core.
- `FEATURES/CYL4,,` indique que la tolérance s'applique à l'élément CYL4.

Veillez noter que `SHOWEXPANDED=NO`. Cette valeur masque la plupart des détails.

Exemple complexe

Ci-après un exemple de syntaxe en mode commande pour une tolérance géométrique plus complexe, avec `SHOWEXPANDED=YES` :



```

FCFLOC1      =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO
1101,SHOWEXPANDED=YES,
      DESCRIPTION=ON,Multi-segment position
      of 4x Ø8.2mm hole pattern,
      FEATURE_MATH=MODIFIER_SELECTED,SIZE_
MATH=MODIFIER_SELECTED,DATUM_MATH=LSQ,DISPLAY_
COORDS=DRF,
      UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
      SIZE/NOMINAL=8.2,TOLERANCE SPECIFICATION
MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
      UPPER_TOLERANCE=0.1,LOWER_TOLERANCE=0.1,
      UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=__,
      LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=(LP),
      CYL4:
      MIN LOCAL SIZE:8.2,
      MAX LOCAL SIZE:8.2,
      CYL6:
      MIN LOCAL SIZE:8.2,
      MAX LOCAL SIZE:8.2,
      CYL8:
      MIN LOCAL SIZE:8.2,
      MAX LOCAL SIZE:8.2,
      CYL10:
      MIN LOCAL SIZE:8.2,
      MAX LOCAL SIZE:8.2,
      SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.4,(G)
,__,<len>,A,D,MMB,__,B,__,
      TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH
=OFF,MULT=10,
      MEASURED:
      CYL4:0.0000,
      CYL6:0.0000,
      CYL8:0.0000,
      CYL10:0.0000,
      SEGMENT_2,POSITION,COMPOSITE
,DIAMETER,0.2,(G),__,<len>,A,<dat>,<dat>,
      TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=
OFF,MULT=10,
      MEASURED:
      CYL4:0.0000,
      CYL6:0.0000,
      CYL8:0.0000,
      CYL10:0.0000,
      ADD
      DATUMS/REPORTDATUMSIZE=OFF,

```



```

D(DATUM_D):NOM=30,+Tol=0.025,-
Tol=0.25,
FEATURES/CYL4,CYL6,CYL8,CYL10,,

```

Cette vue développée inclut les éléments suivants :

- `FCFLOC1` est l'ID de dimension.
- `GEOMETRIC_TOLERANCE` identifie la commande comme commande de tolérance géométrique.
- `STANDARD=ISO 1101` montre que la tolérance géométrique est évaluée par rapport à la famille de standards ISO 1101.
- `SHOWEXPANDED=YES` indique que l'affichage dans la fenêtre de modification est développé (il est plus détaillé). Si vous entrez la valeur NO, vous pouvez voir beaucoup moins d'informations, comme décrit dans la rubrique « Exemple simple » plus haut.
- `DESCRIPTION=ON` indique que le texte de la description « Position multi-segment de motif d'alésage 4x Ø8,2 mm » s'affichera dans le rapport, comme expliqué dans la rubrique « Onglet Description » de la documentation de PC-DMIS Core.
- `FEATURE_MATH=MODIFIER_SELECTED` indique que la valeur mathématique d'élément utilisera un élément tolérancé associé, comme expliqué dans la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » de la documentation de PC-DMIS Core.
- `SIZE_MATH=MODIFIER_SELECTED` indique que PC-DMIS calculera la taille de l'élément à l'aide du modificateur de taille ISO 14405-1, comme expliqué dans la rubrique « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique » de la documentation de PC-DMIS Core.
- `DATUM_MATH=LSQ` indique que la valeur mathématique de référence utilisera la méthode moindres carrés, comme expliqué dans la rubrique « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».
- `DISPLAY_COORDS=DRF` indique que les résultats sont signalés dans les coordonnées du cadre de référence (à l'opposé des coordonnées de l'alignement en cours).
- `UNITS=MM` indique que les unités de dimension sont les millimètres.
- `OUTPUT=BOTH` indique que les résultats sont envoyés aux statistiques et au rapport.
- `ARROWDENSITY=100` est la densité de flèche utilisée avec l'analyse graphique.

Bloc alternatif de commande 1



```
SIZE/NOMINAL=8.2,TOLERANCE SPECIFICATION
MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
    UPPER TOLERANCE=0.1,LOWER
TOLERANCE=0.1,    UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=__,
    LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=(LP),    CYL4:
    MIN LOCAL SIZE:8.2,    MAX
LOCAL SIZE:8.2,    CYL6:    MIN
LOCAL SIZE:8.2,    MAX LOCAL SIZE:8.2,
CYL8:    MIN LOCAL SIZE:8.2,
    MAX LOCAL SIZE:8.2,    CYL10:
    MIN LOCAL SIZE:8.2,    MAX
LOCAL SIZE:8.2,
```

Ce bloc de commandes représente la tolérance de taille, dont la taille nominale, la tolérance supérieure, la tolérance inférieure et les modificateurs de spécification supérieur et inférieur (s'ils sont sélectionnés). Dans ce cas, le modificateur (LP) indique la taille locale à deux points max et min. Les valeurs mesurées respectives sont ensuite répertoriées pour chacun des quatre éléments.



Si vous modifiez les tolérances supérieures ou inférieures dans la fenêtre de modification ou dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** (onglet **Cadre de tolérance** ou **Valeurs nominales**), et que le même élément est utilisé comme référence ou élément pris en compte, PC-DMIS affiche une boîte de message demandant si vous voulez appliquer les mêmes changements à toutes les commandes suivantes faisant référence à cet élément.

Par exemple :

Tolérances

La tolérance de taille pour CYL1 a changé. Voulez-vous appliquer le même changement à toutes les commandes liées suivantes faisant référence à CYL1 ?

Oui Non

Si vous cliquez sur **Oui**, PC-DMIS met à jour les tolérances de taille pour toutes les commandes de tolérance géométrique sous la position du curseur faisant référence au même élément, comme élément considéré ou comme référence.

Si vous cliquez sur **Non**, PC-DMIS met uniquement à jour la tolérance de taille modifiée. PC-DMIS ne met à jour aucune tolérance de taille respective pour toutes les commandes de tolérance géométrique liées sous la position du curseur utilisant le même élément modifié, comme élément considéré ou comme référence.

Bloc alternatif de commande 2



```
SEGMENT_1, POSITION, DIAMETER, 0.4, (G), __, <len>, A, D, MMB  
, __, B, __,
```

```
TEXT=OFF, CADGRAPH=OFF, REPORTGRAPH=OFF, MULT=10, MEA  
SURED:
```

```
        CYL4:0.000,        CYL6:0.000,  
        CYL8:0.000,        CYL10:0.000,
```

Ce bloc de commande représente le premier segment, qui est une tolérance de position avec une zone de tolérance diamétrale, une tolérance de 0,4, un

modificateur (G) et un cadre de référence A | D MMB | B. L'analyse textuelle est désactivée, tout comme l'analyse graphique de la CAO et l'analyse graphique des rapports, et le multiplicateur de flèche est de 10. Il inclut également les valeurs de position mesurées de chacun des quatre éléments.

Bloc alternatif de commande 3



```
SEGMENT_2, POSITION, COMPOSITE, DIAMETER, 0.2, (G)
, __, <len>, A, <dat>, <dat>,
      TEXT=OFF, CADGRAPH=OFF, REPORTGRAPH=OFF
, MULT=10,      MEASURED:
                  CYL4:0.000,      CYL6:0.000,
                  CYL8:0.000,      CYL10:0.000,
```

Ce bloc de commande représente le second segment, qui est un segment inférieur d'une tolérance de position composite avec une zone de tolérance diamétrale, une tolérance de 0,2, un modificateur (G) et un cadre de référence A. L'analyse textuelle est désactivée, tout comme l'analyse graphique de la CAO et l'analyse graphique des rapports, et le multiplicateur de flèche est de 10. Ce bloc de commande inclut aussi les valeurs de position mesurées de chacun des quatre éléments.

Bloc alternatif de commande 4



```
ADD      DATUMS/REPORTDATUMSIZE=OFF,
          D(CYL2):NOM=30,+TOL=0.25,-TOL=0.25,
          FEATURES/CYL4,CYL6,CYL8,CYL10,,
```

- **ADD** est un contrôle qui vous permet d'ajouter un autre segment à la tolérance de position composite. Pour l'utiliser, placez le pointeur sur la commande **ADD** pendant quelques secondes, cliquez une fois dessus, puis cliquez sur le bouton **ADD** qui apparaît.
- **DATUMS/REPORTDATUMSIZE=OFF,**

```
D(CYL2):NOM=30,+Tol=0.25,-Tol=0.25,
```

Cette partie de la commande indique que les tailles des références mesurées ne sont pas incluses dans le rapport. Elle montre aussi la tolérance de taille sur la référence D (qui est CYL2). La tolérance de taille sur des éléments de référence peut s'avérer importante dans diverses situations, comme lors de références

avec un modificateur matériel \textcircled{M} ou \textcircled{L} , ainsi que des modèles de référence avec ou sans modificateur. Il est conseillé que toujours vérifier que les tolérances de taille sur les éléments de référence sont correctes. Pour des détails, voir la section « Identification de la taille de la limite matérielle » dans la rubrique « Comment PC-DMIS résout et utilise des références » dans la documentation de PC-DMIS Core.

- `FEATURES/CYL4,CYL6,CYL8,CYL10,,`

Cette partie de la commande indique que la tolérance de position composite s'applique aux éléments CYL4, CYL6, CYL8 et CYL10.

Boîte de dialogue Tolérance géométrique

La boîte de dialogue **Tolérance géométrique** permet de créer ou de modifier la commande de tolérance géométrique. Pour créer une tolérance géométrique via cette boîte de dialogue, sélectionnez **Insérer | Dimension | <type de tolérance géométrique>** dans le menu, ou choisissez un type de tolérance géométrique dans la barre d'outils **Dimension**.

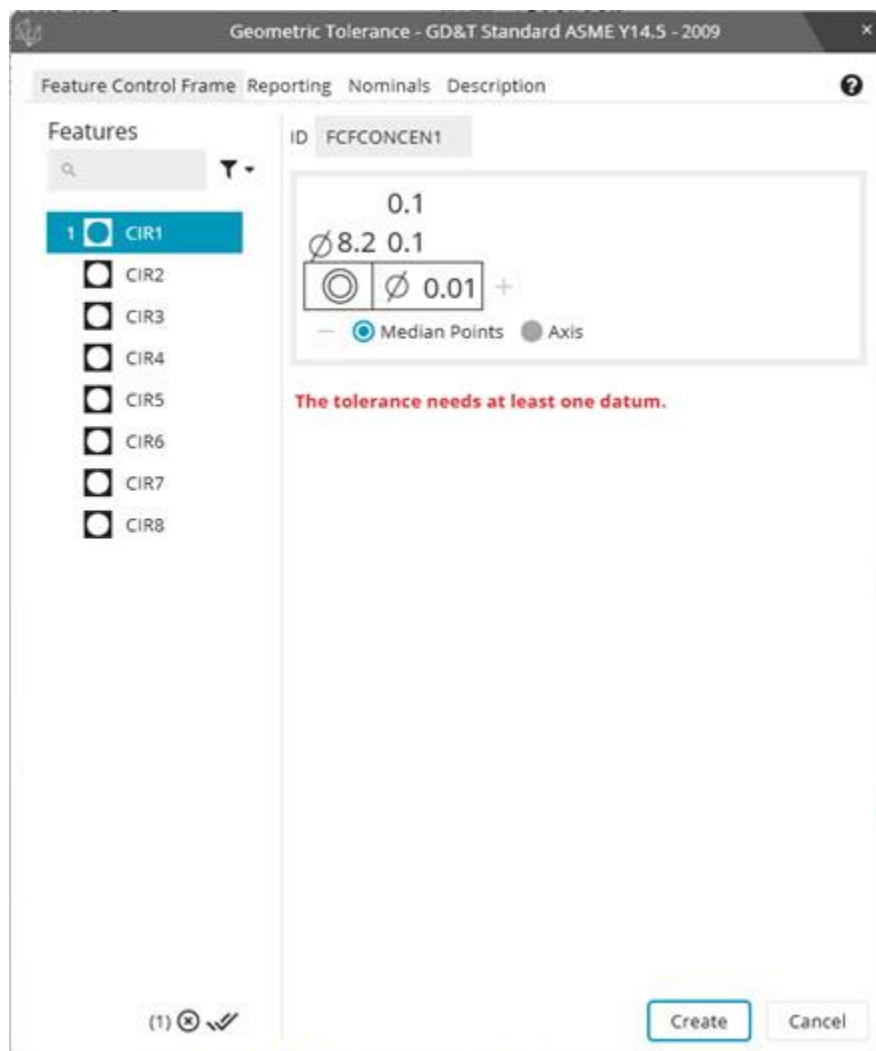
Les types de tolérances géométriques sont :

- Angularité
- Battement circulaire
- Circularité
- Concentricité
- Cylindricité
- Planéité
- Parallélisme
- Perpendicularité
- Position
- Profil d'une droite
- Profil d'une surface
- Rectitude
- Symétrie
- Battement total



Les autres types de tolérances (emplacement, angle, etc.) ne sont pas des tolérances géométriques et ne sont donc pas gérés via la commande de tolérance géométrique.

Après avoir sélectionné **Insérer | Dimension | <type de tolérance>** dans le menu (ou dans la barre d'outils **Dimension**), PC-DMIS affiche la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** :



Au départ, elle est presque vide. Dans l'image exemple au-dessus, la boîte de dialogue inclut ces propriétés :

- L'ID de dimension par défaut est FCFCONCEN2
- Le symbole du type de tolérance sélectionné est Concentricité
- La valeur de tolérance récemment utilisée est 0,01

- Le message d'erreur en rouge indique que vous n'avez pas encore sélectionné de références d'éléments

Nous vous conseillons ce flux de travail quand vous utilisez la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** :

1. Choisissez votre type de tolérance dans le menu **Insérer | Dimension | <type de tolérance>** (ou dans la barre d'outils **Dimension**) pour ouvrir la boîte de dialogue **Tolérance géométrique**.
2. Dans la liste d'éléments, choisissez vos éléments considérés pour la tolérance. La liste montre uniquement les éléments au-dessus de la position actuelle de votre pointeur dans la fenêtre de modification.
3. Modifiez le cadre de contrôle d'élément. Pour ce faire, ajoutez des symboles, des modificateurs, des segments, des spécifications d'orientation de zone, etc.
4. Cliquez sur l'onglet **Génération de rapports** et vérifiez que toutes les options sont définies comme vous le souhaitez.
5. Cliquez sur l'onglet **Val nominales** (le cas échéant) et vérifiez que tous les réglages sont définis comme vous le souhaitez.
6. Cliquez sur l'onglet **Description**, puis sur le bouton **Ajouter** pour ajouter des informations descriptives si besoin est. Cochez la case **Afficher dans le rapport** si vous voulez ajouter le texte dans vos rapports.
7. Cliquez sur **Créer** pour créer la commande de tolérance géométrique dans votre routine de mesure.

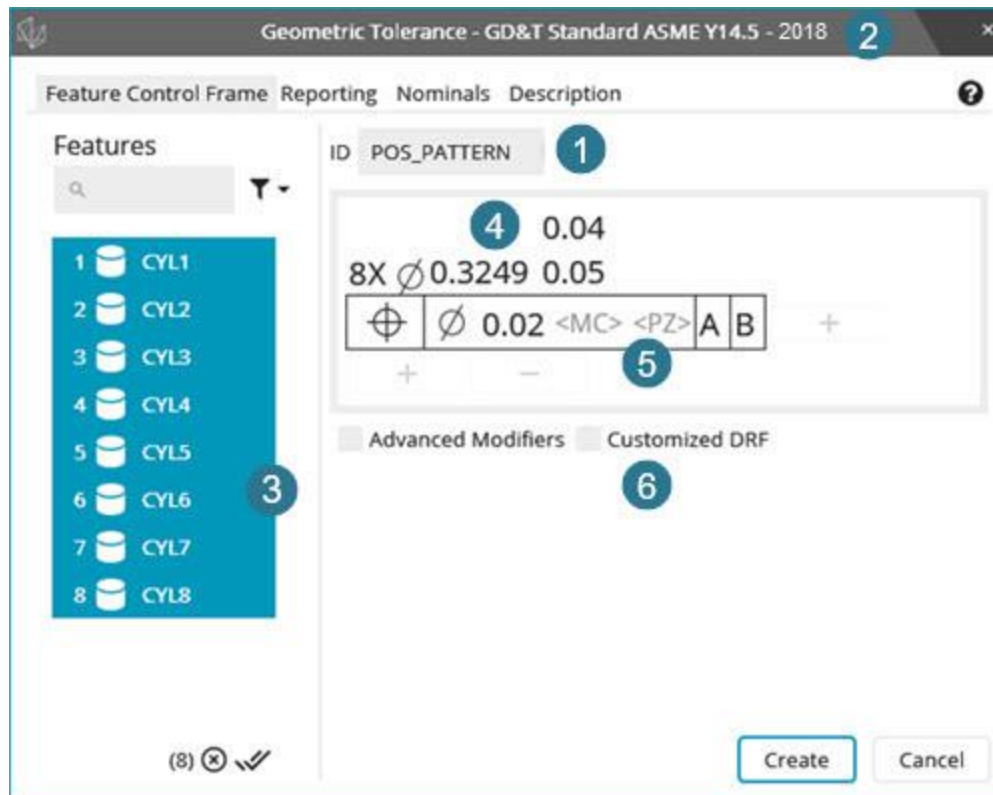
Dans la fenêtre de modification, vous pouvez appuyer à tout moment sur F9 pour cette commande afin de l'éditer dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique**. Si vous éditez une tolérance géométrique existante, la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** inclut un bouton **OK** au lieu d'un bouton **Créer**.

Onglet Cadre de contrôle d'éléments

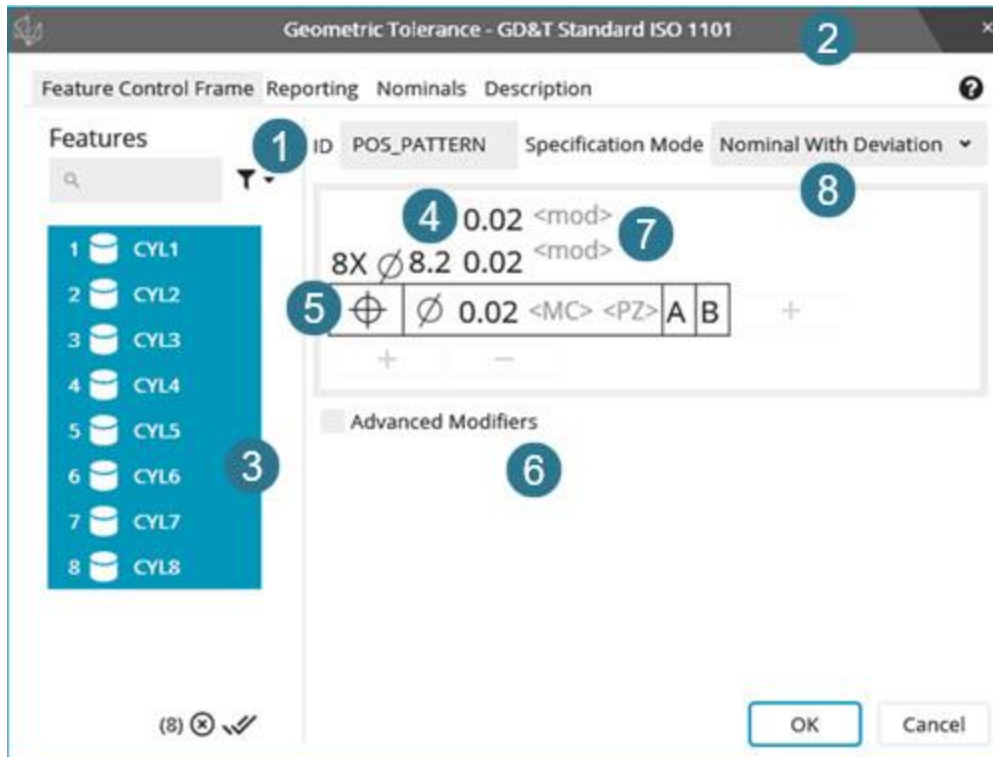
Introduction

L'onglet **Cadre de contrôle d'élément** de la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** permet de réaliser la plupart des modifications. Une tolérance de position type peut ressembler à ce qui suit dans cette boîte de dialogue :

Utilisation de tolérances géométriques



La version ASME de la boîte de dialogue Tolérance géométrique montrant l'onglet Cadre de contrôle d'éléments



La version ISO de la boîte de dialogue Tolérance géométrique montrant l'onglet Cadre de contrôle d'éléments

1. **ID** - Cette indique l'ID de dimension. Dans l'image ci-dessus, il a été remplacé par POS_PATTERN. Pour la tolérance de position, la valeur **ID** est par défaut quelque chose comme FCFLOC1, 2, 3... etc. si vous ne la changez pas.
2. **Standard GD&T** - Indique le standard à utiliser dans la tolérance. Il doit correspondre au standard employé par votre impression. Nous prenons en charge les impressions basées sur ASME Y14.5 et ISO 1101 ; les versions spécifiques des standards pris en charge (dont des standards comme ISO 5459) sont détaillées dans la rubrique « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments ».
3. **Liste d'éléments** - Cette liste montre les éléments disponibles pour le type de tolérance géométrique. Pour plus d'informations, voir « Liste d'éléments » ci-dessous.
4. **Éditeur de tolérance de taille** - La première ligne dans le panneau d'édition de tolérance montre la taille et des informations sur les tolérances positives et négatives. Pour plus d'informations, voir « Éditeur de tolérance de taille ».
5. **Éditeur cadre de tolérance** - La deuxième ligne dans le panneau d'édition de tolérance est la zone principale d'édition. Pour plus d'informations, voir « Éditeur cadre de tolérance » ci-dessous.

6. **Autres options** - Cette zone de la boîte de dialogue contient des options avancées et d'autres pour votre tolérance. Pour plus d'informations, voir « Autres options » ci-dessous.
7. **Modificateurs supérieurs et inférieurs** (ISO uniquement) - Cette zone de la boîte de dialogue vous permet de sélectionner les modificateurs de taille ISO. Pour des détails, voir la section « Modificateurs ISO » ci-dessous.
8. **Mode de spécification** (ISO uniquement) - Cette liste vous permet de sélectionner le mode de spécification ISO. Les options sont **Valeur nominale avec écart** ou **Code ISO**. Pour plus de détails, voir la section « Mode de spécification » ci-dessous.

Liste d'éléments

La première chose que vous devez faire quand vous créez une tolérance géométrique est de sélectionner le ou les éléments considérés. Quand la boîte de dialogue s'ouvre, aucun élément n'est sélectionné. Vous pouvez voir tous les éléments dans la routine de mesure autorisés pour le type de tolérance. Si vous ne voyez pas un élément souhaité, assurez-vous que le pointeur dans la fenêtre de modification se trouve sous l'élément en question avant d'accéder à la boîte de dialogue **Tolérance géométrique**.



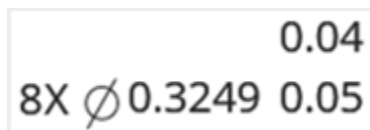
Dans les grandes routines comptant de nombreux éléments, vous pouvez trouver utile de rechercher un élément via la barre de recherche.

Quand vous avez sélectionné un élément, PC-DMIS filtre la liste d'éléments pour que seuls les éléments similaires ou avec les mêmes caractéristiques soient visibles (comme des cylindres du même diamètre). Vous pouvez sélectionner d'autres éléments à ce stade.

Éditeur de tolérance de taille

La première ligne dans le panneau d'édition de tolérance est l'éditeur de tolérance de taille. Il est disponible quand vos éléments considérés sont des éléments de taille (cylindres, cercles mesurés sur une surface, sphères ou largeurs) et que le type de votre tolérance géométrique permet les tolérances de taille.

L'éditeur de tolérance de taille ressemble à ce qui suit :



Cette ligne contient plusieurs types d'informations et deux contrôles :

- 8X signifie qu'il y a huit éléments considérés ; cette valeur n'est pas visible quand il y a un seul élément considéré. Vous ne pouvez pas modifier le symbole.
- \varnothing signifie que les éléments sont des cylindres ou des cercles mesurés sur une surface. Le symbole varie selon les types d'éléments de taille. Les éléments sphériques ont un symbole $S\varnothing$. Les éléments de largeur n'ont pas de symbole. Vous ne pouvez pas modifier le symbole.
- Le premier numéro après le symbole ci-dessus correspond à la taille nominale. Cette valeur n'est pas modifiable car la commande de tolérance géométrique requiert que tous les éléments aient des valeurs nominales correctes. La taille nominale provient de la taille théorique de l'élément.
- Le deuxième numéro, à l'extrémité droite en haut (0,04 dans l'exemple ci-dessus) correspond à la tolérance positive pour la taille de l'élément. Il n'est pas modifiable. La limite supérieure de taille est égale à la taille nominale plus la tolérance positive.
- Le troisième (et dernier) numéro, à l'extrémité droite en bas (0,05 dans l'exemple ci-dessus) correspond à la tolérance négative pour la taille de l'élément. Il n'est pas modifiable. La limite inférieure de taille est égale à la taille nominale moins la tolérance négative quand la case **Tol négatives affichent négatif** est décochée dans l'onglet **Dimension** de la boîte de dialogue **Options de configuration**. Si vous cochez la case **Tol négatives affichent négatif**, la limite inférieure est égale à la taille nominale plus la tolérance négative. Vous pouvez cocher cette case pour que la tolérance de taille ressemble à votre impression. Pour des informations sur cette case à cocher, voir la rubrique « Tol négatives affichent négatif » au chapitre « Définition des préférences ». Cette case à cocher existe pour vous éviter de taper le signe moins pour les tolérances négatives.

Éditeur Cadre de Tolérance

La partie la plus complexe du panneau d'édition de tolérance est l'éditeur de cadre de tolérance. Il ressemble à ce qui suit :

\oplus	\varnothing 0.02 <MC> <PZ> A B	+
+	-	

Cet éditeur compte plusieurs parties détaillées ci-après.

Symbole de tolérance

Le symbole de tolérance apparaît tout en haut à gauche de l'éditeur de cadre de tolérance. Il correspond au symbole choisi pour le type de tolérance. Vous pouvez changer de symbole pour un autre type de tolérance. Vous cliquez sur le symbole

de tolérance pour choisir un autre type géométrique valide pour les éléments sélectionnés. les autres symboles apparaissent dans la fenêtre déroulante.

Section Zone, élément et caractéristique

La section Zone, élément et caractéristique du cadre de tolérance inclut la forme de la zone de tolérance, la valeur de tolérance et les modificateurs de tolérance. Elle inclut donc plusieurs contrôles. Leur disponibilité dépend du type de tolérance et des éléments considérés choisis.

- Le symbole de forme de la zone de tolérance apparaît en premier. Il s'agit de \varnothing pour les zones diamétrales, $S\varnothing$ pour les zones sphériques, et il est vide pour les zones plates (ainsi que pour un arc radial et perpendiculaire à des zones radiales). Si vous cliquez sur le symbole, vous pouvez changer le symbole qui apparaît, mais les seuls symboles disponibles sont ceux appropriés pour les éléments considérés et le type de tolérance choisis.
- La valeur de tolérance apparaît ensuite. Il s'agit d'un nombre (0,02 dans l'image ci-dessus). Vous pouvez la remplacer par n'importe quelle autre valeur positive.
- Quand il est justifié pour vos éléments considérés et le type de tolérance, le contrôle de condition matérielle s'affiche après. Il apparaît comme $\langle MC \rangle$ en l'absence d'un modificateur de condition matérielle. Dans ce cas l'élément est référencé quelle que soit sa taille (RFS). S'il y a un modificateur de condition au maximum de matière (MMC), il apparaît comme \textcircled{M} . Quand il y a un modificateur de condition au minimum de matière (LMC), il apparaît comme \textcircled{L} . Cliquez sur $\langle MC \rangle$, \textcircled{M} ou \textcircled{L} pour basculer entre le modificateur de condition matérielle, le modificateur MMC et le modificateur LMC. Les tolérances d'orientation ISO (angularité, parallélisme et perpendicularité) et les tolérances d'emplacement (position, concentricité et symétrie) permettent de sélectionner un modificateur d'élément tolérancé associé dans ce contrôle. Les tolérances de forme ISO (circularité, cylindricité, planéité et rectitude d'une surface) permettent de sélectionner un modificateur d'association d'élément de référence sans ce contrôle.



Vous ne pouvez pas combiner un modificateur d'élément tolérancé associé (ATFM) ou un modificateur d'association d'élément de référence (RFAM) avec un modificateur de condition matérielle (MMC/LMC).

Pour des détails, voir la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » dans la documentation de PC-DMIS Core.

- Quand il est justifié pour vos éléments considérés et le type de tolérance, le contrôle de zone projetée s'affiche ensuite. Il apparaît comme **<PZ>** en l'absence de modificateur de zone projetée. S'il y a un modificateur de zone projetée, il apparaît comme **Ⓟ** avec un numéro de longueur projetée juste après, comme ceci : **Ⓟ 0.8** . Cliquez sur ce numéro de longueur projetée pour le modifier. Cliquez sur **<PZ>** ou **Ⓟ** pour basculer entre aucun modificateur de zone projetée et le modificateur de zone projetée.
- Quand il est justifié pour vos éléments considérés et le type de tolérance, le contrôle de plan tangent s'affiche ensuite. Il apparaît comme **<T>** en l'absence de modificateur de plan tangent. Quand il y a un modificateur de plan tangent, il apparaît comme **Ⓣ** . Cliquez sur **<T>** ou **Ⓣ** pour basculer entre aucun modificateur de plan tangent et le modificateur de plan tangent.



Le modificateur de plan tangent n'est pas disponible pour ASME Y14.5 1994.

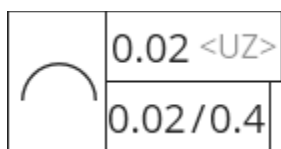
- Pour les tolérances de profil, le contrôle de modificateur de profil apparaît après la tolérance. Il apparaît comme **<UZ>** en l'absence de modificateur de profil. Quand il y a un modificateur de disposition inégale ASME, il apparaît comme **Ⓢ** avec une distance de disposition inégale juste après, comme ceci : **Ⓢ 0.02** . Quand il y a un modificateur de disposition inégale ISO, il apparaît comme **UZ** avec une distance de disposition inégale juste après, comme ceci : **UZ 0.02** . Quand il y a un modificateur de profil dynamique ASME, il apparaît comme **Δ** . Quand il y a un modificateur de zone de décalage ISO, il apparaît comme **OZ** .



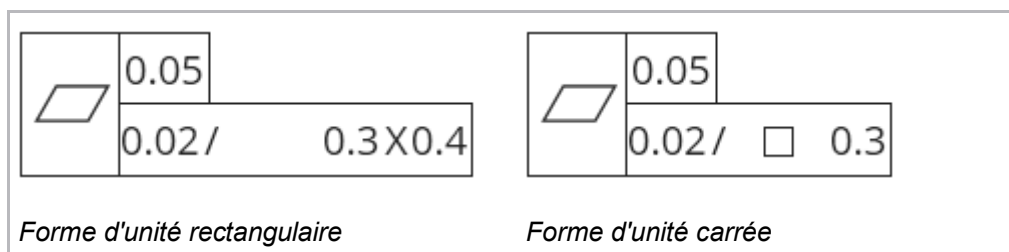
Le modificateur de plan tangent T et le modificateur de disposition inégale U ne sont pas disponible pour ASME Y14.5 1994.

Le modificateur de profil dynamique Δ n'est pas disponible pour ASME Y14.5 1994 ou ASME Y14.5 2009.

- Pour la rectitude par unité et le profil par unité d'une droite, vous pouvez modifier la longueur par unité juste après le symbole /, comme illustré dans le segment inférieur ci-dessous :



- Pour la planéité par unité, à droite du symbole / se trouve le contrôle de forme d'unité. Il apparaît vide quand l'unité est rectangulaire, et sous forme de carré \square quand l'unité est carrée. Les unités rectangulaires vous permettent d'éditer une longueur et une largeur, alors que les unités carrées vous donnent uniquement une longueur. Cliquez sur le symbole vide ou carré pour basculer entre les deux.

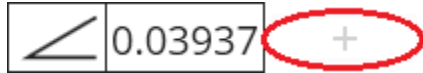


Section de référence

La section de référence d'un cadre de contrôle d'élément (ou d'un indicateur de tolérance) se trouve juste à droite de la section Zone, élément et caractéristique. Elle comprend entre zéro et trois zones. Chaque zone contient une référence (potentiellement une référence courante) et zéro ou plusieurs modificateurs de référence.

Bouton d'ajout de référence

Le bouton **+** à droite de l'éditeur de cadre de tolérance vous permet d'ajouter des références :

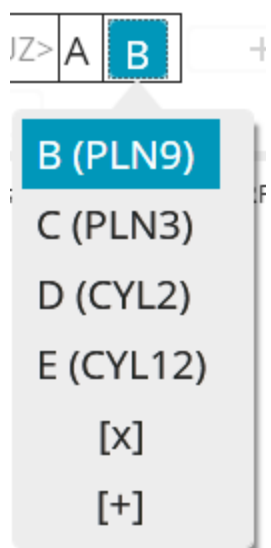


Quand vous cliquez sur ce bouton, PC-DMIS ajoute une référence prédéfinie à votre cadre de contrôle d'élément. Chaque fois que vous cliquez dessus, il ajoute une référence prédéfinie qui n'a pas encore été ajoutée à ce cadre de contrôle d'élément.

S'il n'existe aucune référence prédéfinie n'ayant pas encore été ajoutée au cadre de contrôle d'élément (ou s'il n'y a aucune référence prédéfinie), ce bouton ouvre la boîte de dialogue **Définition des références**. Elle vous permet de définir une référence. (Pour des informations sur cette boîte de dialogue, voir « Utilisation de la boîte de dialogue et syntaxe de commande ».) Une commande de définition de référence est insérée juste au-dessus de votre commande de tolérance géométrique. Toutefois, la nouvelle référence n'est pas automatiquement sélectionnée. Vous devez donc cliquer à nouveau sur le bouton d'ajout (+) pour sélectionner la nouvelle référence.

Modification d'une référence

Pour changer une référence dans une zone, cliquez dessus. Un menu déroulante apparaît et vous permet de choisir une nouvelle référence :



Dans le menu déroulant, vous pouvez sélectionner une référence prédéfinie dans laquelle apparaît le nom de l'élément entre parenthèses à côté de la référence (les modèles de références montrent seulement un nom d'élément, les références courantes n'en montrent aucun).

Si vous choisissez l'option **[X]**, la zone de référence est supprimée.

Si vous choisissez l'option **[+]**, la boîte de dialogue **Définition des références** s'ouvre pour vous permettre de définir une nouvelle référence. (Pour des informations sur cette boîte de dialogue, voir « Utilisation de la boîte de dialogue et syntaxe de commande ».) La nouvelle référence n'est toutefois pas automatiquement sélectionnée. Vous devez donc cliquer sur l'ancienne référence dans la zone et choisir la nouvelle.

Modificateurs de références

À droite de chaque référence se trouvent les contrôles pour les modificateurs.

- Quand il est justifié pour votre référence et le type de tolérance, le contrôle de limite matérielle s'affiche en premier. Il apparaît comme **<MC>** quand la référence est faite sans modificateur matériel. La référence est donc faite quelle que soit la limite matérielle (RMB). S'il y a une limite au maximum de matière (MMB), elle apparaît comme **(M)**. Quand il y a une limite au minimum de matière (LMB), elle apparaît comme **(L)**. Cliquez sur **<MC>**, **(M)** ou **(L)** pour basculer entre le modificateur de condition matérielle, le modificateur MMB et le modificateur LMB.

- Quand une référence est faite à MMB ou LMB et que vous avez coché la case **Modificateurs avancés**, vous pouvez indiquer une taille de limite matérielle. Il ne s'agit pas de la taille nominale de l'élément de référence, pas plus que sa taille de condition au maximum ou au minimum de matière. Pour plus d'informations sur les tailles de limites matérielles, voir la sous-rubrique « Identification de la taille de la limite matérielle » de la rubrique « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ». Pour les cylindres de référence, ce modificateur ressemble à ceci si vous n'avez pas indiqué de taille de limite matérielle : $\text{[}\varnothing\text{<size>]}$. Quand vous indiquez une taille de limite matérielle, le modificateur ressemble à ceci : $\text{[}\varnothing\text{9.2]}$, quelle que soit la taille spécifiée. Pour supprimer une taille de limite matérielle, supprimez la valeur de taille et appuyez sur la touche Tab pour quitter le modificateur. Pour plus d'informations, voir la section « Autres options » ci-dessous.
- Quand la référence est secondaire ou tertiaire et que vous cochez la case **Modificateurs avancés**, le contrôle de translation s'affiche ensuite. Il apparaît comme <TR> quand la référence est faite sans modificateur de translation. S'il y a un modificateur de translation en revanche, il apparaît comme > . Cliquez sur <TR> ou > pour basculer entre aucun modificateur de translation et un le modificateur de translation. Pour plus d'informations, voir la section « Autres options » ci-dessous.



Le modificateur de translation n'est pas disponible pour ASME Y14.5 1994.

- Les tolérances ASME de position et de profil ont une case à cocher **DRF personnalisé**. Pour plus d'informations, voir la section « Autres options » ci-dessous.

0.0394
Ø 0.9867 0.0394
0.0394 <UZ> A Z,U,V
Customized DRF

Si vous cochez cette case, PC-DMIS permet l'accès aux cadres de référence personnalisés et élimine l'accès aux modificateurs de référence avancés. Chaque fois que possible, PC-DMIS détermine le degré de liberté que chaque référence contraindrait naturellement. Chaque fois que le logiciel est en mesure de déterminer les degrés de liberté à contraindre, la personnalisation affiche <DOF> et vous devez effectuer une sélection manuelle. Le logiciel décoche cette case car le plus souvent, vous n'avez pas besoin de cadres de référence personnalisés.



Les DRF personnalisés ne sont pas disponibles pour ASME Y14.5 1994.

Pour plus d'informations sur les cadres de référence personnalisés et les règles qui leur sont associées, veuillez consulter ASME Y14.5 2018 section 7.22 et les illustrations 7-55, 7-56 et 7-57.

Autres options

Case à cocher Modificateurs avancés

Cette case à cocher n'est pas disponible si vous sélectionnez ASME Y14.5 1994 comme standard GD&T. Pour toutes les autres sélections de standard GD&T, vous la trouverez sous le panneau de modification de tolérances comme montré ici :

Advanced Modifiers

Les tolérances de position et de profil possèdent une case à cocher **Modificateurs avancés**. Si vous cochez cette case, PC-DMIS permet l'accès aux modificateurs de translation (ASME), aux modificateurs de limite matérielle indiqués (ASME) et au modificateur [DF] (ISO). Il élimine aussi l'accès aux cadres de référence personnalisés. Cette case est décochée par défaut car la plupart des utilisateurs n'ont pas besoin de ces modificateurs avancés.

Case à cocher DRF personnalisée

Cette case à cocher n'est pas disponible si vous sélectionnez ASME Y14.5 1994 ou ISO 1101 2012/2017 comme standard GD&T. Pour toutes les autres sélections de standard GD&T, vous la trouverez sous le panneau de modification de tolérances comme montré ici :

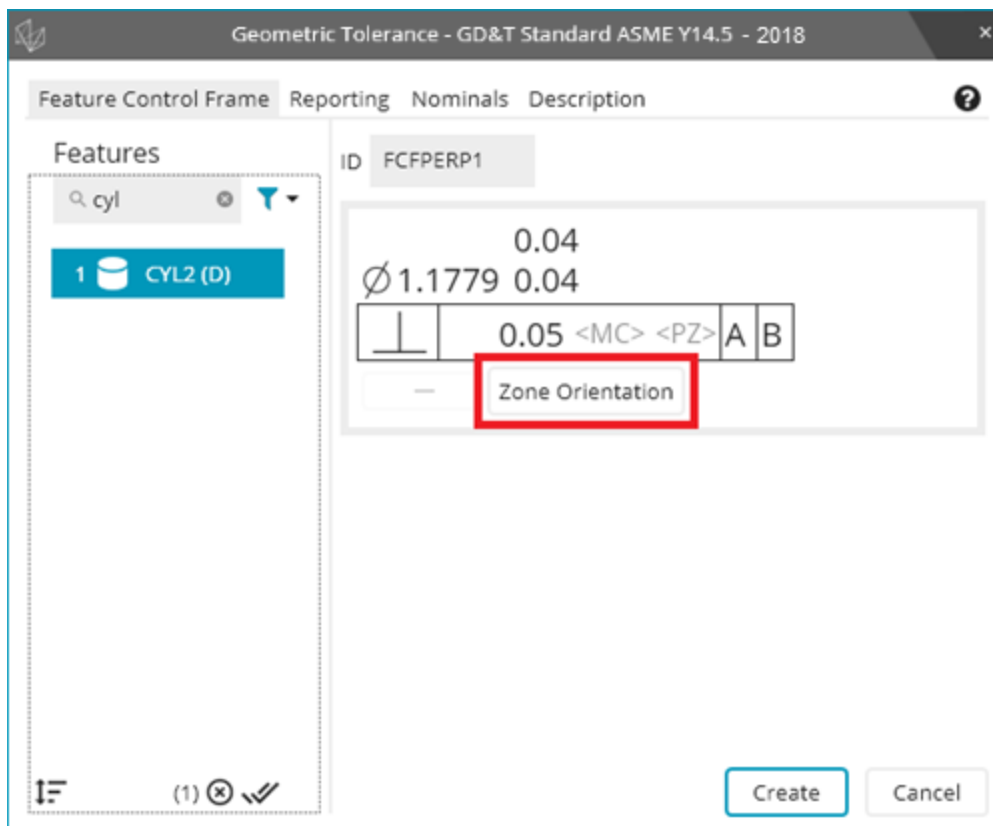
Customized DRF

Les tolérances ASME de position et de profil ont une case à cocher **DRF personnalisé**. Si vous cochez cette case, PC-DMIS permet l'accès aux cadres de référence personnalisés et élimine l'accès aux modificateurs de référence avancés. Cette case est décochée par défaut car la plupart des utilisateurs n'ont pas besoin de cadres de référence personnalisés.

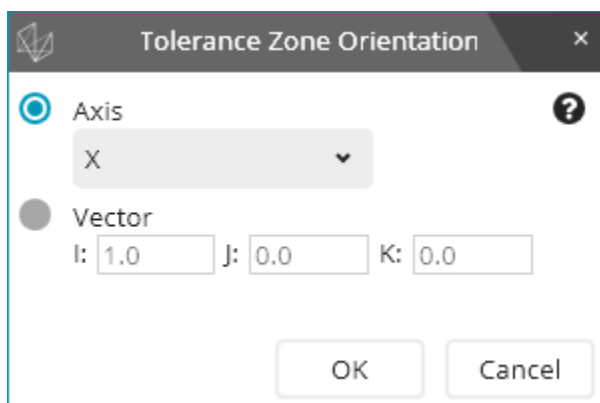
Orientation de la zone

Quand il est justifié pour le symbole de forme de la zone de tolérance, pour le type de tolérance et pour les éléments considérés, le bouton **Orientation de la zone** devient visible :

Utilisation de tolérances géométriques



Si vous cliquez sur le bouton **Orientation de la zone**, la boîte de dialogue **Orientation de la zone de tolérance** s'ouvre. Cette boîte de dialogue vous permet de contrôler l'orientation de la zone de tolérance :



La boîte de dialogue **Orientation de la zone de tolérance** vous permet de définir le vecteur normal de surface de la zone de tolérance plane, ou le vecteur d'axe de la zone de tolérance diamétrale. La liste déroulante **Axe** est utile quand le vecteur est le long des axes X, Y ou Z (respectivement). Sinon, vous pouvez sélectionner un vecteur arbitraire avec l'option **Vecteur** et les cases en dessous.

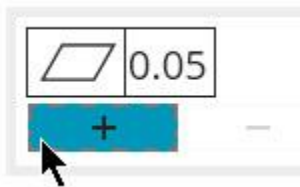
Par exemple, si une tolérance de position contrôle le composant X de la position (zone de tolérance plane), le vecteur normal de surface de la zone de tolérance doit être X.

Le vecteur d'orientation de la zone est toujours dans les coordonnées de pièce, jamais dans les coordonnées du cadre de référence. Il est également toujours normalisé (d'une longueur de 1) et toujours compatible avec l'orientation de l'élément considéré.

Pour sélectionner une zone de tolérance polaire (arc radial ou perpendiculaire à radial), cliquez sur le bouton **Orientation de la zone** et dans la liste déroulante **Axe**, sélectionnez **Arc radial** ou **Angle droit à radial**.

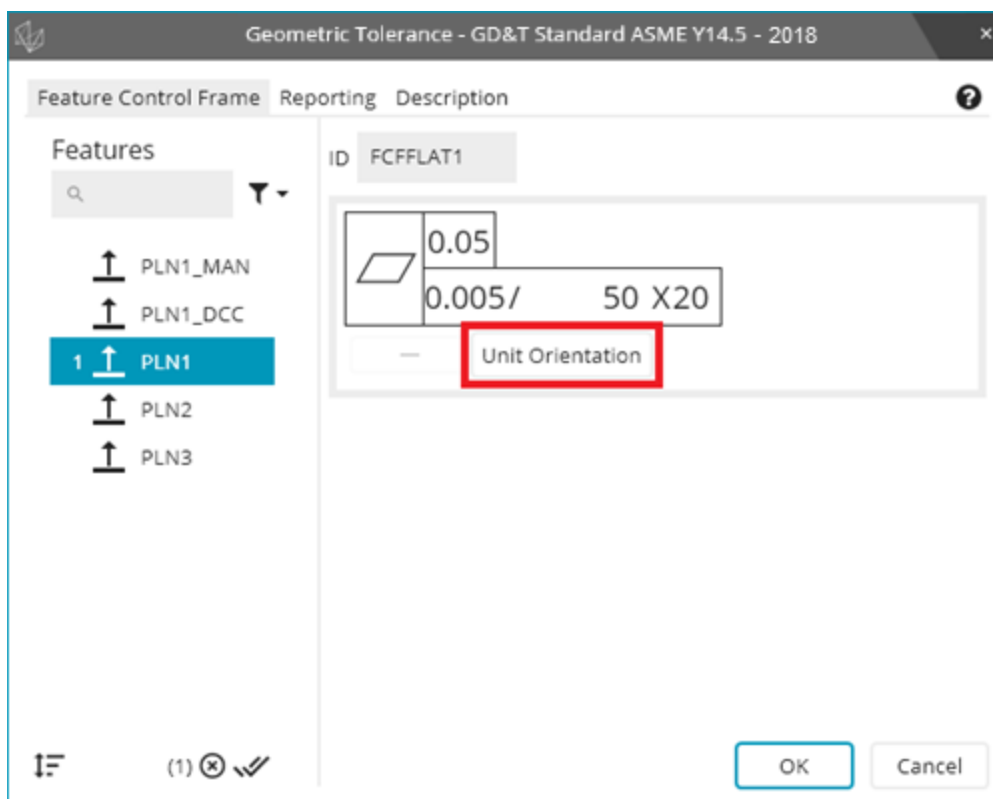
Orientation de l'unité

Les tolérances de planéité par unité ont des unités carrées ou rectangulaires, comme décrit dans la rubrique « Planéité ». La commande de tolérance géométrique doit savoir comment orienter l'unité sur la surface plane. Vous pouvez activer la planéité par unité à l'aide du signe plus qui ajoute le segment inférieur :

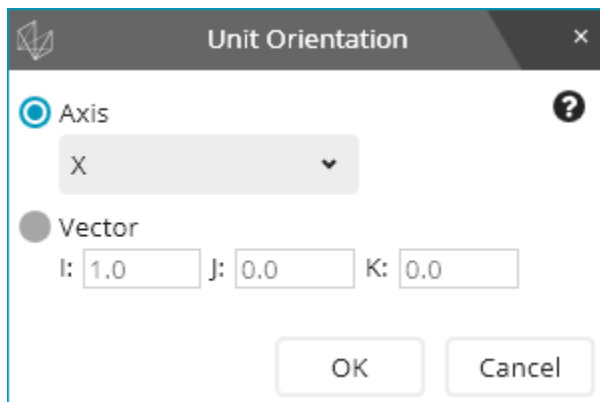


Le bouton **Orientation de l'unité** devient visible :

Utilisation de tolérances géométriques



Si vous cliquez sur le bouton **Orientation de l'unité**, la boîte de dialogue **Orientation de l'unité** s'ouvre. Cette boîte de dialogue vous permet de contrôler l'orientation de l'unité :



La boîte de dialogue **Orientation de l'unité** vous permet de définir le vecteur d'orientation de l'unité. Pour plus d'informations, voir « Planéité par unité » dans la rubrique « Planéité ».

Angle de moitié de cône

Cette case à cocher se trouve sous le panneau d'édition de tolérance et ressemble à ce qui suit :

☒ Half Cone Angle 45

Pour les tolérances de battement circulaire sur des cercles, la commande de tolérance géométrique vous permet de traiter le cercle comme une coupe transversale de cône au lieu d'une coupe transversale de cylindre. Pour ce faire, vous pouvez cocher la case **Angle de moitié de cône** et entrez une valeur angulaire pour l'angle de moitié de cône. Pour plus d'informations, notamment sur la signification du signe de l'angle de moitié de cône, voir « Battement circulaire ».

Circularité et conicité

La case à cocher **Conicité** se trouve sous le panneau d'édition de tolérance et ressemble à ce qui suit :

☐ Conicity

Comme expliqué dans la rubrique « Circularité », PC-DMIS peut évaluer les tolérances de circularité sur des cônes comme une véritable circularité, ou comme une conicité. Par défaut, il les évalue comme véritable circularité, mais vous pouvez changer à conicité en cochant cette case.

Logements en longueur et en largeur

Ces options à gauche et à droite apparaissent dans le panneau d'édition des tolérances si vos éléments considérés sont des logements :



L'option de gauche considère le logement dans la largeur. La taille du logement correspond à sa largeur, et la zone de tolérance détermine sa position dans le sens de la largeur.

L'option de droite considère le logement dans la longueur. La taille du logement correspond à sa longueur, et la zone de tolérance détermine sa position dans le sens de la longueur.

Points médians et axe

Ces options apparaissent dans le panneau d'édition de tolérance si vous avez une tolérance de concentricité ou de symétrie avec ASME :

Utilisation de tolérances géométriques

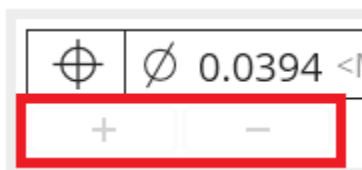
☒ Median Points ☐ Axis

Pour les tolérances ASME Y14.5 1994 ou ASME Y14.5 2009 de concentricité et de symétrie, quand les éléments considérés ont des données de surface, PC-DMIS peut les interpréter en termes de **points médians** ou d'**axe**. Vous pouvez choisir l'option souhaitée pour déterminer l'interprétation. L'option **Points médians** est celle par défaut.

Ajout et suppression de segments

Sous l'éditeur de cadre de tolérance, des boutons **+** et **-** permettent d'ajouter et de supprimer des segments, respectivement. Quand il n'est pas justifié d'ajouter plus de segments, le bouton **+** n'est pas disponible.

Les boutons ressemblent à ce qui suit :



Vous pouvez utiliser ces boutons pour construire des tolérances de position composites, des tolérances de profil composites et des tolérances par unité.

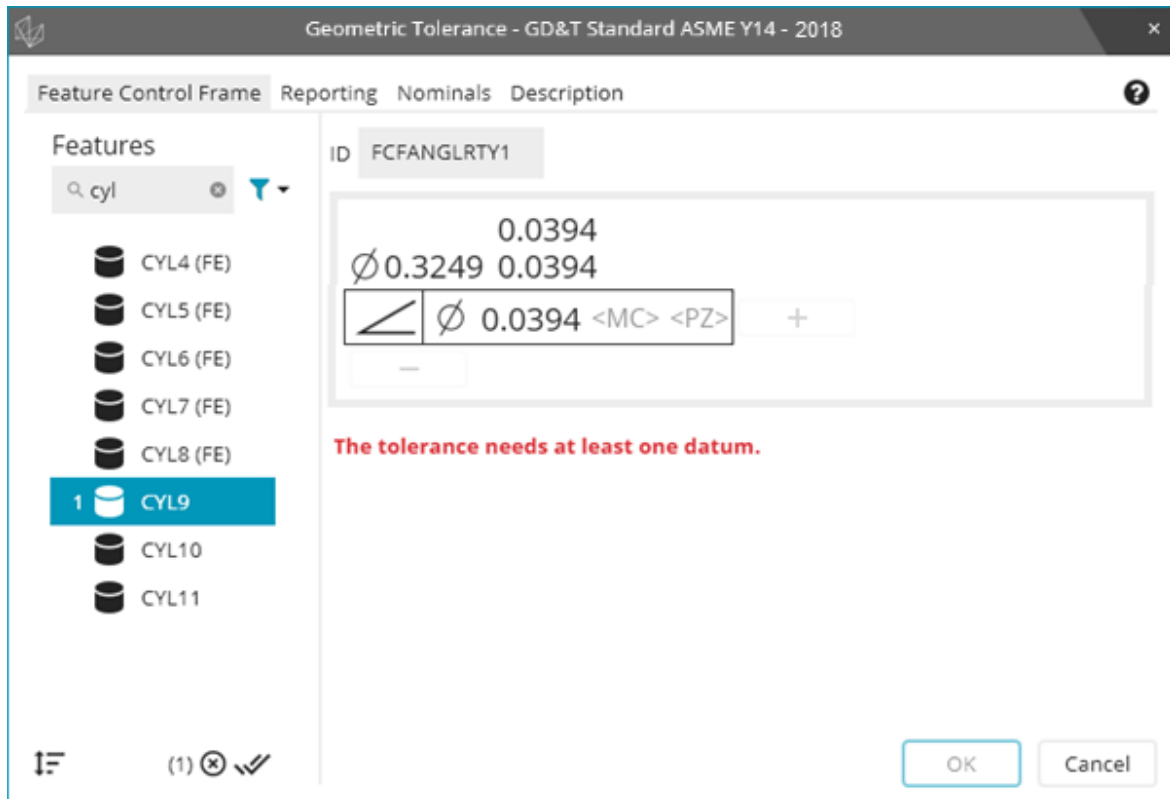
Section Informations

En dessous de ces options de cadre de contrôle d'éléments, PC-DMIS affiche des messages d'erreur, des avertissements et d'autres messages informatifs. Pour des informations sur la résolution des messages d'erreur et d'avertissement, voir « Résolution des messages d'erreur et d'avertissement ».

Messages d'erreur -Les messages d'erreur s'affichent en **rouge**.

Si un message d'erreur s'affiche, vous ne pouvez pas cliquer sur **Créer** ou **OK** dans la boîte de dialogue.

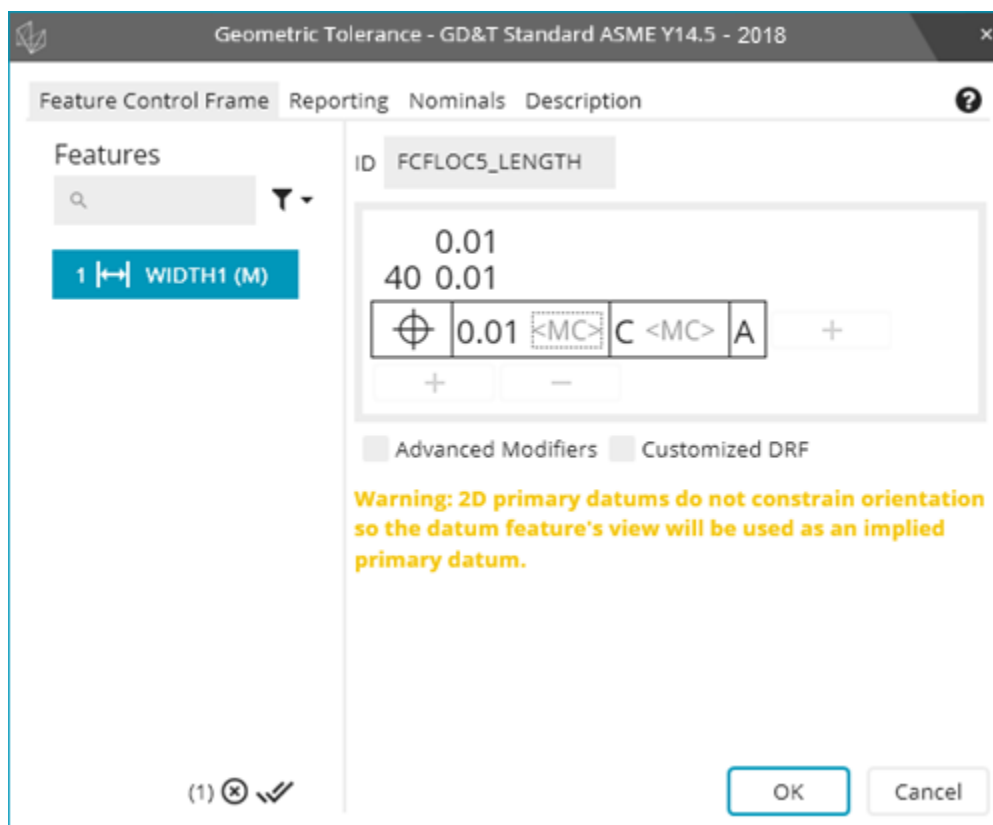
Les messages d'erreur ressemblent à ce qui suit :



Messages d'avertissement - Les messages d'avertissement s'affichent en **jaune**.

Si un message d'avertissement s'affiche, vous pouvez cliquer sur **Créer** ou **OK** dans la boîte de dialogue.

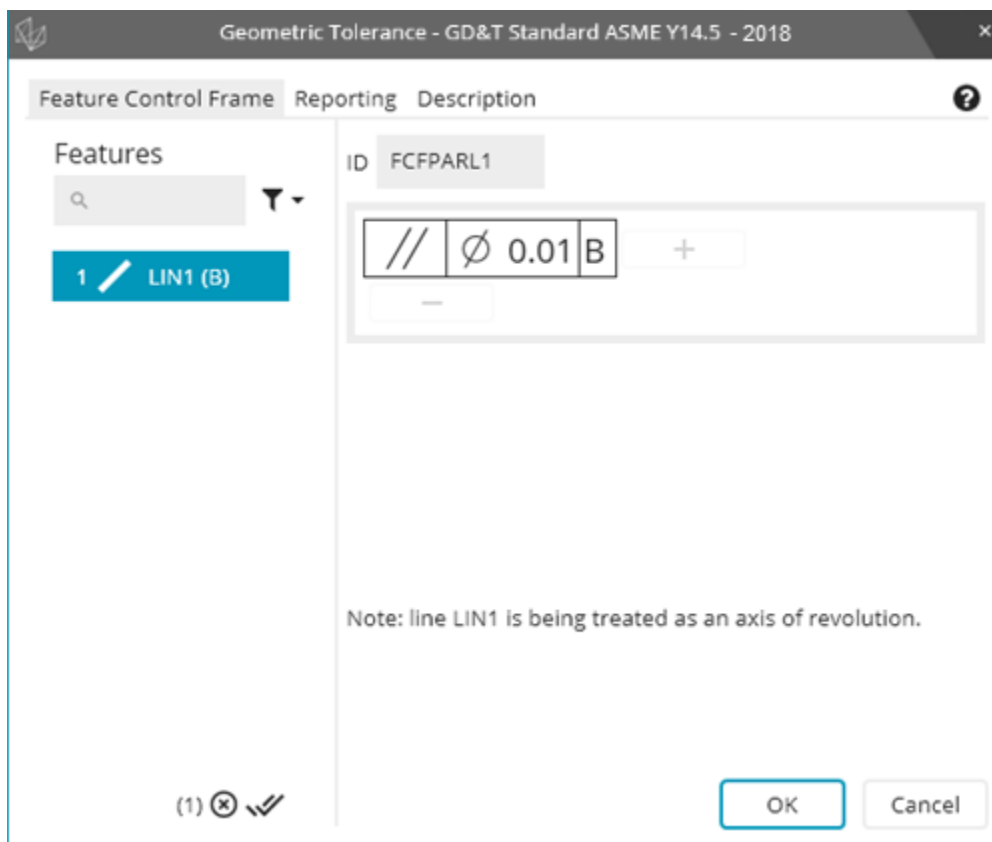
Les messages d'avertissement ressemblent à ce qui suit :



Messages d'interprétation - Les messages d'interprétation s'affichent en noir.

Des messages d'interprétation apparaissent quand vous utiliser une droite construite comme élément de référence ou élément considéré. Ce type de message vous permet de savoir si PC-DMIS interprète l'élément comme une droite sur une surface (comme une coupe transversale sur une surface plane) ou comme un axe de révolution (comme un axe sans surface). Pour plus d'informations sur les types de droites considérés comme une droite sur une surface ainsi que ceux considérés comme un axe de révolution, voir « Types d'éléments avec et sans données de surface ».

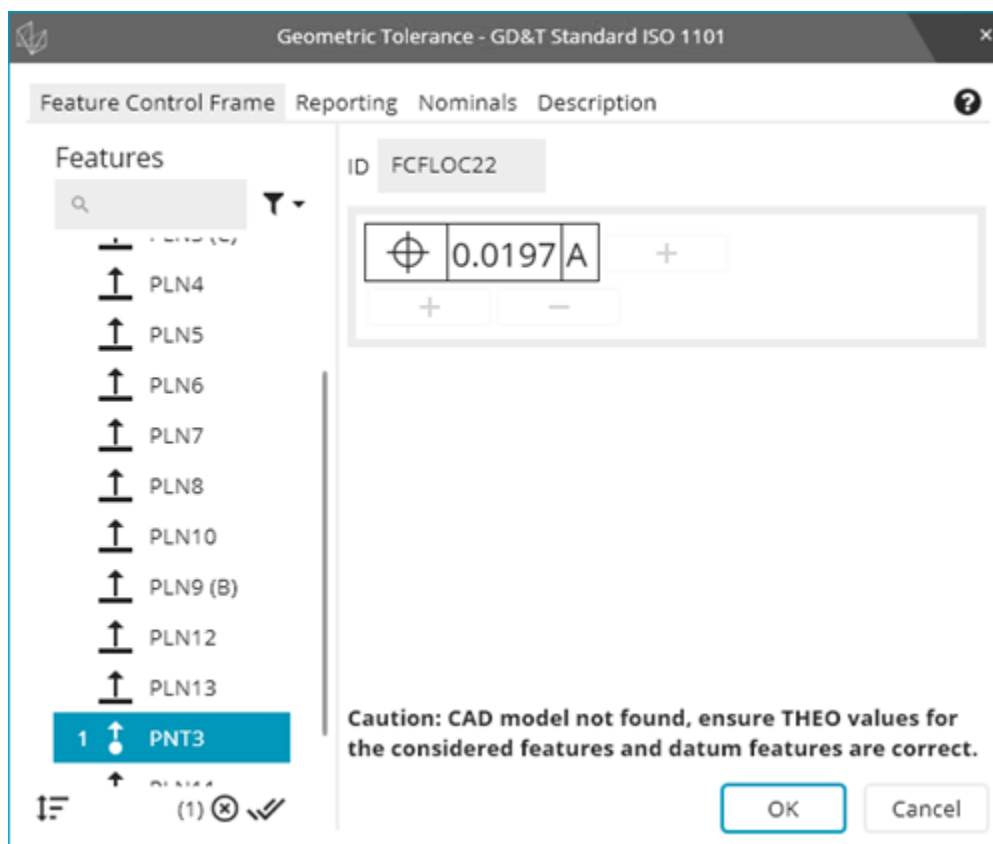
Les messages d'interprétation ressemblent à ce qui suit :



Messages d'avertissement CAO - Il existe un autre type de message d'avertissement qui s'affiche en noir juste au-dessus des principaux boutons de commande dans la boîte de dialogue.

Si vous n'avez pas de modèle CAO, PC-DMIS ne peut pas garantir que vos valeurs théoriques de votre programme sont toutes correctes. La boîte de dialogue **Tolérance géométrique** montre un message d'avertissement qui vous avertit de vérifier si vos valeurs théoriques sont toutes correctes. Vous pouvez toujours cliquer sur **Créer** ou sur **OK** dans la boîte de dialogue.

Cet avertissement de CAO ressemble à ce qui suit :

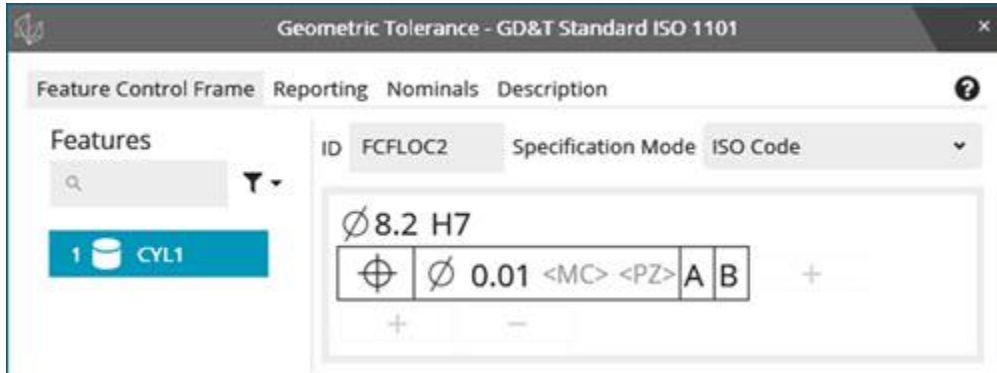


Mode de spécification

La liste **Mode de spécification** détermine l'éditeur **Tolérance de taille**. Pour un élément de taille, quand vous sélectionnez l'option **Valeurs nominales avec écart**, les tolérances sont entrées comme décrit dans la section « Éditeur de tolérances de taille ».

Quand vous sélectionnez l'option **Code ISO**, l'éditeur de tolérances de taille affiche le code ISO H7 par défaut. Entrez la limite appropriée comme défini avec la norme ISO 286-1. La norme ISO 286-1 définit des centaines de codes de tolérance qui ressemblent à « E9 » et « H7 ». La norme ISO 286-1 est sensible à la casse : par

exemple, les alésages sont en majuscules et les tiges en minuscules. Vous pouvez saisir la norme en majuscules ou en minuscules. PC-DMIS détermine si l'élément pris en compte est un type d'élément interne ou externe, puis corrige automatiquement votre entrée dans la casse appropriée si besoin est.



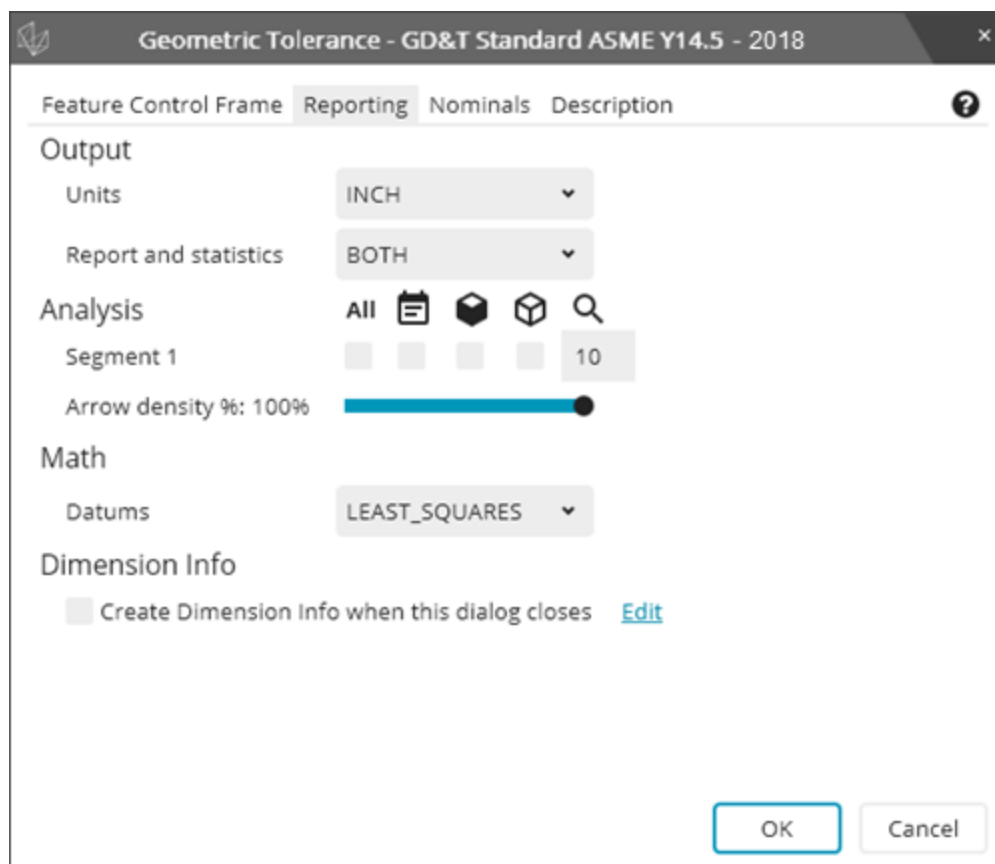
Dans l'onglet **Valeurs nominales**, PC-DMIS affiche la tolérance appropriée en fonction de taille nominale.

	Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol
<input type="checkbox"/>		X	0		
<input type="checkbox"/>		Y	44.496		
<input type="checkbox"/>		Z	0		
<input type="checkbox"/>		PR	44.496		
<input type="checkbox"/>		PA	90		
<input checked="" type="checkbox"/>		DF	8.2	0.015	0

Onglet Génération de rapports

Introduction

L'onglet **Génération de rapports** de la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** inclut plusieurs options pour déterminer comment PC-DMIS évalue et signale les calculs. L'onglet **Génération de rapports** ressemble à ce qui suit :



Sortie














La zone **Sortie** de l'onglet **Génération de rapports** compte deux listes déroulantes :

Unités - Vous permet d'indiquer les résultats en pouces ou en mm, quelles que soient les dimensions de votre routine de mesure.

Rapport et statistiques - Vous permet d'envoyer les résultats à **RAPPORT**, **STATS**, **LES 2** ou **AUCUN**.

Analyse

La zone **Analyse** de l'onglet **Génération de rapports** vous permet de déterminer les options d'analyse textuelle et graphique. Il existe une ligne de cases à cocher pour chaque segment de la commande de tolérance géométrique. Par exemple, avec deux segments, la zone **Analyse** ressemble à ceci :


Analysis	All				
Segment 1					10
Segment 2					100
Arrow density %: 100%					

L'icône au-dessus de chaque colonne de cases à cocher est une étiquette pour le type d'analyse que cette colonne contrôle :

AII - Le fait de la cocher ou de la décocher sélectionne ou désélectionne la ligne entière de cases à cocher.

 - Active ou désactive l'analyse textuelle. Vous pouvez placez le pointeur sur l'icône pour voir l'infobulle concernant l'analyse textuelle de rapports.

 - Active ou désactive l'analyse graphique CAO. Vous pouvez placez le pointeur sur l'icône pour voir l'infobulle concernant l'analyse graphique CAO.

 - Active ou désactive l'analyse graphique de rapports. Vous pouvez placer le pointeur sur l'icône pour voir l'infobulle concernant l'analyse graphique de rapports.

 - Ces zones montrent les valeurs numériques des multiplicateurs de flèche pour chaque segment.

Barre de curseur % **densité flèche** - Vous pouvez utiliser cette barre de curseur pour ajuster le pourcentage de densité de flèche.

Math

La zone **Math** de l'onglet **Génération de rapports** vous permet de contrôler les options mathématiques pour évaluer la tolérance géométrique. Les options de type mathématique disponibles dépendent de si vous sélectionnez la norme ASME ou ISO.

Math

Datums

LEAST_SQUARES

Considered Features

DEFAULT

Math

Datums

DEFAULT

Associated Features

DEFAULT

Size

DEFAULT

Zone de type mathématique montrant ASME (gauche) et ISO (droite)

Types mathématiques ASME

La liste **Éléments considérés** détermine l'option mathématique pour résoudre les tolérances de taille et/ou créer l'élément tolérancé à partir de l'élément considéré. Elle est disponible quand les éléments considérés ont des données de surface et (a) il y a une tolérance de taille ou (b) l'élément tolérancé est différent de celui considéré. Pour des détails sur la signification de ces options, voir « Dérivation de l'élément tolérancé » et « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».

La liste **Zone de tolérance** (non illustrée) détermine l'option mathématique pour optimiser l'élément tolérancé dans la zone de tolérance. Elle apparaît pour les tolérances de forme et pour les tolérances de profil. Pour des détails sur la signification des options, voir ces rubriques :

- Circularité
- Cylindricité
- Planéité
- Profil d'une droite
- Profil d'une surface
- Rectitude

Types mathématiques ISO

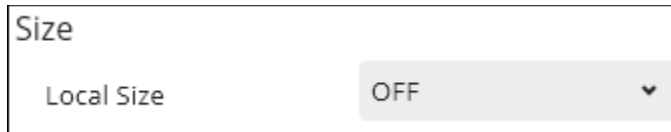
La liste **Éléments associés** détermine l'option mathématique pour résoudre les tolérances de taille et/ou créer l'élément tolérancé à partir de l'élément pris en compte. Elle est disponible quand les éléments considérés ont des données de surface et (a) il y a une tolérance de taille ou (b) l'élément tolérancé est différent de celui considéré. Pour des détails sur la signification de ces options, voir « Dérivation de l'élément tolérancé » et « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique » dans la documentation de PC-DMIS Core.

La liste **Taille** contrôle la valeur mathématique pour résoudre les tolérances de taille. Elle est disponible quand les éléments considérés ont des données de surface et (a) il y a une tolérance de taille ou (b) l'élément tolérancé est différent de celui considéré. Pour des détails sur la signification de ces options, voir « Dérivation de l'élément tolérancé » et « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique » dans la documentation de PC-DMIS Core.

La liste **Zone de tolérance** (non illustrée) détermine l'option mathématique pour optimiser l'élément tolérancé dans la zone de tolérance. Elle apparaît pour les tolérances de forme et pour les tolérances de profil sans références.

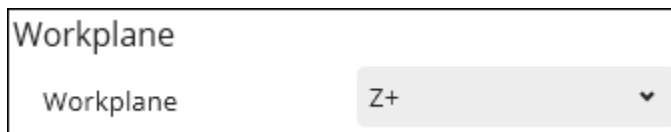
Zones Taille ou Plan de travail

La zone **Taille** de l'onglet **Gén rapports** est disponible pour la plupart des éléments. Elle vous permet de déterminer si les tailles locales doivent être signalées. Elle peut ressembler à ceci :



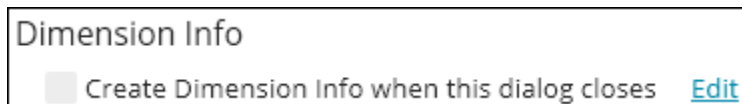
L'option **Taille locale** est **ON** ou **OFF**. Elle est disponible pour les éléments considérés qui ont des données de surface, quand il existe une tolérance de taille. Pour plus d'informations, voir « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».

Pour d'autres éléments comme un profil de droite, la zone **Taille** devient la zone **Plan de travail** permettant de sélectionner le plan de travail dans la liste. Elle peut ressembler à ceci :



Infos sur les dimensions

La zone **Infos sur les dimensions** de l'onglet **Génération de rapports** ressemble à ce qui suit :



Si vous cochez la case, PC-DMIS insère une commande d'infos sur les dimensions dans votre routine de mesure, après la commande de tolérance géométrique. Vous pouvez cliquer sur **Modifier** à droite de la case à cocher pour modifier les options de la commande d'infos sur les dimensions.

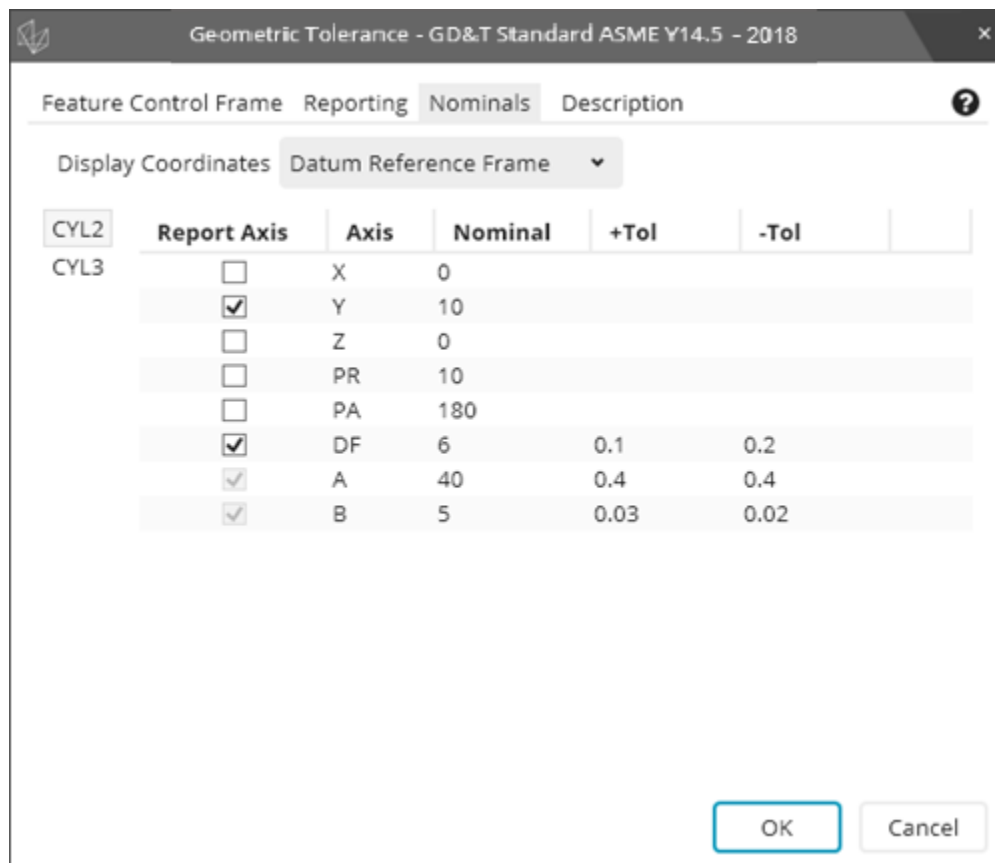
Onglet Valeurs nominales

Introduction

L'onglet **Valeurs nominales** de la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** est disponible pour les tolérances de position et pour les tolérances géométriques qui ont une tolérance de taille.

Utilisation de tolérances géométriques

Il ressemble à ce qui suit :



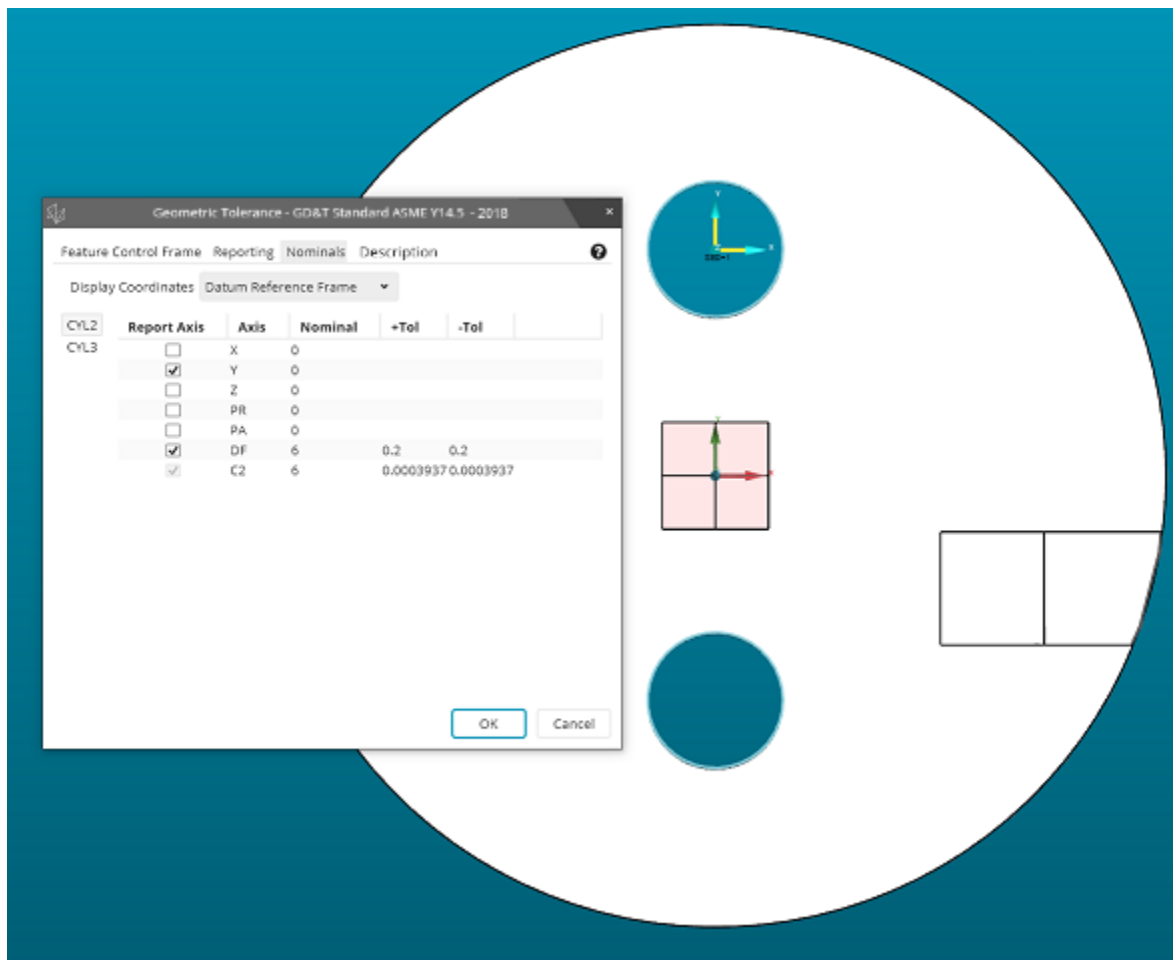
Feature	Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol
CYL2	<input type="checkbox"/>	X	0		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	10		
	<input type="checkbox"/>	Z	0		
	<input type="checkbox"/>	PR	10		
	<input type="checkbox"/>	PA	180		
	<input checked="" type="checkbox"/>	DF	6	0.1	0.2
	<input checked="" type="checkbox"/>	A	40	0.4	0.4
	<input checked="" type="checkbox"/>	B	5	0.03	0.02
CYL3	<input type="checkbox"/>	X	0		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	10		
	<input type="checkbox"/>	Z	0		
	<input type="checkbox"/>	PR	10		
	<input type="checkbox"/>	PA	180		
	<input checked="" type="checkbox"/>	DF	6	0.1	0.2
	<input checked="" type="checkbox"/>	A	40	0.4	0.4
	<input checked="" type="checkbox"/>	B	5	0.03	0.02

Afficher les coordonnées

Cette liste contrôle le système de coordonnées dans lequel les valeurs nominales sont signalées. Vous pouvez basculer entre **Cadre de tolérance** et **Alignement en cours** pour changer les valeurs nominales affichées.

Quand vous cliquez sur **OK** ou sur **Créer**, PC-DMIS change le système de coordonnées dans lequel les résultats sont indiqués.

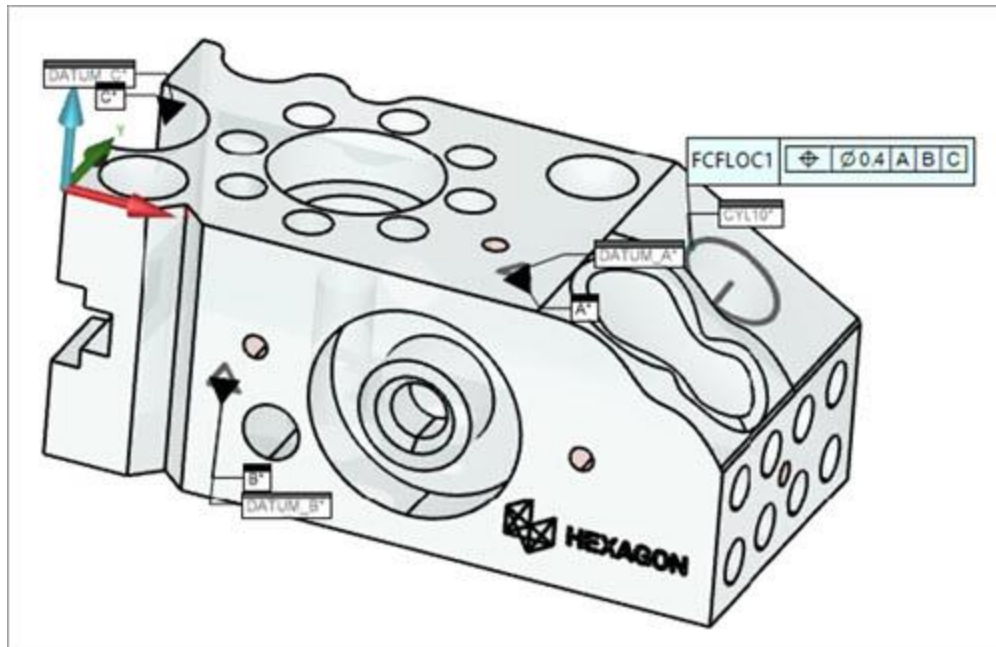
Vous pouvez voir les deux systèmes de coordonnées dans la fenêtre d'affichage graphique, comme suit :



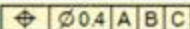



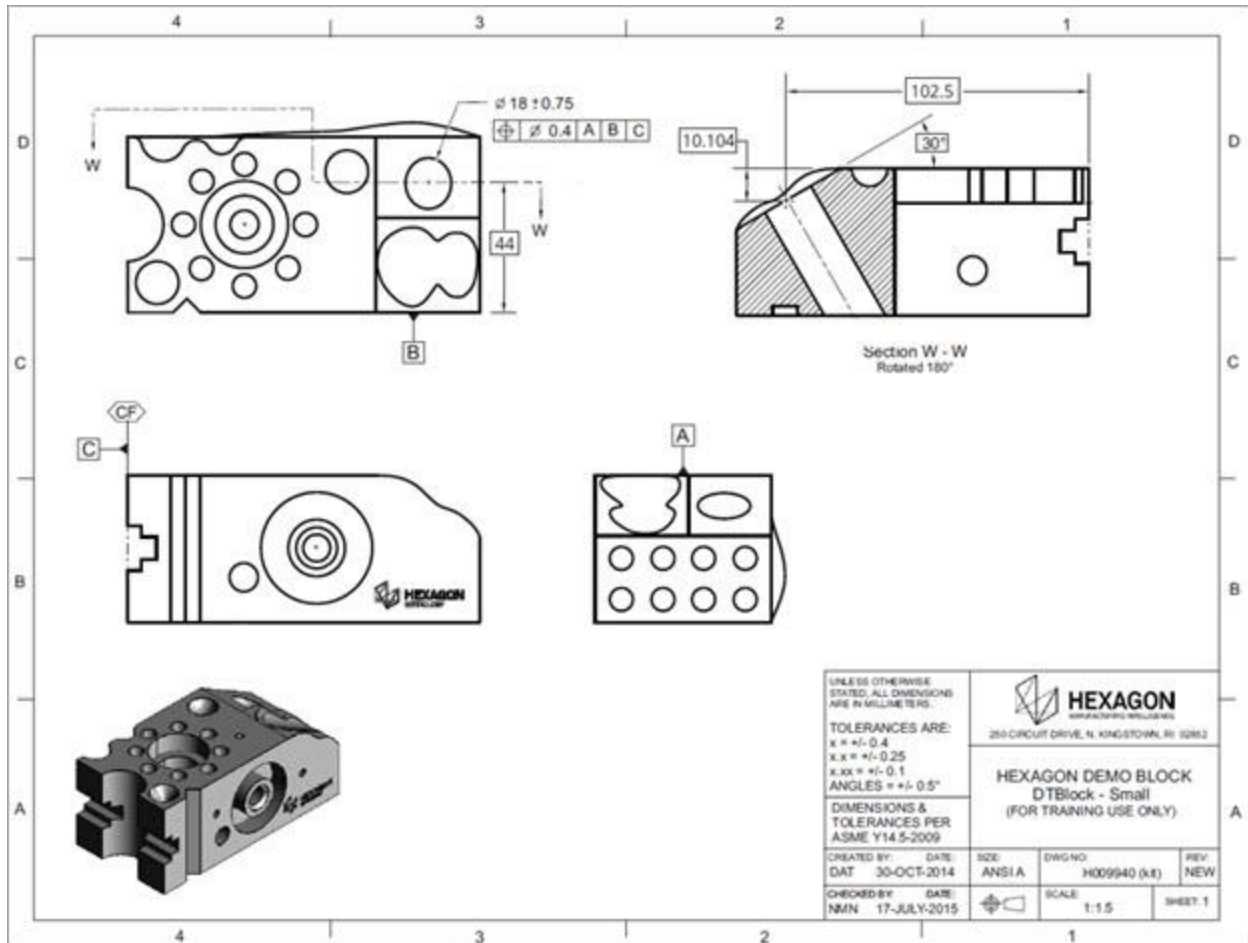
Dans l'image ci-dessus, le trièdre pour l'alignement en cours se trouve au centre de la pièce. Le trièdre pour le système de coordonnées du cadre de tolérance est affiché dans le trou supérieur.

L'option **Alignement actuel** peut être utile lorsque l'emplacement ou l'orientation du trièdre du cadre de référence ne correspond pas aux axes tracés dans le dessin. Elle permet également à la production d'obtenir des informations d'ajustement. Notez l'emplacement et l'orientation du trièdre du cadre de référence pour la tolérance de position suivante.

Utilisation de tolérances géométriques



		PART NAME : POSITION_EXAMPLE				April 16, 2024	12:50	
		REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1		
FCFLOC1 Size		MM	Ø 18 +0.75/-0.75				DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
CYL10	18.000	0.750	0.750	18.000	0.000	0.000		
FCFLOC1		MM					DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL 10 (START PT)	X	102.500			102.564	0.064		
	Y	44.000			43.980	-0.020		
	Z	-10.104			-10.141	-0.037		
	TP	0.000	0.400	0.000	0.154	0.154	0.000	

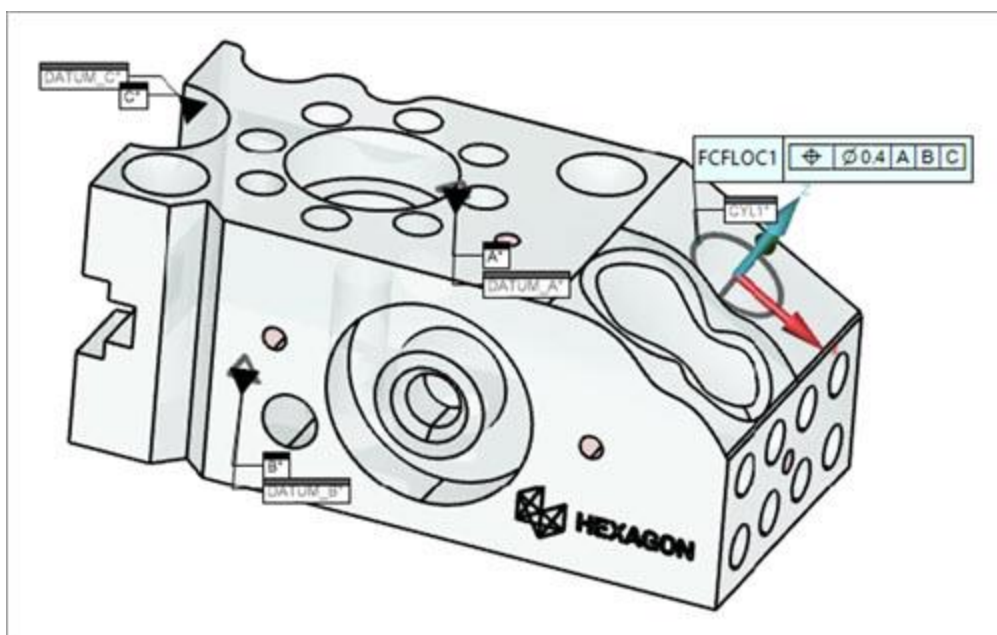




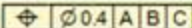

Même si les coordonnées X, Y et Z affichées dans le tableau récapitulatif correspondent aux dimensions de base sur le dessin, il est souvent plus utile de créer un alignement centré sur ou orienté vers l'alésage. Après cela, vous devez changer les coordonnées d'affichage de **Cadre des références** à **Alignement actuel**, comme illustré ci-dessous.

Utilisation de tolérances géométriques

```

A1      =ALIGNMENT/START,RECALL:STARTUP,LIST=YES
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,XAXIS,102.5
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,YAXIS,44
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,ZAXIS,-10.104
        ALIGNMENT/ROTATE_OFFSET,30,ABOUT,YPLUS
        ALIGNMENT/END
FCFLOC1 =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ASME Y14.5-2018,SHOWEXPANDED=YES,
        DESCRIPTION=OFF,,
        FEATURE_MATH=DEFAULT,DATUM_MATH=DEFAULT,DISPLAY_COORDS=CURRENT_ALIGNMENT,
        UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
        SIZE/NOMINAL=18,UPPER TOLERANCE=0.75,LOWER TOLERANCE=0.75,
        REPORT_LOCAL_SIZE=OFF,
        CYL1:
          UAME SIZE:18.000,
          SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.4,_,_,<len>,_,A,B,_,C,_,
          TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,MULT=10,
          MEASURED:
            CYL1:0.154,
          ADD
          FEATURES/CYL1,,
  
```



		PART NAME : POSITION_EXAMPLE				April 16, 2024		11:38	
		REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1			
FCFLOC1 Size		MM	Ø 18 +0.75/-0.75				DEFAULT		ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL			
CYL1	18.000	0.750	0.750	18.000	0.000	0.000 			
FCFLOC1		MM					DEFAULT		ASME Y14.5 2018
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS	
CYL1 (END PT)	X	-0.000			0.074	0.074			
	Y	0.000			-0.020	-0.020			
	Z	0.000			0.000	0.000			
	TP	0.000	0.400	0.000	0.154	0.154	0.000		

Les valeurs d'écart X, Y et Z sont désormais beaucoup plus utiles pour le machiniste, qui peut voir l'ajustement requis dans chaque direction pour rapprocher la position de l'alésage de la valeur nominale.

Dans les deux exemples, la valeur MEAS TP reste inchangée (0,154 mm). Les coordonnées d'affichage sont sans incidence sur l'intégration des références ou le calcul de la tolérance géométrique ; elles affectent uniquement la façon dont les données sont présentées dans le rapport.

Le trièdre n'est pas mis à jour de façon dynamique quand vous utilisez la boîte de dialogue **Tolérance géométrique**. Vous devez cliquer sur **Créer** ou sur **OK** pour voir le trièdre mis à jour.

Tableau de valeurs nominales

Le tableau d'entrées vous permet de faire ce qui suit :

- Afficher les emplacements nominaux des éléments considérés dans les coordonnées d'affichage choisies.
- Contrôler les tolérances de taille des éléments considérés et des éléments de référence.
- Déterminer les axes à inclure dans le rapport.

Sélectionner l'élément considéré

Vous pouvez contrôler l'élément considéré à afficher à l'aide des onglets sur la gauche. Chaque élément a un petit onglet sur lequel vous pouvez cliquer, comme suit :

Feature Control Frame	Reporting
Display Coordinates	Datum Refe
CYL2	
CYL3	
Report Axis	Axis
<input type="checkbox"/>	X
<input checked="" type="checkbox"/>	Y
<input type="checkbox"/>	Z

L'onglet de chaque élément vous permet d'afficher l'emplacement nominal de l'élément considéré.

Colonne Axe de rapport

La colonne **Axe de rapport** du tableau de valeurs nominales détermine si cet axe doit être inclus dans le rapport. Vous pouvez cocher les cases pour afficher les informations souhaitées.

Colonne Axe

La colonne **Axe** du tableau de valeurs nominales contient les noms des axes que vous pouvez signaler. Ces noms correspondent aux éléments suivants :

- **X** - Désigne la coordonnée X.
- **Y** - Désigne la coordonnée Y.
- **Z** - Désigne la coordonnée Z.
- **PR** - Désigne le rayon polaire.
- **PA** - Désigne l'angle polaire.
- **DF** - Désigne le diamètre de l'élément (ou taille).

Comme vous le voyez dans l'image ci-dessous, les noms des références se trouvent aussi dans la colonne Axe :

Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol	
<input type="checkbox"/>	X	0			
<input checked="" type="checkbox"/>	Y	10			
<input type="checkbox"/>	Z	0			
<input type="checkbox"/>	PR	10			
<input type="checkbox"/>	PA	180			
<input checked="" type="checkbox"/>	DF	6	0.1	0.2	
<input checked="" type="checkbox"/>	A	40	0.4	0.4	
<input checked="" type="checkbox"/>	B	5	0.03	0.02	

Seuls des éléments de référence de taille sont visibles. La case à cocher **Axe de rapport** n'est pas disponible pour ces lignes.

Colonne Valeur nominale

La colonne **Valeur nominale** du tableau contient les valeurs nominales des axes à signaler, ainsi que les tailles nominales des éléments de référence de taille.

Colonne Tol+

La colonne **Tol+** du tableau contient les tolérances de taille positives des éléments considérés et des éléments de référence de taille. Voir la note ci-dessous si vous voulez changer cette valeur.

Colonne Tol-

La colonne **Tol-** du tableau contient les tolérances de taille négatives des éléments considérés et des éléments de référence de taille. Voir la note ci-dessous si vous voulez changer cette valeur.



Si vous modifiez les tolérances supérieures ou inférieures dans la fenêtre de modification ou dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** (onglet **Cadre de tolérance** ou **Valeurs nominales**), et que le même élément est utilisé comme référence ou élément pris en compte, PC-DMIS affiche une boîte de message demandant si vous voulez appliquer les mêmes changements à toutes les commandes suivantes faisant référence à cet élément.

Par exemple :

Tolérances

La tolérance de taille pour CYL1 a changé. Voulez-vous appliquer le même changement à toutes les commandes liées suivantes faisant référence à CYL1 ?

Oui Non

Si vous cliquez sur **Oui**, PC-DMIS met à jour les tolérances de taille pour toutes les commandes de tolérance géométrique sous la position du curseur faisant référence au même élément, comme élément considéré ou comme référence.

Si vous cliquez sur **Non**, PC-DMIS met uniquement à jour la tolérance de taille modifiée. PC-DMIS ne met à jour aucune tolérance de taille respective pour toutes les commandes de tolérance géométrique liées sous la position du curseur utilisant le même élément modifié, comme élément considéré ou comme référence.

La case à cocher **Tol négatives affichent négatif** dans l'onglet **Dimension** de la boîte de dialogue **Options de configuration** applique la même chose ici que dans l'onglet **Cadre de contrôle d'élément**. Pour des informations, voir la rubrique « Onglet Cadre de contrôle d'élément ».

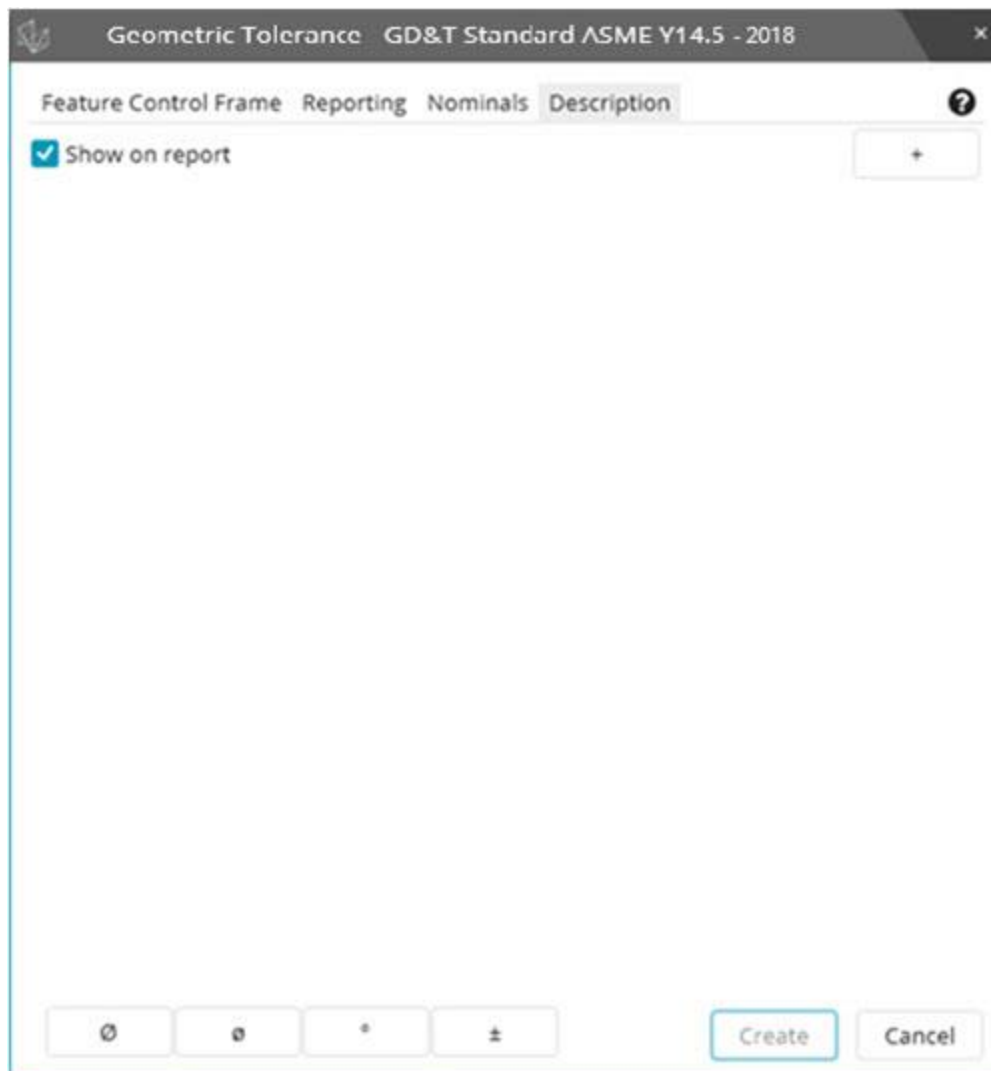
- Quand elle est décochée, les tolérance négatives sont normalement positives.
- Quand elle est cochée, les tolérance négatives sont normalement négatives.

Onglet Description

Si vous avez de l'expérience en création de commentaires dans XactMeasure, la fonctionnalité de l'onglet **Description** dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** peut vous sembler familière, mais elle s'avère plus utile que l'antérieure. Vous n'avez plus besoin de décrire les éléments ou dimensions par leurs noms d'ID. Ceci peut les rendre extrêmement longs et compliqués. L'onglet **Description** permet de

Utilisation de tolérances géométriques

lier des dimensions à des références sur des impressions sans le besoin de noms descriptifs longs d'éléments ou de dimensions.



Cet onglet vous permet de créer des zones de texte pur pouvant ensuite vous servir à lier vos dimensions à vos impressions. Vous pouvez utiliser n'importe quel symbole ou caractère, sachant que ces zones sont exclusivement pour du texte. Les boutons de symboles au bas de la boîte de dialogue vous permettent d'insérer les symboles les plus courants.



Vous devez résoudre toutes les erreurs dans l'onglet **Cadre de contrôle d'éléments** pour que PC-DMIS active le bouton **Créer** dans cette boîte de dialogue.

Pour créer un texte **Description** :

1. Cliquez sur le bouton Ajouter (+) dans le coin supérieur droit de la boîte de dialogue pour créer et ouvrir une nouvelle zone de texte de description.
2. Entrez votre texte dans la zone. Utilisez les boutons de symboles pour insérer des symboles spécifiques.
3. Appuyez sur Entrée ou cliquez à nouveau sur le bouton Ajouter (+) pour créer une autre zone de texte de description. Pour supprimer une zone, sélectionnez-la et cliquez sur le bouton Supprimer (-).
4. Cochez la case **Afficher dans le rapport** pour inclure le texte de description dans le rapport.
5. Cliquez sur le bouton **Créer** pour créer la zone de description.

Types de tolérances géométriques

Il existe quatorze types de tolérances géométriques, souvent regroupées dans ces cinq catégories : Forme, Orientation, Emplacement, Profil et Battement

Les rubriques ci-dessous expliquent chaque type de tolérance. Elles fournissent des détails sur leur signification, leurs modificateurs autorisés et leurs options de commande autorisées.

Forme

Les tolérances de forme sont les plus simples car elles n'ont pas de données de référence :

- Circularité
- Cylindricité
- Planéité
- Rectitude

Orientation

- Angularité
- Parallélisme
- Perpendicularité

Emplacement

- Concentricité
- Position
- Symétrie

Profil

- Profil d'une droite
- Profil d'une surface

Battement

- Battement circulaire
- Battement total

Vous trouverez plus de détails dans ces rubriques :

- Type d'éléments avec et sans données de surface
- Comment PC-DMIS résout et utilise des références
- Dérivation de l'élément tolérancé

Valeurs réelles et mesurées

Pour chaque type de tolérance géométrique, nous faisons la distinction entre « valeurs réelles » et « valeurs mesurée ».

Une *valeur réelle* concerne la spécification et est définie par un standard de spécification comme ASME Y14.5.1 ou ISO 1101. Une valeur réelle utilise tous les points de la surface sans incertitude de mesure. Cette valeur indique si la surface est conforme ou non à sa spécification. Vous savez ainsi dans quelle mesure une surface est conforme ou non.

Une *valeur mesurée* est une approximation mesurée d'une valeur réelle. La valeur mesurée utilise un sous-ensemble des points de la surface. Chaque point mesuré de la surface inclut une incertitude de mesure. Les algorithmes que nous utilisons pour dériver une valeur mesurée peuvent être ou non similaires à la définition mathématique de la valeur réelle. La raison est que parfois, l'approximation la mieux mesurée de la valeur réelle utilise des types mathématiques très différents de ceux de la valeur réelle.

Pour plus d'informations, voir « Spécification et vérification ».

Cylindricité

Introduction

Une spécification de cylindricité détermine dans quelle mesure les coupes transversales d'un élément peuvent dévier d'un cylindre parfait. En d'autres termes, la cylindricité évalue dans quelle mesure l'élément est cylindrique.

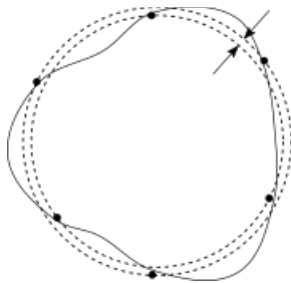
Valeur réelle :

il s'agit de la distance minimum entre deux cylindres concentriques renfermant toute la surface entre eux :



Valeur mesurée :

il s'agit de la distance entre deux cylindres concentriques renfermant tous les points mesurés entre eux. Une routine best fit définit l'axe des deux cylindres. En fonction de l'incertitude de la mesure, du nombre de points mesurés et à quel endroit vous prenez les points, le résultat peut être inférieur ou supérieur à la valeur réelle. Ci-après un cas illustré dans lequel quelques points ont été mesurés ; la valeur mesurée est alors inférieure à la valeur réelle :



Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser des éléments cylindriques qui ont des données de surface. Pour des détails sur les cylindres qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Modificateurs autorisés

Pour la norme ASME, cette tolérance géométrique n'autorise pas les modificateurs.

Pour la norme ISO, les modificateurs C ou G sont autorisés. Pour des détails, voir la section « Modificateurs d'association d'éléments de référence (RFAM) ISO » dans la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » de la documentation de PC-DMIS Core.

Options exposées



Le type mathématique de la zone de tolérance détermine comment calculer l'axe des deux cylindres concentriques :

PAR DÉFAUT - Elle effectue un best fit de zone minimum (ou min-max). Ce best fit recherche l'axe des deux cylindres concentriques renfermant les points entre eux séparés d'une distance minimum. Cette option donne donc la plus petite valeur mesurée pour évaluer la cylindricité. En termes mathématiques, il est aussi très proche de la spécification, car si vous mesurez les points de façon dense et avec une précision élevée, la valeur mesurée estime la valeur réelle de près. Pour la norme ISO, si vous sélectionnez le modificateur C, il équivaut à l'option mathématique **PAR DÉFAUT**.

LSQ - Elle donne un best fit moindres carrés. Ce dernier réduit la somme des carrés des écarts à un cylindre moindres carrés. Cette option génère une valeur mesurée supérieure (elle est plus conservatrice que l'option **PAR DÉFAUT**). En général, elle fait des calculs plus rapides. Pour la norme ISO, si vous sélectionnez le modificateur G, il équivaut à l'option mathématique **LSQ**.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de cylindricité.

FCFCYLY1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CYL2	0.000000	0.010000		0.002315	0.002315	0.000000 

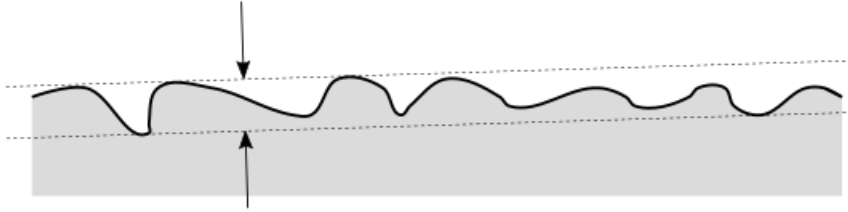
Planéité

Introduction

Une spécification de planéité détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier d'être parfaitement plat. En d'autres termes, la planéité évalue dans quelle mesure l'élément est plat. PC-DMIS prend uniquement en charge les spécifications de planéité sur des plans.

Valeur réelle :

il s'agit de la distance minimum entre deux plans parallèles renfermant toute la surface entre eux :



Valeur mesurée :

il s'agit de la distance entre deux plans parallèles renfermant tous les points mesurés entre eux. Une routine best fit définit la normale à la surface des deux plans. En fonction de l'incertitude de la mesure, du nombre de points mesurés et à quel endroit vous prenez les points, le résultat peut être inférieur ou supérieur à la valeur réelle. Ci-après un cas illustré dans lequel quelques points ont été mesurés ; la valeur mesurée est alors inférieure à la valeur réelle :



Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser des éléments plats qui ont des données de surface. Pour des détails sur les plans qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Modificateurs autorisés

Pour la norme ASME, cette tolérance géométrique n'autorise pas les modificateurs.

Pour la norme ISO, les modificateurs C ou G sont autorisés. Pour des détails, voir la section « Modificateurs d'association d'éléments de référence (RFAM) ISO » dans la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » de la documentation de PC-DMIS Core.

Options exposées

Pour la norme ASME, le type mathématique de la zone de tolérance détermine la routine best fit.

Pour la norme ISO, le modificateur d'association d'éléments de référence sélectionné ou le type mathématique de la zone de tolérance détermine le best fit.


PAR DÉFAUT - Calcule un plan best fit de zone minimum (ou min-max). Il recherche la plus petite valeur mesurée en fonction des données de surface. En termes mathématiques, il est très similaire à la spécification, car si les points ont été mesurés de façon dense et avec une haute précision, la valeur mesurée sera

très proche de la valeur réelle. Pour la norme ISO, si vous sélectionnez le modificateur C, il équivaut au type mathématique **PAR DÉFAUT**.

LSQ - Calcule un plan best fit moindres carrés, en réduisant la somme des carrés des écarts au plan best fit. Cette option génère une valeur mesurée supérieure (elle est plus conservatrice que l'option **PAR DÉFAUT**). En général, elle fait des calculs plus rapides. Pour la norme ISO, si vous sélectionnez le modificateur G, il équivaut au type mathématique **LSQ**.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de planéité :

FCFLAT1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1	0.000000	0.010000		0.000221	0.000221	0.000000

Tolérances de planéité par unité

Si vous cochez la case **par unité**, la planéité a deux segments. Le premier segment (haut) est la planéité globale comme décrit ci-dessus. Le segment inférieur est la planéité par unité, qui définit la taille, la forme et l'orientation d'une unité. Les tolérances par unité déterminent comment est chaque unité possible de l'élément tolérancé.

Vous êtes chargé de ce qui suit :

- Sélectionnez une unité carrée ou rectangulaire.
- Choisissez la ou les tailles de chaque unité.
- Contrôlez l'orientation de l'unité.

Contrôle de l'orientation de l'unité

Le vecteur d'orientation d'unité détermine comment l'unité est orientée dans la surface plane. Il est toujours normalisé et perpendiculaire à la normale à la surface nominale du plan. Vous pouvez modifier le vecteur à l'aide du bouton **Orientation de l'unité** dans l'onglet **Cadre de tolérance** de la boîte de dialogue **Orientation de l'unité**. Pour plus d'informations, voir « Orientation de l'unité » sous « Onglet Cadre de tolérance ». Avec une unité rectangulaire, le vecteur d'orientation représente la direction de la première dimension de la zone d'unité. Par exemple, si la zone d'unité est de 5x3, le vecteur d'orientation de l'unité correspond à 5. Avec une unité carrée, le vecteur représente la direction de l'un des côtés du carré.

Valeur réelle :

de façon conceptuelle, l'élément tolérancé entier est divisé en un nombre infini d'unités se chevauchant. Chaque unité a une taille, une forme et une orientation définies. Chaque unité a sa propre valeur réelle de planéité. La valeur réelle de planéité pour l'élément entier est la valeur réelle de la pire unité.

Valeur mesurée :

il existe de nombreuses unités se chevauchant et contenant des sous-ensembles de points mesurés. Pour chaque unité, la valeur mesurée est la distance minimum entre deux plans parallèles. Ces plans renferment le sous-ensemble de points mesurés entre eux de l'unité. Ceci est identique au type mathématique **PAR DÉFAUT** de la zone de tolérance. Le type mathématique de la zone de tolérance moindres carrés n'est pas disponible pour les tolérances par unité.

La valeur mesurée pour tout l'élément est la valeur mesurée de la pire unité.

L'algorithme utilisé par la commande de tolérance géométrique ne vérifie pas toutes les unités possibles. À la place, il fait une recherche intelligente de la pire unité. Il trouve toujours la pire unité. Il peut le faire avec un temps de calcul inférieur à la vérification de toutes les unités possibles.

Comparaison avec la pratique antérieure 1


Dans PC-DMIS 2020 R2 et ultérieurs, vous pouvez contrôler l'orientation de l'unité. Les vecteurs d'orientation de l'unités sont dans les coordonnées de la pièce. Dans les versions antérieures, avec la planéité par unité XactMeasure, vous ne pouviez pas contrôler l'orientation d'une unité. Par ailleurs, les unités étaient alignées au système de coordonnées de la machine au lieu du système de coordonnées de la pièce.


Comparaison avec la pratique antérieure 2

Dans PC-DMIS 2020 R2 et ultérieurs, l'algorithme de planéité par unité est conservateur. Cet algorithme trouve en effet toujours la pire unité. Dans les versions antérieures, la planéité par unité XactMeasure évaluait un grand nombre d'unités mais ne trouvait pas toujours la pire unité.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de planéité par unité .
L'étiquette supérieure est pour la planéité globale, celle inférieure pour la planéité par unité.

FCFFLAT1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1	0.000000	0.010000		0.000221	0.000221	0.000000

FCFFLAT1		MM	 0.01/0.10		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1	0.000000	0.010000		0.000126	0.000126	0.000000

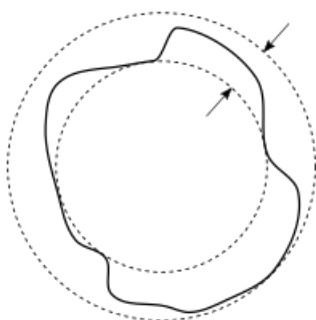
Circularité

Introduction

Une spécification de circularité détermine dans quelle mesure les coupes transversales de l'élément peuvent dévier d'un cercle parfait. En d'autres termes, la circularité évalue dans quelle mesure l'élément est circulaire. La circularité est définie à partir des coupes transversales d'un élément.

Valeur réelle :

il s'agit de la distance minimum entre deux cercles concentriques renfermant toute la coupe transversale entre eux :



La valeur réelle pour la circularité d'un élément entier est la pire valeur réelle de toutes les coupes transversales possibles.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser des éléments, circulaires, cylindriques, coniques ou sphériques qui ont des données de surface. Pour des détails sur les cercles, les cylindres, les cônes et les sphères qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

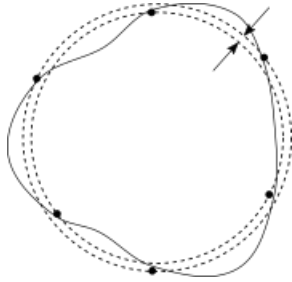
Éléments circulaires

Les éléments circulaires sont interprétés comme une seule coupe transversale.

Valeur mesurée :

il s'agit de la distance entre deux cercles concentriques renfermant tous les

points mesurés entre eux. Une routine best fit définit le point central des cercles. En fonction de l'incertitude de la mesure, du nombre de points mesurés et à quel endroit vous prenez les points, le résultat peut être inférieur ou supérieur à la valeur réelle. Ci-après un cas illustré dans lequel quelques points ont été mesurés ; la valeur mesurée est alors inférieure à la valeur réelle :



Éléments cylindriques

Les tolérances de circularité sur des éléments cylindriques divisent les données en coupes transversales. Les tolérances évaluent la circularité sur chaque coupe transversale. La valeur mesurée de tout l'élément est la valeur mesurée de la pire coupe transversale. Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer le cylindre à l'aide de nombreuses coupes transversales. Si PC-DMIS ne parvient pas à extraire des coupes transversales des données mesurées, il renvoie une erreur.

Éléments coniques

Les tolérances de circularité sur des éléments coniques divisent les données en coupes transversales. Les tolérances évaluent la circularité sur chaque coupe transversale. La valeur mesurée de tout l'élément est la valeur mesurée de la pire coupe transversale. Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer le cône à l'aide de nombreuses coupes transversales. Si PC-DMIS ne parvient pas à extraire des coupes transversales des données mesurées, il renvoie une erreur.

La conicité est une autre façon d'évaluer la forme d'un élément conique. La conicité ne divise pas les données en coupes transversales. À la place, la valeur mesurée correspond à la distance entre deux cônes coaxiaux d'angle identique. Ces cônes renferment les points mesurés entre eux. Une routine best fit définit l'axe et l'angle de cône. La conicité inclut les erreurs de circularité et de rectitude. Elle ne requiert pas que les données soient mesurées dans des coupes transversales.

Éléments sphériques

La circularité d'une sphère équivaut à la sphéricité (voir ASME Y14.5.1 et ISO 1101). Cette tolérance de sphéricité agit sur toutes les données à la fois. La valeur mesurée correspond à la distance entre deux cercles concentriques renfermant tous les points mesurés entre eux. Une routine best fit définit le point central des sphères. Elle ne requiert pas que les données soient mesurées dans des coupes transversales.

Modificateurs autorisés

Pour la norme ASME, cette tolérance géométrique n'autorise pas les modificateurs.

Pour la norme ISO, les modificateurs C ou G sont autorisés. Pour des détails, voir la section « Modificateurs d'association d'éléments de référence (RFAM) ISO » dans la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » de la documentation de PC-DMIS Core.

Options exposées

Pour la norme ASME, le type mathématique de la zone de tolérance détermine la routine best fit.

Pour la norme ISO, le modificateur d'association d'éléments de référence sélectionné ou le type mathématique de la zone de tolérance détermine le best fit.

PAR DÉFAUT - Elle effectue un best fit de zone minimum (ou min-max). Ce best fit recherche la valeur mesurée la plus petite en fonction des données et de la définition de valeur mesurée. En termes mathématiques, il est très proche de la spécification, car si vous mesurez les points et les coupes transversales de façon dense et avec une précision élevée, la valeur mesurée estime la valeur réelle de près. Pour la norme ISO, si vous sélectionnez le modificateur C, il équivaut au type mathématique **PAR DÉFAUT**.

LSQ - Elle donne un best fit moindres carrés. Ce dernier réduit la somme des carrés des écarts à une forme moindres carrés. Cette option génère une valeur mesurée supérieure (elle est plus conservatrice que l'option **PAR DÉFAUT**). En général, elle fait des calculs plus rapides. Pour la norme ISO, si vous sélectionnez le modificateur G, il équivaut au type mathématique **LSQ**.


La bascule **CIRCULARITÉ** et **CONICITÉ** détermine le comportement de circularité d'un cône.

CIRCULARITÉ - Évalue la circularité de chaque coupe transversale. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez décocher la case **Conicité** pour l'utiliser.

CONICITÉ - Évalue la conicité de tout l'élément. L'interprétation de la conicité est plus conservatrice que l'option **CIRCULARITÉ**. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez cocher la case **Conicité** pour l'utiliser.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de circularité.

FCFCIRTY1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CIR4	0.000000	0.010000		0.002759	0.002759	0.000000

Rectitude

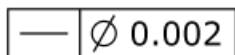
Introduction

Une spécification de rectitude détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier d'être parfaitement droit. En d'autres termes, la rectitude évalue dans quelle mesure l'élément est droit.

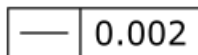
La rectitude concerne deux grands types :

- Rectitude d'un axe
- Rectitude d'une surface

Une tolérance d'axe a un symbole de zone diamétrale avant la valeur de tolérance :



Une tolérance de surface n'a pas de symbole de zone diamétrale :



Rectitude d'un axe

La rectitude d'un axe opère sur une droite médiane dérivée (ou droite médiane extraite dans le langage ISO 1101). Cette droite représente l'erreur de forme de rectitude de l'axe d'un cylindre ou d'un cône.

Valeur réelle :

il s'agit du diamètre du plus petit cylindre contenant la droite médiane dérivée.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces éléments :

- Les éléments cylindriques ou coniques qui ont des données de surface. Pour des détails sur les cylindres et les cônes qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».
- Les droites BF construites 3D sur lesquelles les points d'entrée sont les centres des cercles



Pour des constructions Best Fit (BF) ou Best Fit Recompensate (BFRE), quand vous utilisez un type d'élément pour vos éléments d'entrée, les types BF et BFRE sont en général utilisés pour des points ou des ensembles de points (un scanning de points, un ensemble d'éléments avec des points ou une expression résolvant un regroupement de points).

Pour des détails sur l'utilisation des méthodes Best Fit et Best Fit Recompensate pour construire des éléments, voir la rubrique « Constructions Best Fit (BF) et Best Fit Recompensate (BFRE) » dans la documentation de PC-DMIS Core.

Éléments cylindriques

Sur des éléments cylindriques, les tolérances de rectitude d'un axe divisent les données de surface en coupes transversales. Le centre de chaque coupe transversale est ensuite calculé. Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer le cylindre à l'aide de nombreuses coupes transversales.

Valeur mesurée :

il s'agit du diamètre d'un cylindre contenant tous les centres de coupes transversales. Une routine best fit détermine l'axe du cylindre. Si PC-DMIS ne parvient pas à extraire des coupes transversales des données mesurées, il renvoie une erreur.

Éléments coniques

Sur des éléments coniques, les tolérances de rectitude d'un axe divisent les données de surface en coupes transversales. Le centre de chaque coupe transversale est ensuite calculé. Pour optimiser vos chances de trouver la pire

coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer le cône à l'aide de nombreuses coupes transversales.

Valeur mesurée :

il s'agit du diamètre d'un cylindre contenant tous les centres de coupes transversales. Une routine best fit détermine l'axe du cylindre. Si PC-DMIS ne parvient pas à extraire des coupes transversales des données mesurées, il renvoie une erreur.

Droites

Vous pouvez uniquement utiliser des droites Best Fit (BF) construites 3D. Vous ne pouvez pas utiliser des droites Best Fit avec recompensation (BFRE).



Pour des constructions Best Fit (BF) ou Best Fit Recompensate (BFRE), quand vous utilisez un type d'élément pour vos éléments d'entrée, les types BF et BFRE sont en général utilisés pour des points ou des ensembles de points (un scanning de points, un ensemble d'éléments avec des points ou une expression résolvant un regroupement de points).



Pour des détails sur l'utilisation des méthodes Best Fit et Best Fit Recompensate pour construire des éléments, voir la rubrique « Constructions Best Fit (BF) et Best Fit Recompensate (BFRE) » dans la documentation de PC-DMIS Core.

Sur des droites BF 3D, les tolérances de rectitude d'un axe supposent que les points d'entrée représentent les centres des coupes transversales circulaires. Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer de nombreuses coupes transversales.

Valeur mesurée :

il s'agit du diamètre d'un cylindre contenant tous les points d'entrée. Une routine best fit détermine l'axe du cylindre.

Modificateurs autorisés

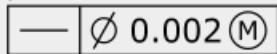
Quand l'élément est un cylindre, sphère ou une largeur, les tolérances de rectitude d'un axe permettent à un modificateur au maximum de matière  d'indiquer que la spécification est à la condition au maximum de matière (MMC). Elles autorisent aussi un modificateur au minimum de matière  d'indiquer que la spécification est à la condition au minimum de matière (LMC). Comme la taille de l'enveloppe de forme parfaite (ou la taille de l'enveloppe au minimum de matière pour LMC) dévie de MMC (ou LMC), une tolérance supplémentaire ou tolérance

« bonus » est ajoutée à la tolérance dans le cadre de contrôle d'éléments, ce qui donne une tolérance totale. Pour plus d'informations sur cette tolérance bonus, voir « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».



Cet exemple est en pouces. Imaginez un alésage cylindrique avec une tolérance de rectitude d'axe de 0,002 à MMC :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



La tolérance de taille est de 0,675 plus ou moins 0,025. La plage de tailles acceptables est donc comprise entre 0,650 et 0,700. La condition au maximum de matière est alors de 0,650. Si la taille de l'enveloppe de forme parfaite est de 0,661, la tolérance bonus est 0,011 et la tolérance totale est 0,013.

Options exposées


Le type mathématique de la zone de tolérance détermine la routine best fit :

PAR DÉFAUT - Calcule un axe best fit de zone minimum (ou min-max) qui trouve la plus petite valeur mesurée en fonction des centres de coupes transversales. En termes mathématiques, il est très similaire à la spécification, car si les points ont été mesurés de façon dense et avec une haute précision, la valeur mesurée sera très proche de la valeur réelle.

LSQ - Elle donne un axe best fit moindres carrés. Elle réduit la somme des carrés des écarts par rapport à l'axe best fit. Cette option génère une valeur mesurée supérieure (elle est plus conservatrice que l'option **PAR DÉFAUT**). En général, elle fait des calculs plus rapides.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de rectitude d'un axe :

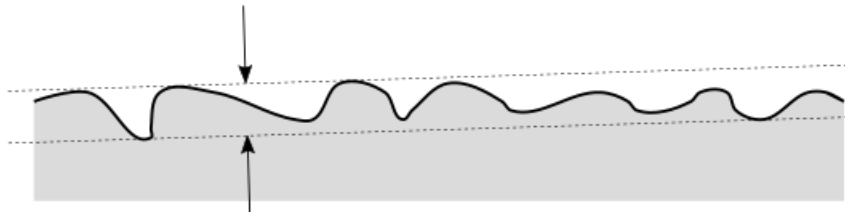
FCFSTRA2		MM			DEFAULT	ASME Y14.5
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CON1	0.000000	0.010000		0.000585	0.000585	0.000000

Rectitude d'une surface

La rectitude d'une surface opère sur des droites sur une surface.

Valeur réelle :

il s'agit de la distance minimum entre deux droites parallèles renfermant toute la droite réelle entre elles. Les deux droites parallèles se trouvent sur un plan de travail implicite défini par la vue du dessin. La valeur réelle pour une surface entière est la pire valeur réelle de toutes les droites possibles sur la surface.



Types d'éléments autorisés

Vous devez utiliser des cônes, des cylindres ou des droites possédant des données de surface. Pour des détails sur les éléments qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ». Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer la surface à l'aide de nombreuses droites.

Valeur mesurée :

il s'agit de la distance minimum entre deux droites parallèles. Les droites renferment les données de surface entre elles. Une routine best fit trouve l'orientation des droites. Les deux droites parallèles se trouvent dans un plan de travail temporaire (interne). La normale à la surface de ce plan de travail temporaire est perpendiculaire au vecteur de la droite et à la normale à la surface de la droite.

En fonction de l'incertitude de la mesure, du nombre de points mesurés, du nombre de coupes transversales mesurées et à quel endroit vous prenez les points, la valeur mesurée peut être inférieure ou supérieure à la valeur réelle. Ci-après un cas illustré dans lequel quelques points ont été mesurés ; la valeur mesurée est alors inférieure à la valeur réelle :

Utilisation de tolérances géométriques



Modificateurs autorisés

Pour la norme ASME, cette tolérance géométrique n'autorise pas les modificateurs.

Pour la norme ISO, les modificateurs C ou G sont autorisés. Pour des détails, voir la section « Modificateurs d'association d'éléments de référence (RFAM) ISO » dans la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » de la documentation de PC-DMIS Core.

Options exposées

Pour la norme ASME, le type mathématique de la zone de tolérance détermine la routine best fit.



Pour la norme ISO, le modificateur d'association d'éléments de référence sélectionné ou le type mathématique de la zone de tolérance détermine le best fit.

PAR DÉFAUT - Calcule une droite best fit de zone minimum (ou min-max). Il recherche la plus petite valeur mesurée en fonction des données de surface. En termes mathématiques, il est très similaire à la spécification, car si les points et les coupes transversales ont été mesurés de façon dense et avec une haute précision, la valeur mesurée sera très proche de la valeur réelle.

LSQ - Calcule une droite best fit moindres. Elle réduit la somme des carrés des écarts par rapport à la droite best fit. Cette option génère une valeur mesurée supérieure (elle est plus conservatrice que l'option **PAR DÉFAUT**). En général, elle fait des calculs plus rapides.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de surface :

FCFSTRA6		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
LIN4	0.000000	0.010000		0.006471	0.006471	0.000000 

Tolérances de rectitude par unité

Si vous cochez la case **par unité**, la rectitude a deux segments : le premier (supérieur) correspond à la rectitude globale, comme décrit ci-dessus. Le segment inférieur est la rectitude par unité, qui définit une longueur d'unité. Les tolérances

par unité déterminent dans quelle mesure chaque unité possible de l'élément tolérancé est droite.

De façon conceptuelle, l'élément tolérancé entier est divisé en un nombre infini de longueurs d'unités se chevauchant :

Pour un axe, les centres des coupes transversales de cylindre sont divisés en longueurs d'unités se chevauchant.

Pour une surface, la coupe transversale de surface est divisée en longueurs d'unités se chevauchant.

Valeur réelle :

chaque unité infinie a sa propre valeur réelle, comme défini ci-dessus. La valeur réelle de l'élément entier est la valeur réelle de la pire unité.

Valeur mesurée :

il existe de nombreuses unités se chevauchant et contenant des sous-ensembles de points mesurés. Pour chaque unité, la valeur mesurée est définie de la même façon que la rectitude globale, sauf qu'elle est limitée au sous-ensemble des points mesurés. La valeur mesurée pour tout l'élément est la valeur mesurée de la pire unité.

Ci-après un exemple de tolérance de rectitude d'un axe par unité. Le segment supérieur correspond à la rectitude globale, le segment inférieur à la rectitude par unité.

	\varnothing 0.008
	\varnothing 0.002 / 1.2

Ci-après un exemple de tolérance de rectitude d'une surface par unité. Le segment supérieur correspond à la rectitude globale, le segment inférieur à la rectitude par unité.

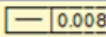

	0.008
	0.002 / 1.2

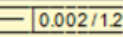

Options exposées

Il n'y a pas d'options mathématiques de zone de tolérance exposées pour le segment **par unité** car il utilise toujours les calculs **DEFAULT**.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de rectitude d'une surface par unité. L'étiquette supérieure correspond à la rectitude globale, l'étiquette inférieure à la rectitude par unité.


FCFSTRA1		IN				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
LIN1	0.0000	0.0080		0.0007	0.0007	0.0000	

FCFSTRA1		IN				DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
LIN1	0.0000	0.0020		0.0005	0.0005	0.0000	

Perpendicularité

Introduction

Une spécification de perpendicularité détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier d'un angle parfait de 90 degrés indiqué vers une référence. Vous pouvez parfois utiliser une référence secondaire pour contrôler ensuite l'orientation de la zone de tolérance.

Ø 0.675 +/- 0.025
 Ø 0.002 (M) A

Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Chaque élément considéré et chaque élément tolérancé obtenu
- Chaque zone de tolérance
- Les éléments de référence

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS convertit chaque élément considéré en élément tolérancé. Vous trouverez une description de ceci dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

PC-DMIS optimise ensuite chaque élément tolérancé dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence.

Chaque élément tolérancé est optimisé de façon indépendante.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces types d'éléments :

cylindres, cônes, plans, droites, largeurs 3D et largeurs 2D

Certains types d'éléments ont un élément tolérancé différent des données de surface de l'élément considéré. Il s'agit des droites BF construites 3D, cylindres, cônes, largeurs 3D, largeurs 2D et plans avec un modificateur de plan de tangente. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Modificateurs autorisés



Les tolérances faisant référence à ISO 1101 acceptent d'autres modificateurs de spécification d'éléments tolérancés associés \textcircled{C} et \textcircled{G} pour les non-éléments de taille. Pour les éléments de taille, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} et \textcircled{X} sont disponibles. Pour des détails, voir la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » dans la documentation de PC-DMIS Core.



Imaginez un alésage cylindrique avec une tolérance de perpendicularité de 0,002 à MMC, comme illustré ici :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$
 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \perp & \varnothing 0.002 \textcircled{M} & A \\ \hline \end{array}$

La tolérance de taille est de 0,675 plus ou moins 0,025, ce qui signifie que la plage de tailles acceptables est comprise entre 0,650 et 0,700. La condition au maximum de matière est alors de 0,650. Si la taille de l'enveloppe de forme parfaite est de 0,661, la tolérance bonus est 0,011 et la tolérance totale est 0,013.

Vous pouvez utiliser un modificateur de zone projetée \textcircled{P} comme montré ici :

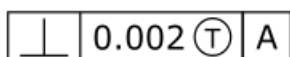
$\varnothing 0.675 \pm 0.025$
 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \perp & \varnothing 0.002 \textcircled{P} 0.8 & A \\ \hline \end{array}$

L'axe de l'élément mesuré est alors projeté (extrapolé) comme décrit dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».



PC-DMIS vous permet uniquement d'utiliser des zones de tolérance projetées sur des cylindres automatiques. Si vous tentez d'ajouter un modificateur de zone projetée pour un autre type d'élément, la commande de tolérance géométrique envoie un message d'erreur indiquant que le type d'élément n'est pas valide. Une zone de tolérance projetée doit en effet commencer à l'extrémité nominale du cylindre. Les cylindres mesurés et les cylindres construits ne placent généralement pas le point de départ nominal à l'extrémité nominale.

Quand l'élément considéré est un plan avec des données de surface, vous pouvez utiliser un modificateur de plan tangent \textcircled{T} , comme illustré ici :



L'élément tolérance est alors un plan de forme parfaite tangent à la surface, comme décrit dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

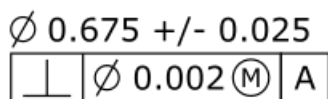
Formes des zones de tolérance

Quand l'élément considéré a un axe, la forme de la zone de tolérance peut être diamétrale (avec le symbole de forme de zone de tolérance \varnothing) ou plane (aucun symbole de forme de zone de tolérance). Voici les éléments considérés axiaux :

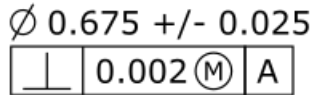
- Cylindre
- Cône
- Axe sans surface

Pour des informations sur les types de commande d'élément correspondant à ces types d'éléments, voir « Types d'élément avec et sans données de surface ».

Ci-après un exemple de perpendicularité sur un cylindre avec une zone de tolérance diamétrale :



Ci-après un exemple de perpendicularité sur un cylindre avec une zone de tolérance plane :



Les zones de tolérance planes sur des éléments considérés axiaux ont besoin d'une orientation de zone de tolérance spécifiée. En effet, l'élément n'a pas assez d'informations pour orienter la zone correctement. Dans ces cas, le bouton **Orientation de la zone** dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** devient visible. Pour des informations sur comment utiliser ce bouton afin de changer l'orientation de la zone, voir « Orientation de la zone » dans la rubrique « Onglet Cadre de tolérance ».



Si une tolérance contrôle le composant X de l'orientation, le vecteur normal de surface de la zone de tolérance doit être X.

Quand l'élément considéré est un plan, une droite de surface, une largeur 3D ou une largeur 2D, la forme de la zone de tolérance est toujours plane. Elle est orientée parallèle à la ou aux surfaces nominales.

Vous pouvez avoir plusieurs éléments considérés, mais ils doivent tous être du même type.

Valeur réelle et valeur mesurée

Valeur réelle :

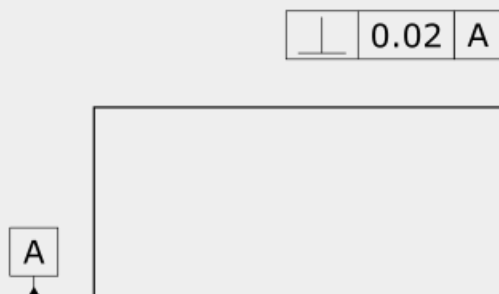
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé réel. La zone est nominalement orientée vers la ou les références réelles.

Valeur mesurée :

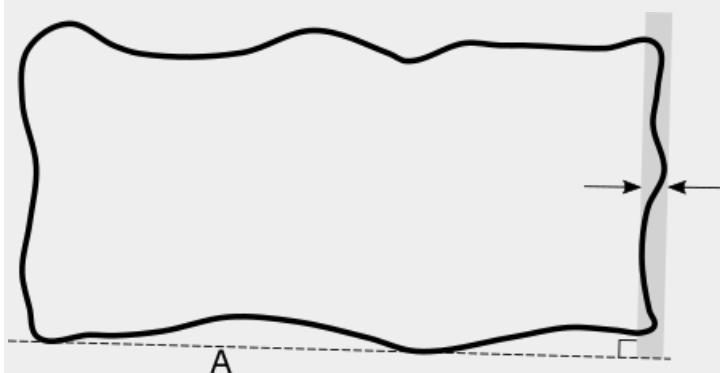
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé mesuré. La zone est nominalement orientée vers la ou les références mesurées.



Imaginez que vous avez cette spécification de perpendicularité :

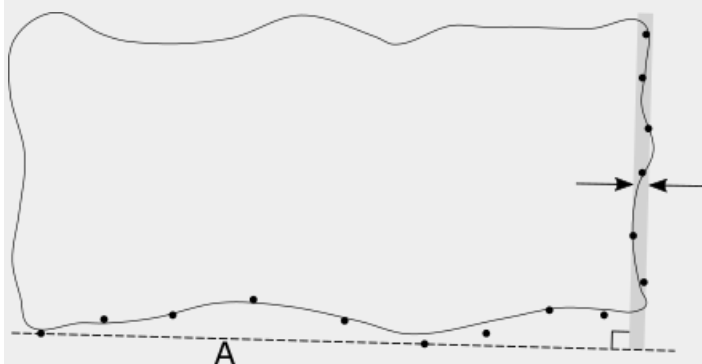


Dans la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



Dans l'image ci-dessus, la surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, la référence réelle utilise la ligne à tirets, et la plus petite zone de tolérance renfermant l'élément tolérancé est visible dans la zone ombrée. La zone de tolérance est à exactement perpendiculaire à la référence réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble finalement à ce qui suit :



Dans l'image ci-dessus, la zone de tolérance mesurée est à exactement perpendiculaire à la référence mesurée. Dans ce cas, les points n'ont pas été mesurés de façon assez dense et la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Règles de validité

Le ou les éléments considérés doivent être nominalement perpendiculaires à la référence primaire.

C'est pourquoi tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales indiquées correctes. De cette façon, la zone de tolérance est orientée correctement selon les éléments de référence. De plus, la commande de tolérance identifie correctement les degrés optimisables de liberté.

Pour une zone plane sur des éléments axiaux, le cadre de référence doit entièrement contraindre l'orientation de la zone de tolérance. La normale à la surface de la zone de tolérance plane doit être perpendiculaire au vecteur d'axe de chaque élément considéré.

Comparaison avec la pratique antérieure

Dans PC-DMIS version 2020 R2 et ultérieure, les modificateurs matériels sur les références ne sont plus autorisés.

Options exposées

Quand l'élément considéré a des données de surface et que l'élément tolérancé diffère des données de surface de l'élément considéré (cônes, cylindres et largeurs), le type mathématique de l'élément détermine comment calculer l'élément tolérancé à partir des données de surface de l'élément considéré. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de perpendicularité. La tolérance de la taille du cylindre se trouve dans l'étiquette supérieure, la perpendicularité de la zone diamétrale dans l'étiquette inférieure.

FCFPERP3 Size	MM	Ø 60.5 +0.025/-0.025			LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D_CB	60.500000	0.025000	-0.025000	60.786416	0.286416	0.261416	
FCFPERP3	MM	⊥ Ø 0.05 A			LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
D_CB	0.021472	0.000000	0.050000	0.000000	0.021472	0.000000	0.000000

Parallélisme

Introduction

Une spécification de parallélisme détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier d'être parfaitement parallèle à une référence. Vous pouvez parfois utiliser une référence secondaire pour contrôler l'orientation de la zone de tolérance.

Ø 0.675 +/- 0.025

Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Chaque élément considéré et chaque élément tolérancé obtenu
- Chaque zone de tolérance
- Les éléments de référence

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS convertit chaque élément considéré en élément tolérancé. Vous trouverez une description de ceci dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

PC-DMIS optimise ensuite chaque élément tolérancé dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence.

Chaque élément tolérancé est optimisé de façon indépendante.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces types d'éléments :

cylindres, cônes, plans, droites, largeurs 3D et largeurs 2D

Certains types d'éléments ont un élément tolérancé différent des données de surface de l'élément considéré. Il s'agit des droites BF construites 3D, cylindres, cônes, largeurs 3D, largeurs 2D et plans avec un modificateur de plan de tangente. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Modificateurs autorisés

Quand l'élément pris en compte est un cylindre ou une largeur, ce type de tolérance géométrique permet à un modificateur matériel maximum \textcircled{M} d'indiquer que la spécification est à la condition matérielle maximum (MMC). Il autorise aussi un modificateur au minimum de matière \textcircled{L} d'indiquer que la spécification est à la condition au minimum de matière (LMC). Comme la taille de l'enveloppe de forme parfaite (ou la taille de l'enveloppe au minimum de matière pour LMC) dévie de MMC (ou LMC), une tolérance supplémentaire ou « bonus » est ajoutée à la tolérance dans le cadre de contrôle d'éléments, ce qui donne une tolérance totale. Pour plus d'informations sur cette tolérance bonus, voir « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».



Les tolérances faisant référence à ISO 1101 acceptent d'autres modificateurs de spécification d'éléments tolérancés associés \textcircled{C} et \textcircled{G} pour les non-éléments de taille. Pour les éléments de taille, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} et \textcircled{X} sont disponibles. Pour des détails, voir la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » dans la documentation de PC-DMIS Core.



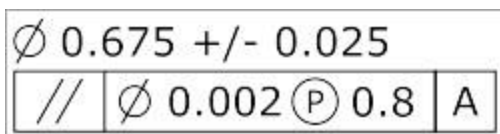
Imaginez un alésage cylindrique avec une tolérance de parallélisme de 0,002 à MMC, comme illustré ici :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

//	$\varnothing 0.002 \textcircled{M}$	A
----	-------------------------------------	---

La tolérance de taille est de 0,675 plus ou moins 0,025, ce qui signifie que la plage de tailles acceptables est comprise entre 0,650 et 0,700. La condition au maximum de matière est alors de 0,650. Si la taille de l'enveloppe de forme parfaite est de 0,661, la tolérance bonus est 0,011 et la tolérance totale est 0,013.

Vous pouvez utiliser un modificateur de zone projetée \textcircled{P} comme montré ici :

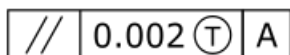


L'axe de l'élément mesuré est alors projeté (extrapolé) comme décrit dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».



PC-DMIS vous permet uniquement d'utiliser des zones de tolérance projetées sur des cylindres automatiques. Si vous tentez d'ajouter un modificateur de zone projetée pour un autre type d'élément, la commande de tolérance géométrique envoie un message d'erreur indiquant que le type d'élément n'est pas valide. Une zone de tolérance projetée doit en effet commencer à l'extrémité nominale du cylindre. Les cylindres mesurés et les cylindres construits ne placent généralement pas le point de départ nominal à l'extrémité nominale.

Quand l'élément considéré est un plan avec des données de surface, vous pouvez utiliser un modificateur de plan tangent \textcircled{T} , comme illustré ici :



L'élément tolérance est alors un plan de forme parfaite tangent à la surface, comme décrit dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

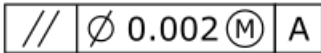
Formes des zones de tolérance

Quand l'élément considéré a un axe, la forme de la zone de tolérance peut être diamétrale (avec le symbole de forme de zone de tolérance \varnothing) ou plane (aucun symbole de forme de zone de tolérance). Voici les éléments considérés axiaux :

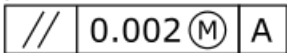
- Cylindre
- Cône
- Axe sans surface

Pour des informations sur les types de commande d'élément correspondant à ces types d'éléments, voir « Types d'élément avec et sans données de surface ».

Ci-après un exemple de parallélisme sur un cylindre avec une zone de tolérance diamétrale :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$


Ci-après un exemple de parallélisme sur un cylindre avec une zone de tolérance plane :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$


Les zones de tolérance planes sur des éléments considérés axiaux ont besoin d'une orientation de zone de tolérance spécifiée. En effet, l'élément n'a pas assez d'informations pour orienter la zone correctement. Dans ces cas, le bouton **Orientation de la zone** dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** devient visible. Pour des informations sur comment utiliser ce bouton afin de changer l'orientation de la zone, voir « Orientation de la zone » dans la rubrique « Onglet Cadre de tolérance ».



Si une tolérance contrôle le composant X de l'orientation, le vecteur normal de surface de la zone de tolérance doit être X.

Quand l'élément considéré est un plan, une droite de surface, une largeur 3D ou une largeur 2D, la forme de la zone de tolérance est toujours plane. Elle est orientée parallèle à la ou aux surfaces nominales.

Vous pouvez avoir plusieurs éléments considérés, mais ils doivent tous être du même type.

Valeur réelle et valeur mesurée

Valeur réelle :

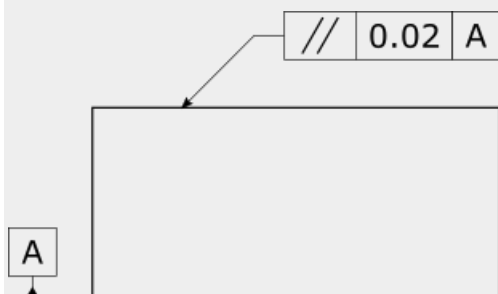
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé réel. La zone est nominalement orientée vers la ou les références réelles.

Valeur mesurée :

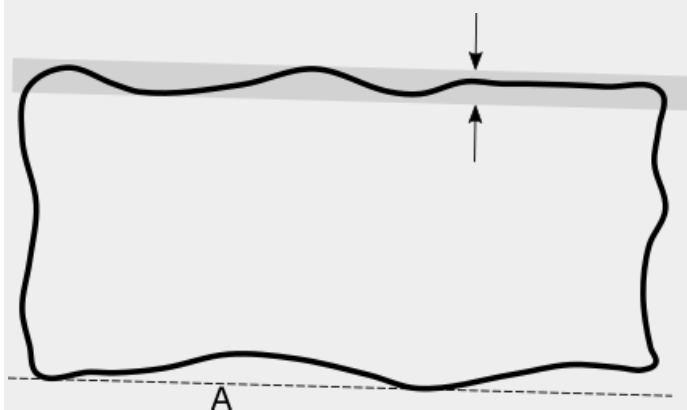
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé mesuré. La zone est nominalement orientée vers la ou les références mesurées.



Imaginez que vous avez cette spécification de parallélisme :

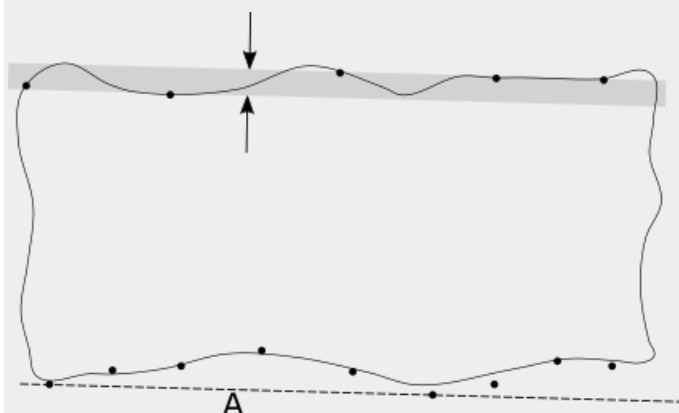


Dans la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



Dans l'image ci-dessus, la surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, la référence réelle utilise la ligne à tirets, et la plus petite zone de tolérance renfermant l'élément tolérancé est visible dans la zone ombrée. La zone de tolérance est à exactement parallèle à la référence réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble finalement à ce qui suit :



La zone de tolérance mesurée est exactement parallèle à la référence mesurée. Dans ce cas, les points n'ont pas été mesurés de façon assez dense et la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Règles de validité

Chaque élément considéré doit être nominalement parallèle à la référence primaire.

C'est pourquoi tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales indiquées correctes. De cette façon, la zone de tolérance est orientée correctement selon les éléments de référence. De plus, la commande de tolérance identifie correctement les degrés optimisables de liberté.

Pour une zone plane sur des éléments axiaux, le cadre de référence doit entièrement contraindre l'orientation de la zone de tolérance. La normale à la surface de la zone de tolérance plane doit être perpendiculaire au vecteur d'axe de chaque élément considéré.

Comparaison avec la pratique antérieure

Dans PC-DMIS version 2020 R2 et ultérieure, les modificateurs matériels sur les références ne sont plus autorisés.

Options exposées

Quand l'élément considéré a des données de surface et que l'élément tolérancé diffère des données de surface de l'élément considéré (cônes, cylindres et largeurs), le type mathématique de l'élément détermine comment calculer l'élément tolérancé à partir des données de surface de l'élément considéré. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de parallélisme : La tolérance de la taille du cylindre se trouve dans l'étiquette supérieure, le parallélisme de la zone diamétrale dans l'étiquette inférieure.

Utilisation de tolérances géométriques

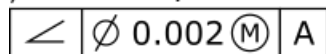
FCFPARL1 Size	MM	$\varnothing 15 +0.025/-0.025$			LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	15.000000	0.025000	-0.025000	15.421644	0.421644	0.396644	
FCFPARL1	MM	$\varnothing 0.2 \text{ D}$			LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL2	0.132449	0.000000	0.200000	0.000000	0.132449	0.000000	0.000000

Angularité

Introduction

Une spécification d'angularité détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier d'un angle indiqué vers une référence. Vous pouvez parfois utiliser une référence secondaire pour contrôler l'orientation de la zone de tolérance.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Chaque élément considéré et chaque élément tolérancé obtenu
- Chaque zone de tolérance
- Les éléments de référence

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS convertit chaque élément considéré en élément tolérancé. Vous trouverez une description de ceci dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

PC-DMIS optimise ensuite chaque élément tolérancé dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence.

Chaque élément tolérancé est optimisé de façon indépendante.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces types d'éléments :

cylindres, cônes, plans, droites, largeurs 3D et largeurs 2D

Certains types d'éléments ont un élément tolérancé différent des données de surface de l'élément considéré. Il s'agit des droites BF construites 3D, cylindres, cônes, largeurs 3D, largeurs 2D et plans avec un modificateur de plan de tangente. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Modificateurs autorisés

Quand l'élément pris en compte est un cylindre ou une largeur, ce type de tolérance géométrique permet à un modificateur matériel maximum \textcircled{M} d'indiquer que la spécification est à la condition matérielle maximum (MMC). Il autorise aussi un modificateur au minimum de matière \textcircled{L} d'indiquer que la spécification est à la condition au minimum de matière (LMC). Comme la taille de l'enveloppe de forme parfaite (ou la taille de l'enveloppe au minimum de matière pour LMC) dévie de MMC (ou LMC), une tolérance supplémentaire ou « bonus » est ajoutée à la tolérance dans le cadre de contrôle d'éléments, ce qui donne une tolérance totale. Pour plus d'informations sur cette tolérance bonus, voir « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».

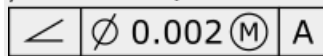


Les tolérances faisant référence à ISO 1101 acceptent d'autres modificateurs de spécification d'éléments tolérancés associés \textcircled{C} et \textcircled{G} pour les non-éléments de taille. Pour les éléments de taille, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} et \textcircled{X} sont disponibles. Pour des détails, voir la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » dans la documentation de PC-DMIS Core.



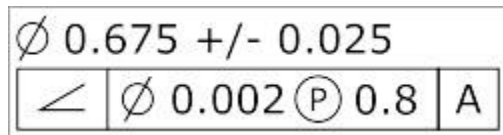
Imaginez un alésage cylindrique avec une tolérance d'angularité de 0,002 à MMC, comme illustré ici :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



La tolérance de taille est de 0,675 plus ou moins 0,025, ce qui signifie que la plage de tailles acceptables est comprise entre 0,650 et 0,700. La condition au maximum de matière est alors de 0,650. Si la taille de l'enveloppe de forme parfaite est de 0,661, la tolérance bonus est 0,011 et la tolérance totale est 0,013.

Vous pouvez utiliser un modificateur de zone projetée \textcircled{P} comme montré ici :

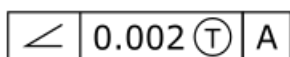


L'axe de l'élément mesuré est alors projeté (extrapolé) comme décrit dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».



PC-DMIS vous permet uniquement d'utiliser des zones de tolérance projetées sur des cylindres automatiques. Si vous tentez d'ajouter un modificateur de zone projetée pour un autre type d'élément, la commande de tolérance géométrique envoie un message d'erreur indiquant que le type d'élément n'est pas valide. Une zone de tolérance projetée doit en effet commencer à l'extrémité nominale du cylindre. Les cylindres mesurés et les cylindres construits ne placent généralement pas le point de départ nominal à l'extrémité nominale.

Quand l'élément considéré est un plan avec des données de surface, vous pouvez utiliser un modificateur de plan tangent \textcircled{T} , comme illustré ici :



L'élément tolérance est alors un plan de forme parfaite tangent à la surface, comme décrit dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Formes des zones de tolérance

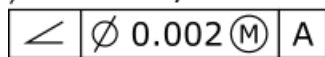
Quand l'élément considéré a un axe, la forme de la zone de tolérance peut être diamétrale (avec le symbole de forme de zone de tolérance \varnothing) ou plane (aucun symbole de forme de zone de tolérance). Voici les éléments considérés axiaux :

- Cylindre
- Cône
- Axe sans surface

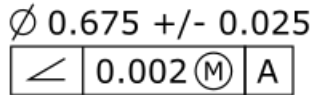
Pour des informations sur les types de commande d'élément correspondant à ces types d'éléments, voir « Types d'élément avec et sans données de surface ».

Ci-après un exemple d'angularité sur un cylindre avec une zone de tolérance diamétrale :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Ci-après un exemple d'angularité sur un cylindre avec une zone de tolérance plane :



Les zones de tolérance planes sur des éléments considérés axiaux ont besoin d'une orientation de zone de tolérance spécifiée. En effet, l'élément n'a pas assez d'informations pour orienter la zone correctement. Dans ces cas, le bouton **Orientation de la zone** dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** devient visible. Pour des informations sur comment utiliser ce bouton afin de changer l'orientation de la zone, voir « Orientation de la zone » dans la rubrique « Onglet Cadre de tolérance ».



Si une tolérance contrôle le composant X de l'orientation, le vecteur normal de surface de la zone de tolérance doit être X.

Valeur réelle et valeur mesurée

Valeur réelle :

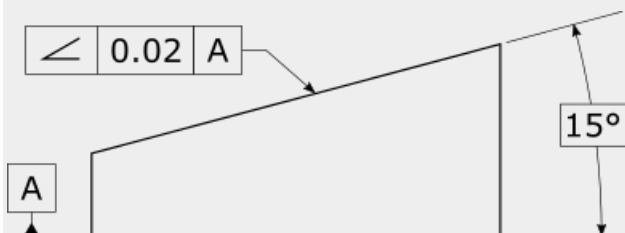
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé réel. La zone est nominalement orientée vers la ou les références réelles.

Valeur mesurée :

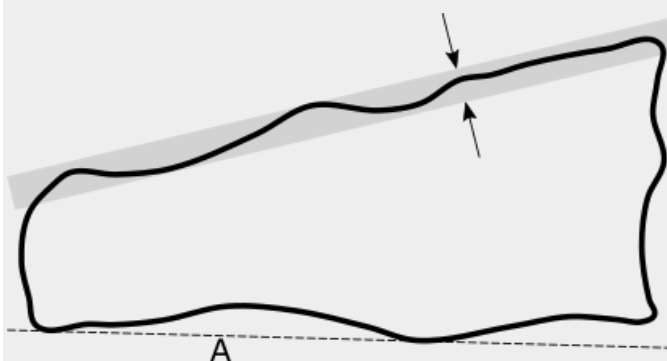
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé mesuré. La zone est nominalement orientée vers la ou les références mesurées.



Imaginez que vous avez cette spécification d'angularité :

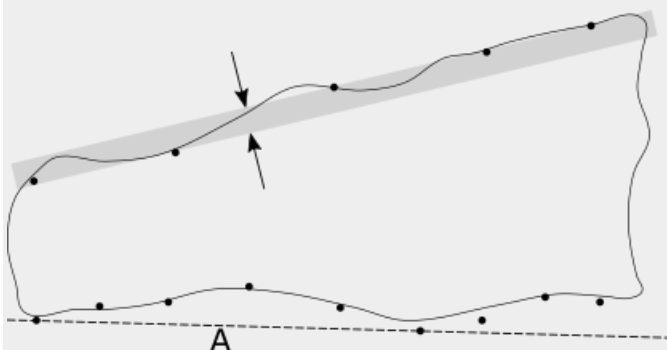


Dans la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



Dans l'image ci-dessus, la surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, la référence réelle utilise la ligne à tirets, et la plus petite zone de tolérance renfermant l'élément tolérancé est visible dans la zone ombrée. La zone de tolérance est à exactement 15° de la référence réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble finalement à ce qui suit :



Dans l'image ci-dessus, la zone de tolérance mesurée est à exactement 15° de la référence mesurée. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Règles de validité

Le ou les éléments considérés sont indiqués à un angle nominal par rapport aux éléments de référence.

C'est pourquoi tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales indiquées correctes. De cette façon, la commande de tolérance identifie correctement les degrés optimisables de liberté.

Pour une zone plane sur des éléments axiaux, le cadre de référence doit entièrement contraindre l'orientation de la zone de tolérance. La normale à la surface de la zone de tolérance plane doit être perpendiculaire au vecteur d'axe de chaque élément considéré.

Comparaison avec la pratique antérieure 1

Dans PC-DMIS version 2020 R2 et ultérieures, vous ne pouvez plus entrer l'angle nominal de l'élément considéré dans la référence primaire. Vous devez à la place vérifier que les éléments (considérés et de référence) ont les valeurs nominales correctes.

Comparaison avec la pratique antérieure 2

Dans PC-DMIS version 2020 R2 et ultérieure, les modificateurs matériels sur les références ne sont plus autorisés.

Options exposées

Quand l'élément considéré a des données de surface et que l'élément tolérancé diffère des données de surface de l'élément considéré (cônes, cylindres et largeurs), le type mathématique de l'élément détermine comment calculer l'élément tolérancé à partir des données de surface de l'élément considéré. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance d'angularité. La tolérance de la taille du cylindre se trouve dans l'étiquette supérieure, l'angularité de la zone diamétrale dans l'étiquette inférieure.

FCFANGLRITY1 Size	MM	Ø 10 +0.025/-0.025				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL1	10.000000	0.025000	-0.025000	10.012401	0.012401	0.000000	
FCFANGLRITY1	MM	≤ Ø 0.05 A				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL1	0.068316	0.000000	0.050000	0.000000	0.068316	0.018316	0.000000

Position

Introduction

Une spécification de position détermine dans quelle mesure le ou les éléments considérés peuvent dévier d'une position indiquée par rapport à aucune ou plusieurs références.

Ø 0.675 +/- 0.025

Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Chaque élément considéré et chaque élément tolérancé obtenu
- Chaque zone de tolérance
- Les éléments de référence (le cas échéant)

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS convertit chaque élément considéré en élément tolérancé. Vous trouverez une description de ceci dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

PC-DMIS optimise ensuite chaque élément tolérancé dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence. Avec plusieurs éléments considérés, le processus d'optimisation considère simultanément tous les éléments, afin que tous les éléments tolérancés soient ajustés en une fois à leurs zones de tolérance. Ce processus est similaire au gabarit physique, où toutes les goupilles de gabarit doit tenir en même temps dans les alésages de la pièce usinée.

Types d'éléments autorisés



Vous pouvez utiliser ces types d'éléments :

sphères, points 3D sans surface, cylindres, cercles, cônes, largeurs, logements, encoches, plans médians construits, droites médianes construites et points médians construits.

Les tolérances de position ASME autorisent aussi les droites BF construites 3D. Les tolérances de position ISO autorisent aussi les plans, les droites et les points de surface.

Les droites BF construites 3D, les sphères, les cylindres, les cercles, les cônes, les largeurs, les logements et les encoches ont un élément tolérancé différent des données de surface de l'élément considéré. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Modificateurs autorisés

Quand l'élément considéré est un cylindre, sphère ou une largeur, les tolérances de position permettent à un modificateur au maximum de matière  d'indiquer que la spécification est à la condition au maximum de matière (MMC). Elles autorisent aussi un modificateur au minimum de matière  d'indiquer que la spécification est à la condition au minimum de matière (LMC). Comme la taille de l'enveloppe de forme parfaite (ou la taille de l'enveloppe au minimum de matière pour LMC) dévie de MMC (ou LMC), une tolérance supplémentaire ou tolérance « bonus » est ajoutée à la tolérance dans le cadre de contrôle d'éléments, ce qui donne une tolérance totale. Pour plus d'informations sur cette tolérance bonus, voir « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».



Les tolérances faisant référence à ISO 1101 acceptent d'autres modificateurs de spécification d'éléments tolérancés associés \textcircled{C} et \textcircled{G} pour les non-éléments de taille. Pour les éléments de taille, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} et \textcircled{X} sont disponibles. Pour des détails, voir la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » dans la documentation de PC-DMIS Core.



Cet exemple est en pouces. Imaginez un alésage cylindrique avec une tolérance de position de 0,08 à MMC, comme illustré ici :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

$\textcircled{\oplus} \varnothing 0.08 \textcircled{M} \text{ A D}$

La tolérance de taille est de 0,675 plus ou moins 0,025, ce qui signifie que la plage de tailles acceptables est comprise entre 0,650 et 0,700. La condition au maximum de matière est alors de 0,650. Si la taille de l'enveloppe de forme parfaite est de 0,661, la tolérance bonus est 0,011 et la tolérance totale est 0,091.

Vous pouvez utiliser un modificateur de zone projetée \textcircled{P} comme montré ici :

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

$\textcircled{\oplus} \varnothing 0.08 \textcircled{M} \textcircled{P} 0.8 \text{ A D}$

L'axe de l'élément mesuré est alors projeté (extrapolé) comme décrit dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».



PC-DMIS vous permet uniquement d'utiliser des zones de tolérance projetées sur des cylindres automatiques. Si vous tentez d'ajouter un modificateur de zone projetée pour un autre type d'élément, la commande de tolérance géométrique envoie un message d'erreur indiquant que le type d'élément n'est pas valide. Une zone de tolérance projetée doit en effet commencer à l'extrémité nominale du cylindre. Les cylindres mesurés et les cylindres construits ne placent généralement pas le point de départ nominal à l'extrémité nominale.

Formes des zones de tolérance

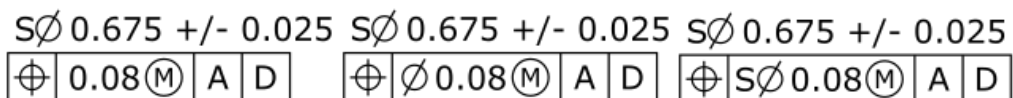
Différentes formes de zones de tolérance sont autorisées pour divers types d'éléments. Pour des informations sur les types de commande d'élément faisant référence à divers types d'éléments, voir « Types d'élément avec et sans données de surface ».

Éléments considérés de type point

Quand l'élément considéré est de type point, la forme de la zone de tolérance peut être plane, diamétrale ou sphérique. Voici les éléments considérés de type point :

sphère ou point sans surface 3D

De gauche à droite, les images ci-dessous montrent les FCF avec une zone de tolérance plane, diamétrale et sphérique quand l'élément considéré est une sphère :



Les zones de tolérance planes et diamétrales sur des éléments considérés de type point ont besoin d'une orientation de zone de tolérance spécifiée, car l'élément n'a pas assez d'informations pour orienter correctement la zone. Dans ces cas, le bouton **Orientation de la zone** dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** devient visible. Pour des informations sur comment utiliser ce bouton afin de changer l'orientation de la zone, voir « Orientation de la zone » dans la rubrique « Onglet Cadre de tolérance ».



Si une tolérance de position contrôle le composant X de la position (zone de tolérance plane), le vecteur normal de surface de la zone de tolérance doit être X.

Si une tolérance de position contrôle les composants X et Y de la position (zone de tolérance diamétrale), le vecteur d'axe de la zone de tolérance doit être Z.

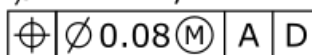
Éléments considérés axiaux

Quand l'élément considéré est axial, la zone de tolérance peut être plane, diamétrale, d'arc radial ou perpendiculaire à radial. Voici les éléments considérés axiaux :

cylindre, coupe transversale circulaire d'un cylindre, cône ou axe sans surface

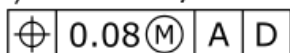
Une zone de tolérance diamétrale est illustrée ci-dessous à l'aide du symbole de zone diamétrale.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Les zones planes, les zones d'arc radial et les zones perpendiculaires à radial n'utilisent aucun symbole de forme de zone de tolérance et sont illustrées ci-dessous.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Les zones de tolérance planes sur des éléments considérés axiaux ont besoin d'une orientation de zone de tolérance spécifiée, car l'élément n'a pas assez d'informations pour orienter correctement la zone. Dans ces cas, le bouton **Orientation de la zone** dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** devient visible. Pour des informations sur comment utiliser ce bouton afin de changer l'orientation de la zone, voir « Orientation de la zone » dans la rubrique « Onglet Cadre de tolérance ». Ce bouton autorise aussi les utilisateurs à indiquer une zone d'arc radial ou perpendiculaire à radial.



Si une tolérance de position contrôle le composant X de la position, le vecteur normal de surface de la zone de tolérance doit être X.

Éléments considérés de type plan

Quand l'élément considéré est de type plan, la zone de tolérance est toujours plane et orientée parallèle aux surfaces nominales. Voici les éléments considérés de type plan :

plan, droite de surface, largeur, logement, encoche, point de surface ou point médian

Vous pouvez avoir plusieurs éléments considérés, mais ils doivent tous être du même type.

Faites preuve de précaution avec les logements et les encoches.



Vous devez uniquement les utiliser si vous savez déjà que la forme des éléments est satisfaisante. Si vous pensez que l'erreur de la forme fabriquée peut être importante, n'utilisez pas de commande de logement ou d'encoche. À la place, mesurez un scanning autour du périmètre de l'élément et calculez la tolérance de la forme, de l'orientation et de l'emplacement de l'élément à l'aide d'une tolérance de profil de droite.

Valeur réelle et valeur mesurée

Valeur réelle :

chaque élément considéré a sa propre valeur réelle. Il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé réel. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence réelle, avec quelques exceptions détaillées dans « Comment PC-DMIS résout des références ». Quand la tolérance de position contient plusieurs éléments considérés et que le cadre de référence n'est pas entière contraint, une procédure d'optimisation doit si possible ajuster simultanément tous les éléments tolérancés dans les zones de tolérance respectives.

Valeur mesurée :

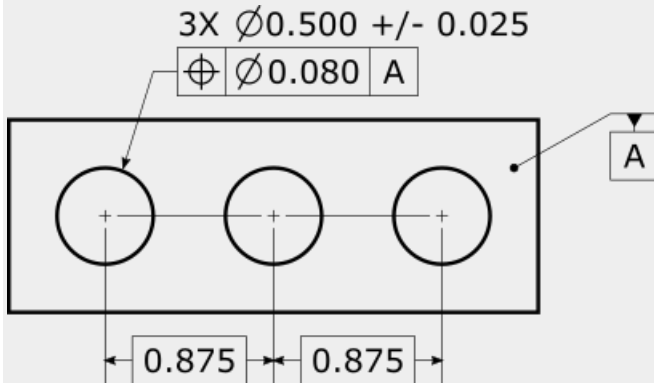
chaque élément considéré a sa propre valeur mesurée. Il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé mesuré. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence mesurée, avec quelques exceptions détaillées dans « Comment PC-DMIS résout des références ». Quand la tolérance de position contient plusieurs éléments considérés et que le cadre de référence n'est pas entière contraint, la procédure

Utilisation de tolérances géométriques

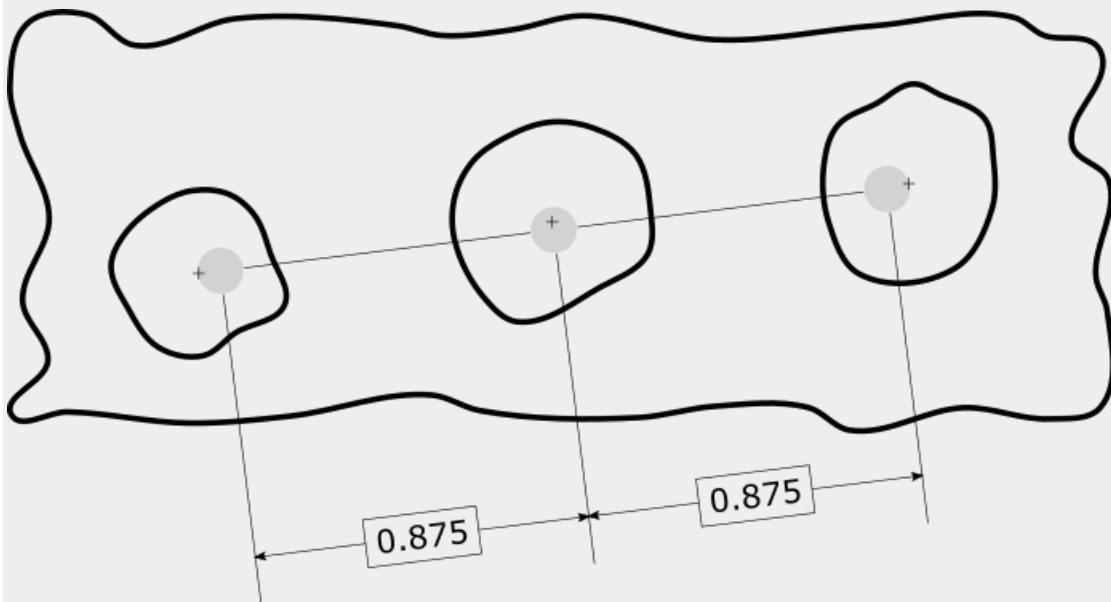
d'optimisation de PC-DMIS ajuste simultanément tous les éléments tolérancés dans leurs zones de tolérance respectives de façon proportionnelle, ce qui garantit que tous les éléments tolérancés tiendront si possible dans leurs zones de tolérance respectives.



Imaginez que vous avez cette spécification de position :



Avec la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



La surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, les éléments tolérancés réels sont les petites croix, et les plus petites zones de tolérance renfermant les éléments tolérancés réels sont visibles dans les zones ombrées. Les zones de tolérance sont nominalement situées et orientées l'une par rapport à l'autre et par rapport à la référence.

Règles de validité

Les éléments considérés doivent avoir un emplacement nominal et une orientation nominale par rapport à chaque élément de référence.

Utilisation de tolérances géométriques

Tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales indiquées correctes. De cette façon, les valeurs mesurées sont calculées correctement et la commande de tolérance identifie aussi correctement les degrés optimisables de liberté.

Pour une zone plane sur des éléments axiaux, le cadre de référence doit entièrement contraindre l'orientation de la zone de tolérance. La normale à la surface de la zone de tolérance plane doit être perpendiculaire au vecteur d'axe de chaque élément considéré.

Pour les zones de tolérance d'arc radial et perpendiculaires à radial sur des éléments axiaux, suivez ces exigences :

- Le cadre de référence doit définir une origine polaire et un axe polaire précis.
- Les éléments axiaux doivent être nominalement parallèles à l'axe polaire.

Options exposées

Quand l'élément considéré a des données de surface et que l'élément tolérancé diffère des données de surface de l'élément considéré (sphères, cônes, cylindres, cercles et largeurs), le type mathématique de l'élément détermine comment calculer l'élément tolérancé à partir des données de surface de l'élément considéré. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Les logements peuvent être considérés en longueur ou en largeur, comme décrit dans « Logements en longueur et en largeur ».

Segments inférieurs de position composite

Une tolérance de position avec plusieurs segments est appelée « position composite ». Les tolérances de position composite sont généralement indiquées dans un modèle d'éléments. Le premier segment (supérieur) d'une position composite est identique à une position de segment, comme décrit dans les sections antérieures de cette page. Tous les segments inférieurs d'une position composite sont légèrement différents. En effet, les zones de tolérance du modèle ont une translation déverrouillée, comparées au cadre de tolérance. Les zones de tolérance restent toutefois nominalement situées et orientées l'une par rapport à l'autre.

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025

\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	D	B
\varnothing	\varnothing 0.02 (M)	A	D	B

Les cadres de tolérance pour les segments inférieurs d'une position composite obéissent à ces règles :

- Chaque cadre de référence doit uniquement utiliser les mêmes références que celui ci-dessus.
- Les références doivent être dans le même ordre.
- Les références doivent avoir les mêmes modificateurs.
- Un segment inférieur peut avoir moins de références que celui ci-dessus.



Imaginez que le segment supérieur a les références ABC. Le segment inférieur peut alors ne renvoyer à aucune référence, à la référence A, aux références AB ou aux références ABC. Il ne peut en revanche pas renvoyer aux références BA, AC ou ABD.

Voici quelques exemples de tolérances de position composite autorisées :

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025					4X \varnothing 0.675 +/- 0.025				
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
	\varnothing 0.02 (M)	A	B	C		\varnothing 0.02 (M)	A	B	

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025					4X \varnothing 0.675 +/- 0.025				
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
	\varnothing 0.02 (M)	A				\varnothing 0.02 (M)			

Voici quelques exemples de tolérances de position composite non autorisées :

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025					4X \varnothing 0.675 +/- 0.025				
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
	\varnothing 0.02 (M)	B	A			\varnothing 0.02 (M)	A	C	

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025					4X \varnothing 0.675 +/- 0.025				
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
	\varnothing 0.02 (M)	A	B	D					

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de position de deux cylindres. La tolérance de la taille des cylindres se trouve dans l'étiquette supérieure, la position de la zone diamétrale dans l'étiquette inférieure. L'étiquette inférieure inclut des informations pour les positions YZ des cylindres dans le cadre optimisé (pas dans l'alignement actuel).

FCFLOC1 Size		MM	Ø 8 +0.1/-0.1			DEFAULT	ASME Y14.5 2018	
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
CYL1	7.995	8.000	0.100	0.100	-0.005	0.000		
CYL2	7.990	8.000	0.100	0.100	-0.010	0.000		

FCFLOC1		MM				DEFAULT	ASME Y14.5 2018	
Feature	AX	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL1 (END PT)	Y	-6.912	-7.000			0.088		
	Z	-27.992	-28.000			0.008		
	TP	0.176	0.000	0.200	0.000	0.176	0.000	
CYL2 (END PT)	Y	7.092	7.000			0.092		
	Z	-27.989	-28.000			0.011		
	TP	0.184	0.000	0.200	0.000	0.184	0.000	

Dans l'étiquette inférieure de l'illustration ci-dessus, les lignes Y, Z et TP pour CYL1 et CYL2 résument l'évaluation de position pour chaque élément considéré. La ligne du bas de chaque, intitulée TP, est identique à tous les rapports pour d'autres tolérances géométriques. Pour CYL2, la ligne TP inclut la tolérance 0,200, le bonus 0,090 et la valeur mesurée 0,184.



Dans l'étiquette inférieure du rapport exemple ci-dessus, il existe seulement trois lignes pour chaque élément (Y, Z et TP). Pour vos rapports, la colonne d'axe (AX) pour les éléments peut combiner plusieurs lignes intitulées X, Y, Z, PR, PA et TP. Quand les lignes X, Y, Z, PR et PA sont présentes, elles apportent plus d'informations, comme décrit ci-après.

Les lignes Y et Z pour CYL1 et CYL2 apportent plus d'informations sur l'évaluation de position. Ces lignes sont pensées pour fournir une représentation simplifiée de l'écart d'un élément par rapport au cas idéal.

- La colonne NOMINAL dans les lignes d'informations supplémentaires montre le point de départ nominal de l'élément en question.
- La colonne DEV de ces lignes montre le pire vecteur d'écart parmi tous les points de l'élément tolérancé.
- La colonne MEAS de ces lignes est la somme des colonnes NOMINAL et DEV. En d'autres termes, elle indique le pire point de l'élément tolérancé après une projection le plus près possible du point de départ nominal, tout en conservant le pire vecteur d'écart.
- Sous le nom de l'élément, le rapport indique quelle extrémité ou quel niveau du cylindre était le pire. Par exemple, il peut indiquer « (START PT) », « (END PT) » ou « LEVEL#3 ».

La représentation est simplifiée car, comme décrit dans Dérivation de l'élément tolérancé, la plupart des types d'éléments comptent plus d'un point dans l'élément tolérancé. Par exemple, les cylindres ont généralement au moins deux points dans l'élément tolérancé, à savoir le point de départ mesuré et le point de fin mesuré. En revanche, dans certains cas les cylindres ISO ont plusieurs points dans l'élément tolérancé, un pour chaque coupe transversale mesurée.

Si vous activez l'analyse textuelle ou l'analyse graphique, vous pouvez voir tous les points dans l'élément tolérancé, ainsi que les écarts respectifs. Les lignes d'informations supplémentaires dans le rapport incluent une colonne MEAS qui n'est pas forcément visible dans l'analyse textuelle, car les informations supplémentaires ont été simplifiées afin de montrer l'écart par rapport au point de départ nominal.

Symétrie

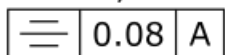
Introduction



Quand vous sélectionnez ASME Y14.5 – 2018 comme standard GDT, les deux pratiques précédentes (utilisation de la concentricité et utilisation de symboles de symétrie) ne sont plus prises en charge. Pour plus de détails, voir l'avant-propos et les sections A-5.3, A-8.4, D-3 et D4 de ASME Y14.5 – 2018.

Une spécification de symétrie détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier et passer d'être symétrique à une ou plusieurs références.

0.80 +/- 0.02



Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Chaque élément considéré et chaque élément tolérancé obtenu
- Chaque zone de tolérance
- Les éléments de référence

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS convertit chaque élément considéré en élément tolérancé. Vous trouverez une description de ceci dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

PC-DMIS optimise ensuite chaque élément tolérancé dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces types d'éléments :
largeurs, plans médians construits, droites médianes construites et points médians construits.

PC-DMIS construit l'élément tolérancé autrement en fonction du standard utilisé (ASME Y14.5 ou ISO 1101).

ISO 1101 (ou avec un élément médian construit ou une largeur 1D) :

PC-DMIS construit l'élément tolérancé comme le font les éléments tolérancés de position.

ASME Y14.5 avec une largeur 2D ou 3D :

PC-DMIS fournit une option pour basculer entre POINTS_MÉDIANS et AXE :

AXE - Le logiciel construit l'élément tolérancé comme l'axe (centre-plan) de l'enveloppe de forme parfaite (comme les tolérances de position).

POINTS_MÉDIANS - Le logiciel construit l'élément tolérancé à partir de tous les points médians de la largeur. Il le fait conformément au paragraphe 7.7.2 de ASME Y14.5 2009.

Modificateurs autorisés

Quand l'élément considéré est une largeur, les tolérances de symétrie renvoyant à ISO 1101 permettent à un modificateur au maximum de matière \textcircled{M} d'indiquer que la spécification est à la condition au maximum de matière (MMC). Elles autorisent aussi un modificateur au minimum de matière \textcircled{L} d'indiquer que la spécification est à la condition au minimum de matière (LMC). Comme la taille de l'enveloppe de forme parfaite (ou la taille de l'enveloppe au minimum de matière pour LMC) dévie de MMC (ou LMC), une tolérance supplémentaire ou « bonus » est ajoutée à la tolérance dans le cadre de contrôle d'éléments, ce qui donne une tolérance totale. Pour plus d'informations sur cette tolérance bonus, voir « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».



Les tolérances faisant référence à ISO 1101 acceptent d'autres modificateurs de spécification d'éléments tolérancés associés \textcircled{C} et \textcircled{G} pour les non-éléments de taille. Pour les éléments de taille, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} et \textcircled{X} sont disponibles. Pour des détails, voir la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » dans la documentation de PC-DMIS Core.

Formes des zones de tolérance

La forme de la zone de tolérance est toujours plane. Elle est orientée parallèle à la ou aux surfaces nominales.

Valeur réelle et valeur mesurée

Valeur réelle :

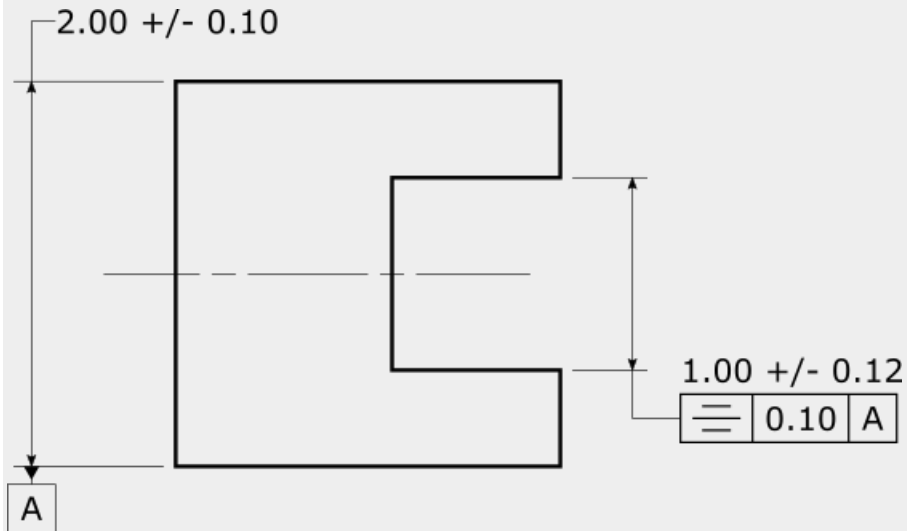
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé réel. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence réelle.

Valeur mesurée :

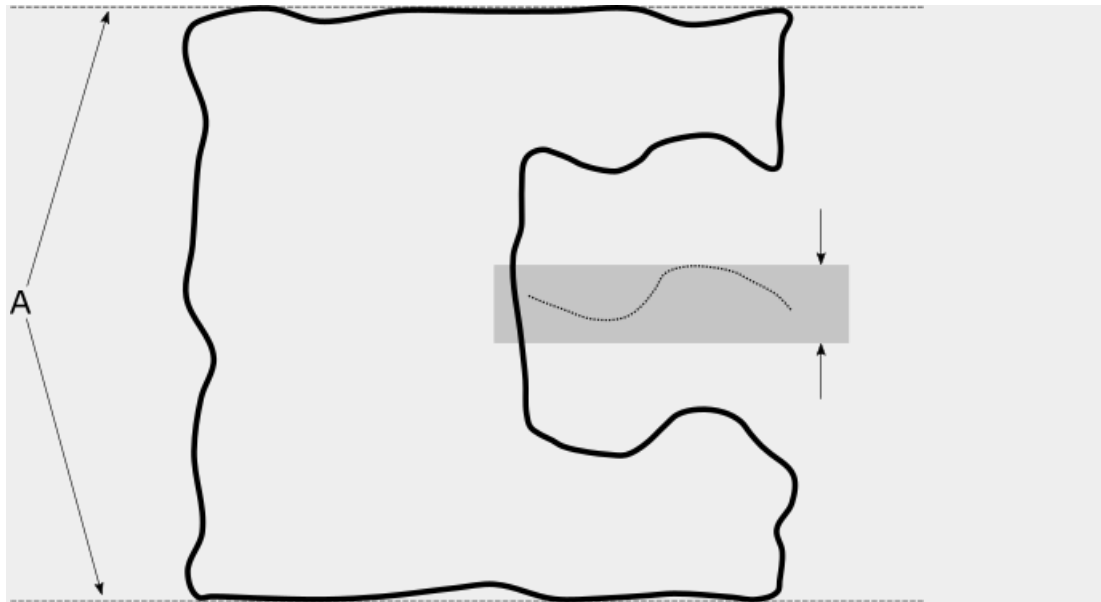
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé mesuré. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence mesurée.



Imaginez que vous avez cette spécification de symétrie :

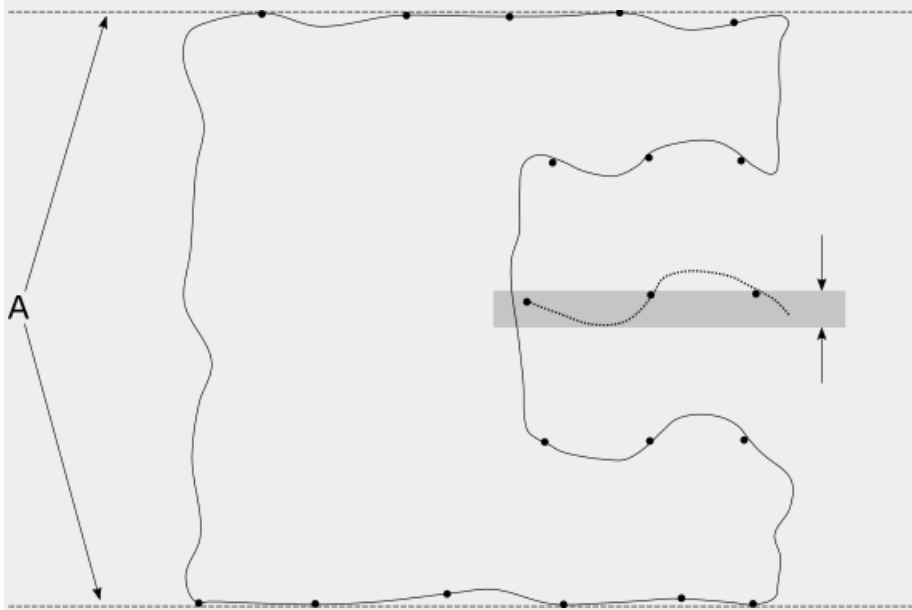


Avec la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



La surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, la référence réelle utilise la ligne à tirets, l'élément tolérancé utilise la ligne en pointillés, et la plus petite zone de tolérance renfermant l'élément tolérancé est visible dans la zone ombrée. La zone de tolérance est exactement symétrique au centre-plan de la référence réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble finalement à ce qui suit :



La zone de tolérance mesurée est exactement symétrique au centre-plan de la référence mesurée. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Règles de validité

Tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales indiquées correctes. De cette façon, les valeurs mesurées sont calculées correctement et la commande de tolérance identifie aussi correctement les degrés optimisables de liberté.

La ou les surfaces de l'élément considéré doivent être nominalement symétriques au cadre de tolérance.

Options exposées

Les tolérances de symétrie ont un type mathématique d'élément quand l'élément considéré est une largeur.

Ce type mathématique détermine comment calculer l'élément tolérancé à partir des données de surface de l'élément considéré. Pour plus d'informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées

à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Comparaison avec la pratique antérieure

Pendant longtemps, avec des tolérances de symétrie PC-DMIS, vous pouviez entrer des paires de plans, de droites, de points ou d'ensembles. Au départ, la raison est que PC-DMIS n'avait pas une commande de largeur. Depuis PC-DMIS 2020 R2, ces genres de paires d'éléments considérés ne sont plus autorisés. Chaque élément considéré a sa propre valeur mesurée, et la meilleure façon d'utiliser une commande de symétrie est avec une largeur.

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de symétrie d'une droite médiane.

FCFSYM1		MM	0.5 A B		AXIS	LSQ	ASME Y14.5 2009
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
LINE3	0.000000	0.500000	0.000000	0.007845	0.007845	0.000000	

Concentricité

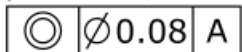
Introduction



Quand vous sélectionnez ASME Y14.5 – 2018 comme standard GDT, les deux pratiques précédentes (utilisation de la concentricité et utilisation de symboles de symétrie) ne sont plus prises en charge. Pour plus de détails, voir l'avant-propos et les sections A-5.3, A-8.4, D-3 et D4 de ASME Y14.5 – 2018.

Une spécification de concentricité détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier et passer d'être concentrique à une ou plusieurs références.

Ø0.80 +/- 0.02



Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Chaque élément considéré et chaque élément tolérancé obtenu
- Chaque zone de tolérance

Utilisation de tolérances géométriques

- Les éléments de référence

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS convertit chaque élément considéré en élément tolérancé. Vous trouverez une description de ceci dans « Dérivation de l'élément tolérancé ».

PC-DMIS optimise ensuite chaque élément tolérancé dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces types d'éléments :

droites BF construites 3D, droites de dérivation, droites génériques, cylindres, cercles, sphères et cônes

PC-DMIS construit l'élément tolérancé en fonction du standard utilisé (ASME Y14.5 ou ISO 1101).

ISO 1101 (ou avec un élément qui n'a pas de données de surface) :

PC-DMIS construit l'élément tolérancé comme le font les tolérances de position.



ASME Y14.5 avec des cylindres, des cercles, des sphères et des cônes avec des données de surface :

PC-DMIS fournit une option pour basculer entre POINTS_MÉDIANS et AXE :

AXE - Le logiciel construit l'élément tolérancé comme l'axe de l'enveloppe de forme parfaite (comme les tolérances de position).

POINTS_MÉDIANS - Le logiciel construit l'élément tolérancé à partir de tous les points médians de l'élément. Il le fait conformément au paragraphe 7.6.4.2.2 de ASME Y14.5 2009.

Modificateurs autorisés

Quand l'élément considéré est un cylindre, un cercle ou une sphère, les tolérances de concentricité faisant référence à ISO 1101 permettent à un modificateur au maximum de matière  d'indiquer que la spécification est à la condition au maximum de matière (MMC). Elles autorisent aussi un modificateur au minimum de matière  d'indiquer que la spécification est à la condition au minimum de matière (LMC). Comme la taille de l'enveloppe de forme parfaite (ou

la taille de l'enveloppe au minimum de matière pour LMC) dévie de MMC (ou LMC), une tolérance supplémentaire ou « bonus » est ajoutée à la tolérance dans le cadre de contrôle d'éléments, ce qui donne une tolérance totale. Pour plus d'informations sur cette tolérance bonus, voir « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique ».



Les tolérances faisant référence à ISO 1101 acceptent d'autres modificateurs de spécification d'éléments tolérancés associés Ⓢ et Ⓜ pour les non-éléments de taille. Pour les éléments de taille, Ⓢ , Ⓜ , Ⓝ et ⓧ sont disponibles. Pour des détails, voir la rubrique « Dérivation de l'élément tolérancé » dans la documentation de PC-DMIS Core.

Formes des zones de tolérance

Pour ISO, la forme de la zone de tolérance est toujours diamétrale. Elle est orientée parallèle à l'axe de référence.

Pour ASME, les formes de tolérance sont normalement diamétrales, mais les sphères peuvent avoir une zone sphérique ou diamétrale.

Valeur réelle et valeur mesurée

Un cas particulier est à prendre en compte. Si vous avez une concentricité de zone sphérique de deux sphères ou plus (une concentricité ASME, donc), il n'est pas clair selon le standard si les sphères doivent être considérées simultanément ou indépendamment. La commande de tolérance géométrique de PC-DMIS les considère simultanément sachant qu'il s'agit du choix le plus conservateur.

Valeur réelle :

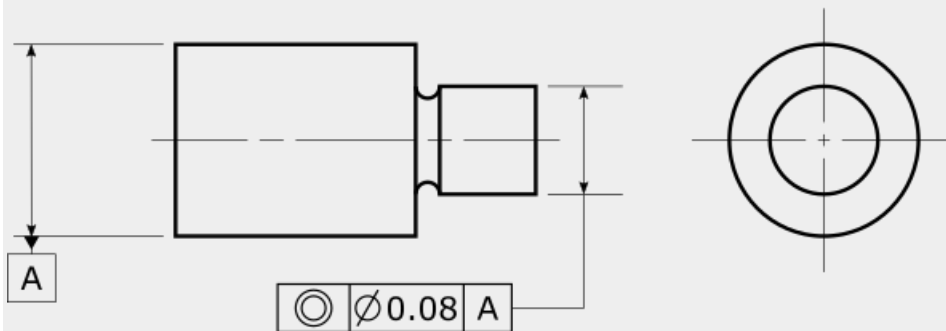
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé réel. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence réelle.

Valeur mesurée :

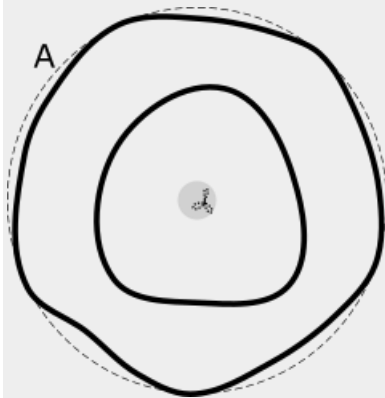
il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant l'élément tolérancé mesuré. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence mesurée.



Imaginez que vous avez cette spécification de concentricité :

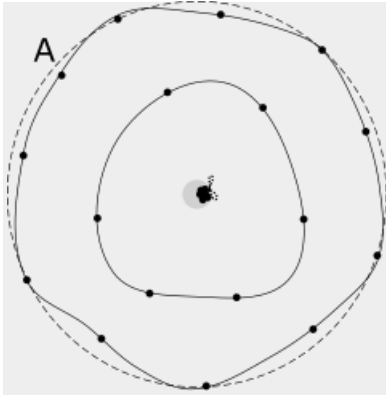


Avec la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



La surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, la référence réelle utilise la ligne à tirets, l'élément tolérancé utilise la ligne en pointillés, et la plus petite zone de tolérance renfermant l'élément tolérancé est visible dans la zone ombrée. La zone de tolérance est exactement concentrique avec l'axe de la référence réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble finalement à ce qui suit :



La zone de tolérance mesurée est exactement concentrique avec l'axe de la référence mesurée. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Règles de validité

Tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales indiquées correctes. De cette façon, les valeurs mesurées sont calculées correctement et la commande de tolérance identifie aussi correctement les degrés optimisables de liberté.

Le cadre des références doit être axial, et la ou les surfaces de l'élément considéré doivent être nominalement concentriques avec l'axe de référence.

Options exposées

Les tolérances de concentricité ont un type mathématique d'élément quand l'élément considéré a des données de surface.

Ce type mathématique détermine comment calculer l'élément tolérancé à partir des données de surface de l'élément considéré. Pour plus d'informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de concentricité d'un cylindre. La tolérance de la taille du cylindre se trouve dans l'étiquette supérieure, la concentricité dans l'étiquette inférieure.

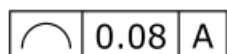
FCFCONCEN1 Size		IN	Ø 0.8 +0.02/-0.02			LSQ	ASME Y14.5 2009
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	0.8000	0.0200	-0.0200	0.8027	0.0027	0.0000	

FCFCONCEN1		IN	Ⓢ 0.08 A AXIS			LSQ	ASME Y14.5 2009
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	0.0000	0.0800	0.0000	0.0357	0.0357	0.0000	

Profil d'une droite

Introduction

Une spécification de profil d'une droite détermine dans quelle mesure les coupes transversales des surfaces des éléments peuvent dévier de formes nominales. Ces coupes transversales sont situées et orientées par rapport à aucune ou plusieurs références.



Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Les données de surface de chaque élément considéré
- La forme nominale de chaque élément considéré et chaque zone de tolérance obtenue
- Les éléments de référence (le cas échéant)

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS optimise les données de surface de chaque élément dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence. Avec plusieurs éléments considérés, le processus d'optimisation considère simultanément ces éléments. De cette façon, il ajuste tous les éléments tolérancés à la fois dans leur zone de tolérance.

Utilisation recommandée

Les spécifications d'un profil de droite s'appliquent aux surfaces. Chaque coupe transversale de la surface doit alors avoir une valeur réelle inférieure à la tolérance indiquée. Chaque coupe transversale doit être considérée séparément des autres (au lieu de simultanément).

Pour chaque surface avec une spécification de profil de droite, nous vous conseillons de mesurer plusieurs coupes transversales :

- Vous devez avoir suffisamment de coupes transversales pour capturer correctement le comportement de la surface entière.

- Placez chaque coupe transversale dans une commande de tolérance géométrique distincte pour que toutes les coupes transversales soient prises en compte et optimisées séparément. (Si vous placez les coupes transversales dans une seule commande de tolérance géométrique, elles sont prises en compte simultanément et vos valeurs mesurées seront globalement élevées.)

À propos de la commande de tolérance simultanée

L'insertion d'une spécification de profil de droite n'a en soi aucun sens dans une commande de tolérance simultanée. Si vous le faites, le comportement de la spécification du profil de droite change. Au lieu de prendre en compte chaque coupe transversale de façon individuelle, elles sont toutes considérées simultanément. Ce comportement équivaut au profil d'une surface. Toutefois, PC-DMIS ne permet pas aux spécifications de profil de droite comportant au moins une référence de participer à une commande de tolérance simultanée. Dans ce cas, PC-DMIS affiche un message d'avertissement pour indiquer que le comportement a changé afin de correspondre à celui d'un profil de surface.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces types d'éléments pour représenter des coupes transversales de surface s'ils ont des données de surface :

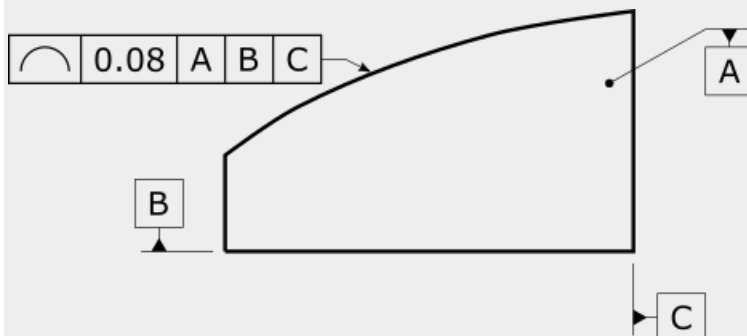
droites, cercles, largeurs 1D et 2D, scannings, ellipses, encoches, logements et ensembles.

Zones de tolérance et modificateurs autorisés

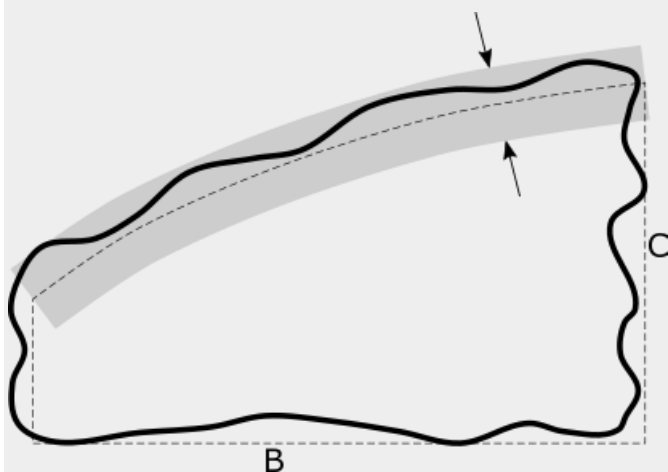
La zone de tolérance se base sur la surface nominale de l'élément. Par défaut (sans aucun modificateur, la zone de tolérance est égale en bilatéral. La moitié de la valeur de tolérance est donc de chaque côté de la surface nominale :



Imaginez que vous avez cette spécification de profil d'une droite :

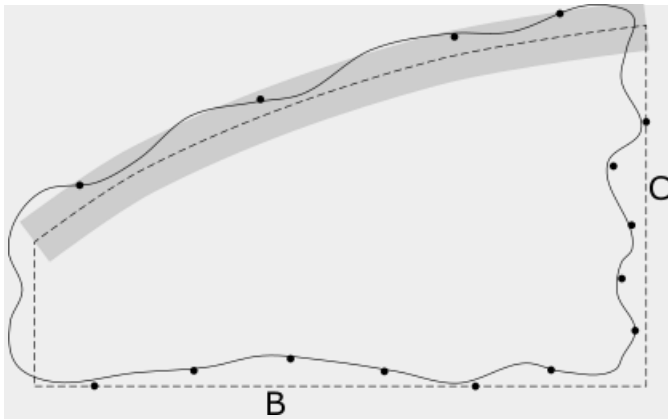


Avec la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



Sachant qu'il n'y a pas de modificateurs, la zone de tolérance est centrée sur la surface nominale, qui est placée et orientée nominalement par rapport à chaque référence réelle. La ligne continue indique la surface réelle, les lignes de tirets les surfaces nominales (y compris les références réelles) et la zone ombrée grise la zone de tolérance de taille minimum centrée sur la surface nominale qui contient la surface réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble à ce qui suit :



Le centre de la zone de tolérance mesurée reste la surface nominale, qui est située et orientée nominalement par rapport à chaque référence mesurée. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Les modificateurs peuvent altérer la nature de la zone de tolérance. Depuis ASME Y14.5 2009, PC-DMIS prend en charge le modificateur \textcircled{U} (profil disposé de façon inégale) et depuis ASME Y14.5 2018, PC-DMIS prend en charge le modificateur Δ (profil dynamique). Sous ISO 1101, PC-DMIS prend en charge le modificateur UZ (décalage de la zone de tolérance spécifiée) et le modificateur OZ (décalage de la zone de tolérance linéaire non spécifiée). Même s'ils ne sont pas équivalents, les modificateurs \textcircled{U} et UZ ont des fonctionnalités similaires. Ils décalent le centre de la zone de tolérance depuis la surface nominale. De même, les modificateurs Δ et OZ ont des fonctionnalités similaires. Ils autorisent le centre de la zone de tolérance à progresser dans la direction matérielle positive ou négative. Ces modificateurs n'existaient pas dans ASME Y14.5 1994, mais le concept d'une zone de tolérance disposée de façon inégale était pris en charge. Cela était généralement indiqué de façon graphique sur l'impression par des lignes pointillées illustrant l'extension de la tolérance dans et hors du matériau. Par conséquent, si vous sélectionnez ASME Y14.5 1994 comme standard GD&T pour votre routine de mesure PC-DMIS, vous devez entrer les tolérances supérieure et inférieure au moment de la création du cadre de tolérance. PC-DMIS indique alors les écarts maximum et minimum qui sont comparés aux valeurs de tolérances supérieure et inférieure pour vérifier la conformité.



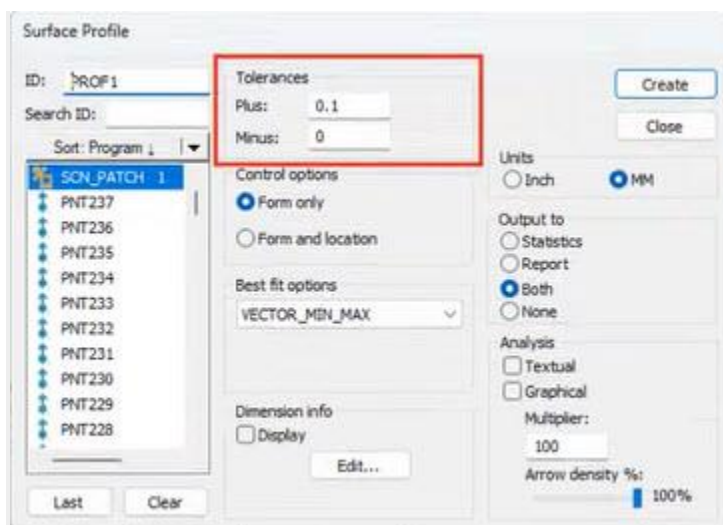
Le profil existant inclut une option « forme uniquement » qui autorise la saisie d'une seule tolérance positive. Pour obtenir le même comportement avec une commande de profil de tolérance géométrique ASME Y14.5 1994, vous devez diviser de moitié la tolérance autorisée totale et la saisir comme des valeurs bilatérales égales.

Les exemples ci-dessous montrent les différences entre le profil de surface existant et le profil de tolérance géométrique de commandes de surface. Même si les exemples concernent le profil de surface, les règles sont identiques pour le profil de droite.

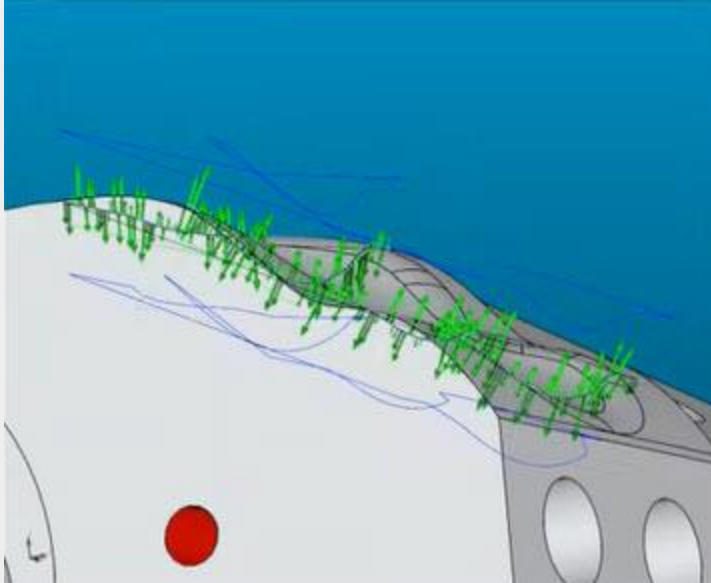
Cliquez sur le lien ci-dessous pour afficher les exemples de la définition, le résultat et le rapport pour un profil de surface existant :

Exemple de profil de surface existant, forme uniquement

L'exemple suivant montre une boîte de dialogue Profil de surface avec la définition Forme uniquement :



Exemple d'une boîte de dialogue Profil de surface existant définie pour Forme uniquement, avec une tolérance supérieure de 0,1 et une tolérance inférieure de 0.



Exemple des résultats après l'exécution de la commande existante.

PROF1 - SCN_PATCH FORMONLY VECTOR_MIN_MAX							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
M	0.000000	0.100000	0.000000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

Exemple illustrant à quoi ressemble la version existante du rapport.

Cliquez sur les liens ci-dessous pour afficher des exemples corrects et incorrects des définitions, des résultats et des rapports pour un profil de tolérance géométrique d'une surface :

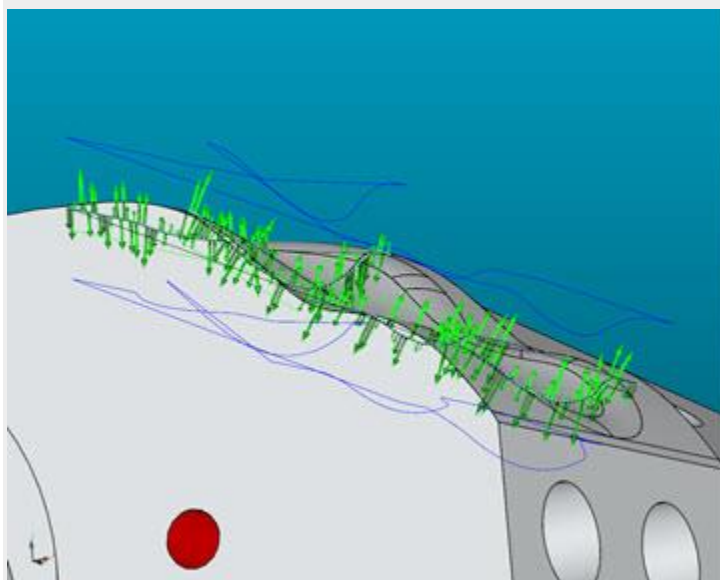
Exemple de profil de tolérance géométrique ASME Y14.5 - 1994 d'une surface correctement définie




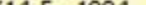
Dans cet exemple, le profil de tolérance géométrique d'une surface utilise une valeur de tolérance supérieure et inférieure de +/-0,05 :



Exemple d'une boîte de dialogue Tolérance géométrique correctement définie pour un profil de surface avec le standard ASME Y14.5 - 1994



Exemple des résultats après l'exécution de la commande de tolérance géométrique correctement définie

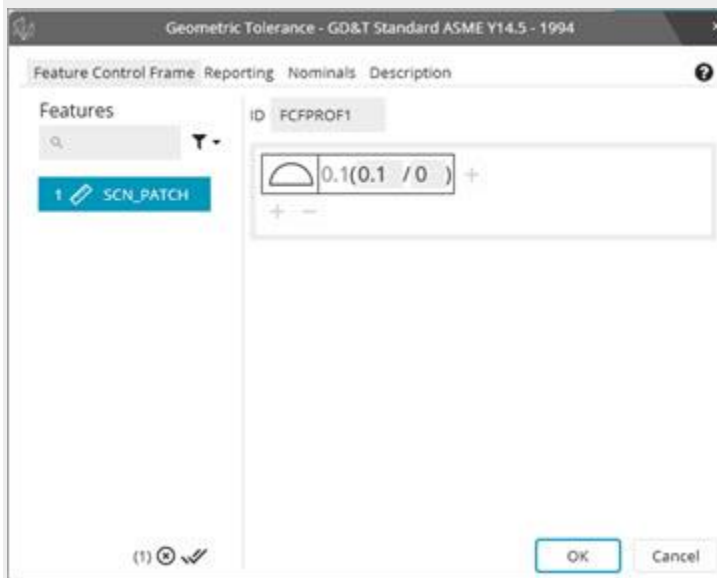
FCFPROF1		MM	 0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
SCN_PATCH	0.000000	0.050000	0.050000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000	

Exemple illustrant à quoi ressemble la version de tolérance géométrique du rapport pour une commande correctement définie.

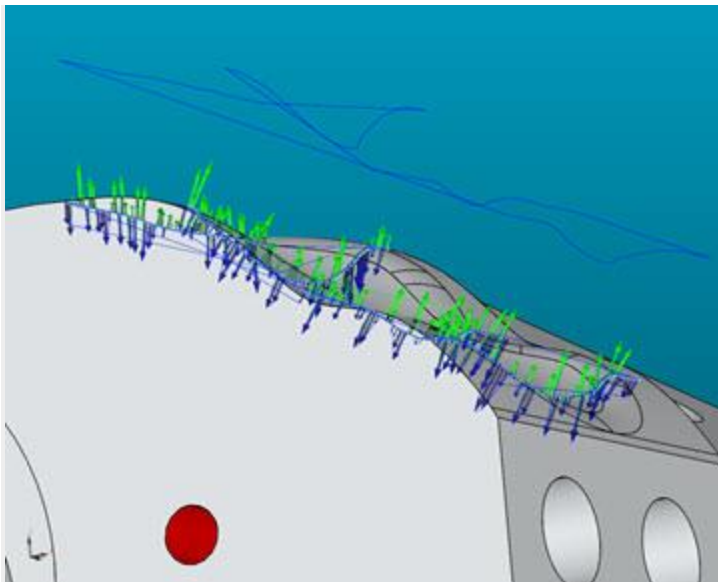
Exemple de profil de tolérance géométrique ASME Y14.5 - 1994 d'une surface incorrectement définie



Dans cet exemple, le profil de tolérance géométrique d'une surface utilise de façon incorrecte une seule valeur de tolérance supérieure de 0,1. Cela entraîne une zone de tolérance inégale et tous les écarts négatifs sont hors tolérance.



Exemple d'une boîte de dialogue Tolérance géométrique incorrectement définie pour un profil de surface avec le standard ASME Y14.5 - 1994



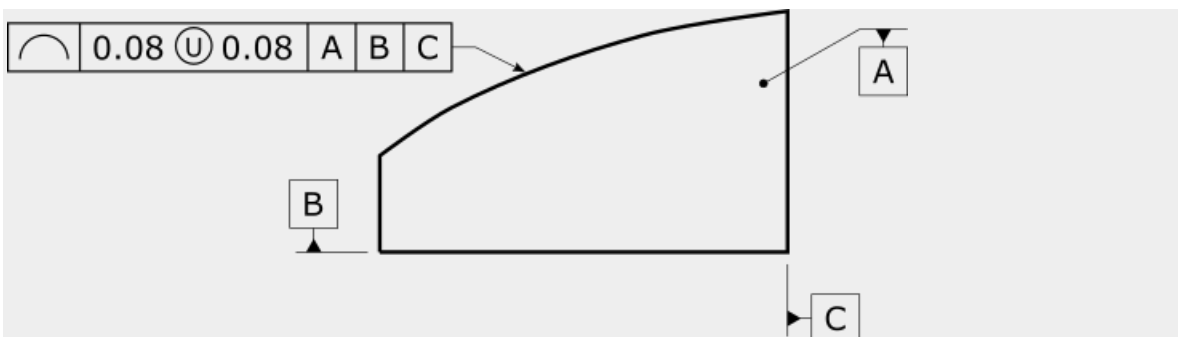
Exemple des résultats après l'exécution de la commande de tolérance géométrique incorrectement définie

FCFPROF1		MM	0.1		DEFAULT	ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.100000	0.000000	0.086446	0.036446	-0.036446	0.000000

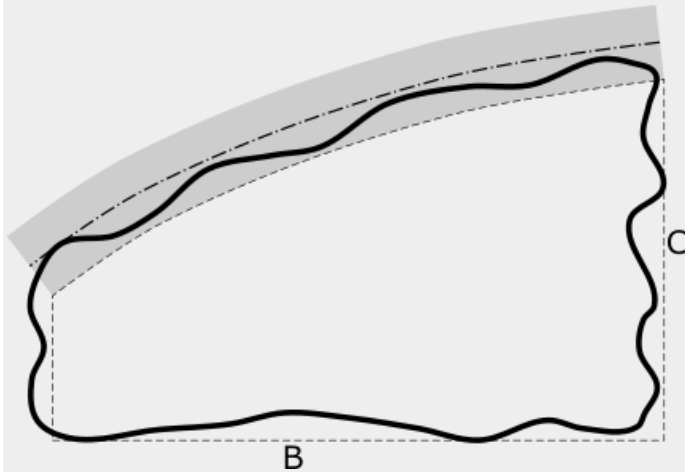
Exemple illustrant à quoi ressemble la version de tolérance géométrique du rapport pour une commande incorrectement définie.



Imaginez que vous avez la spécification de modificateur \textcircled{U} affichée ci-dessous. La spécification ISO équivalente serait 0,08 UZ+0.04.

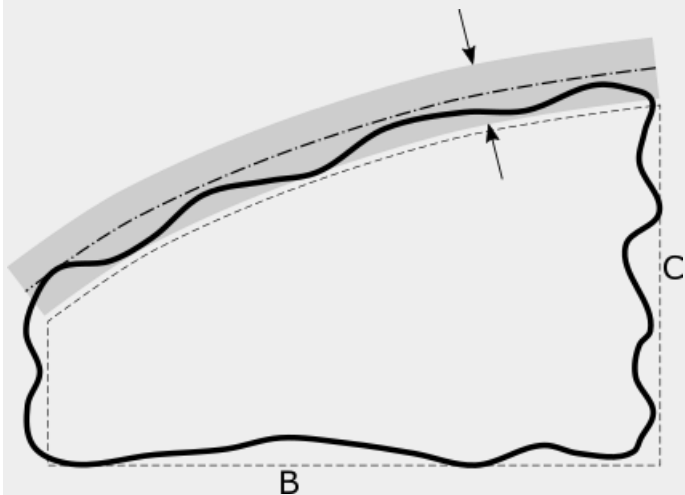


Avec la spécification ci-dessus, la zone de tolérance indiquée ressemble à ce qui suit :



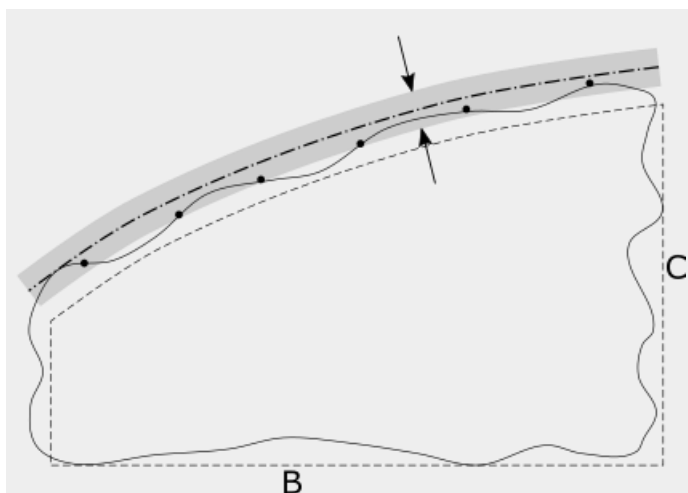
Comme il s'agit de la zone de tolérance indiquée, elle n'est pas minimisée et ne représente donc pas la valeur réelle. Le centre de la zone de tolérance est décalé de la surface nominale et représenté dans la ligne pointillée à tirets.

La valeur réelle ressemble à ce qui suit :



Le centre de la zone de tolérance reste le même (décalage de 0,04 par rapport aux valeurs nominales dans ce cas), mais la zone est réduite jusqu'à ce qu'elle contienne la surface réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble à ce qui suit :




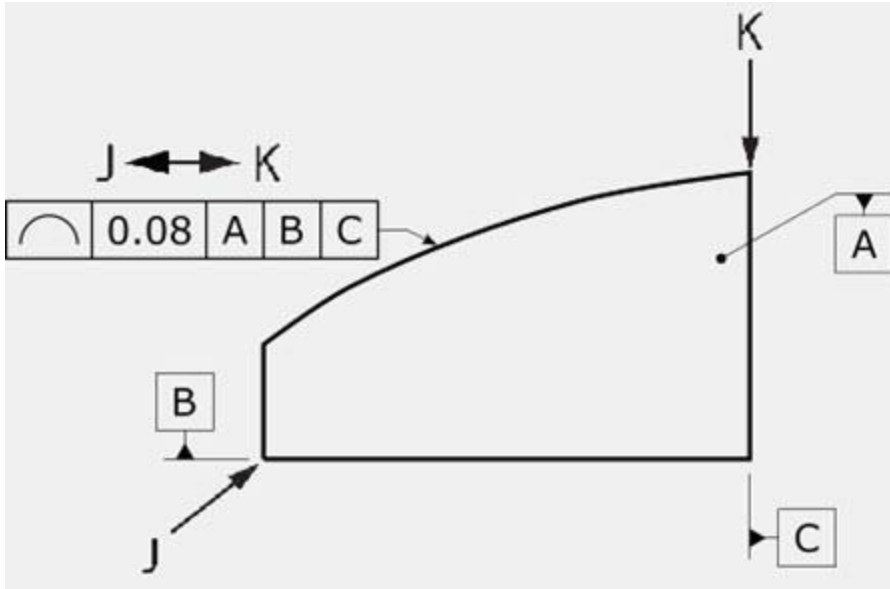
Le centre de la zone de tolérance reste le même (décalage de 0,04 par rapport aux valeurs nominales dans ce cas), mais la zone est réduite autour du centre jusqu'à ce qu'elle contienne les points de surface mesurés. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Pensez pour rappel que la valeur mesurée équivaut à deux fois la valeur absolue du pire écart, en mesurant depuis le centre de la zone de tolérance.


Profil Entre et profil Tout autour

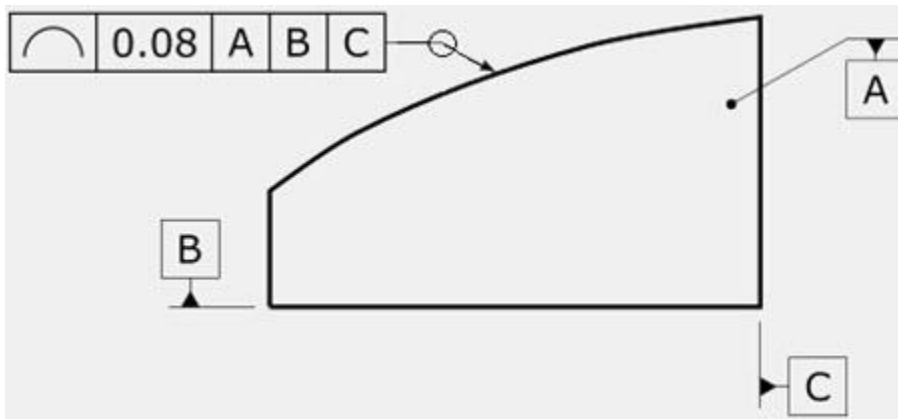
Profil Entre

Le symbole **Entre**  est utilisé entre deux lettres majuscules pour identifier l'étendue de la surface tolérancée. La surface inclut tous les points, de la surface désignée par la première lettre (début) à la surface désignée par la seconde lettre (fin). Elle comprend tous les segments et toutes les zones entre ces zones désignées par les lettres, comme illustré ci-dessous.





Profil Tout autour

L'option « Profil tout autour » est appliquée aux contours des coupes transversales d'une pièce ou à tous les éléments représentés par un contour fermé. Elle est indiquée par le symbole circulaire **Tout autour**  placé à l'intersection de la ligne de repère et de la ligne de référence de l'indicateur de tolérance comme illustré ci-dessous.



Résumé

Il est impossible de sélectionner un symbole **Entre**  ou un symbole **Tout autour**  dans le générateur de cadres de contrôle d'élément de la commande de tolérance géométrique car ils ne sont pas inclus dans le cadre de contrôle d'élément. À la place, pour utiliser la commande de tolérance géométrique afin d'évaluer le profil Entre ou le profil Tout autour, vous devez employer la routine de mesure correcte. Pour ce faire, vous devez mesurer plusieurs coupes transversales devant éventuellement s'étendre sur diverses surfaces. Le plus

simple est d'utiliser la commande Scanning linéaire ouvert pour le profil Entre, ou la commande Scanning linéaire fermé pour le profil Tout autour.

Une autre approche consiste à créer plusieurs scanings ou une série de points de vecteur automatiques et de les combiner dans une série d'éléments.

- Pour le profil Entre, chaque scanning linéaire ouvert ou chaque série d'éléments construits représente une coupe transversale allant du point indiqué par la lettre de début au point indiqué par la lettre de fin.
- Pour le profil Tout autour, chaque scanning linéaire fermé ou chaque série d'éléments construits représente une coupe transversale passant tout autour de la pièce ou du contour fermé.

Vous devez évaluer chaque coupe transversale à l'aide d'un profil distinct d'une commande de droite et baser votre décision de conformité sur la pire valeur parmi toutes les coupes transversales.

Valeur réelle et valeur mesurée

Les zones de tolérance de profil ont un centre défini. Ils ont aussi un mécanisme pour augmenter et réduire la zone autour de ce centre jusqu'à qu'il enveloppe la surface réelle.

Valeur réelle :

chaque élément considéré a sa propre valeur réelle. Il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant la surface réelle. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence réelle, avec quelques exceptions détaillées dans « Comment PC-DMIS résout des références ».

Si vous avez plusieurs éléments considérés et que le cadre de référence n'est pas entière contraint, la procédure d'optimisation doit si possible ajuster simultanément les surfaces de tous les éléments dans les zones de tolérance respectives.

Valeur mesurée :

chaque élément considéré a sa propre valeur mesurée. Il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant la surface mesurée. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence mesurée, avec quelques exceptions détaillées dans « Comment PC-DMIS résout des références ».

Si vous avez plusieurs éléments considérés et que le cadre de référence n'est pas entière contraint, la procédure d'optimisation de PC-DMIS doit ajuster simultanément les points de surface de tous les éléments dans les zones de

tolérance respectives. Il le fait de façon proportionnelle. Tous les éléments tolérancés tiennent ainsi dans leur zone de tolérance respective si possible.



ASME Y14.5 2009 et ASME Y14.5 2018 utilise le même standard mathématique ASME Y14.5.1 2019, qui définit la valeur réelle d'une tolérance de profil comme valeur mesurée, égale au double de l'écart le plus éloigné de la valeur nominale. ASME Y14.5 1994 utilise le standard mathématique ASME Y14.5.1M-1994, qui définit la valeur réelle d'une tolérance de profil comme l'écart minimum et maximum par rapport à la valeur nominale. La mesure du profil est définie comme l'écart le plus éloigné de la valeur nominale de chaque côté, tant dans la matériau qu'hors du matériau. Dans ce cas, quand vous sélectionnez ASME Y14.5 1994 comme standard GD&T, vous n'obtenez plus une valeur mesurée unique, mais des valeurs minimum et maximum. La seule véritable différence est la façon dont les informations sont présentées ; les limites de tolérance et la conformité ne sont pas affectées. Pour plus d'informations, téléchargez le document « ProfileReporting_Handout_V2 » du référentiel de la base de connaissances PC-DMIS.

Règles de validité

Tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales et les formes indiquées correctes. De cette façon, PC-DMIS calcule correctement les valeurs mesurées et la commande de tolérance identifie aussi correctement les degrés optimisables de liberté.

Options exposées

Plusieurs types d'éléments montrent une option ITERATEANDREPIERCE. Ces éléments sont des points, des scanings, des ellipses, des encoches, des logements et des ensembles (sauf pour les éléments automatiques Vision de profil 2D et les points d'arête) quand un modèle CAO est disponible. Lorsque disponible, PC-DMIS définit par défaut l'option ITERATEANDREPIERCE à YES. Il le fait pour garantir que le centre de la zone de tolérance est la surface du modèle CAO. Quand l'option n'est pas disponible en revanche ou que NO est sélectionné, ces types d'éléments créent une zone de tolérance plane distincte pour chaque point mesuré. La zone est définie par le point théorique et le vecteur associé à ce point mesuré. Il s'agit d'une approximation « plane par morceaux », qui s'avère idéale dans de nombreux cas. Elle ne donne en revanche pas de bons résultats dans ces cas :

- Si l'alignement utilisé pour rechercher des valeurs nominales est très différent du cadre de tolérance optimisé
- Si les données mesurées incluent des rayons ou des coins pointus

En raison du comportement parfois non satisfaisant de l'approximation plane par morceaux, nous recommandons le plus souvent d'utiliser un modèle CAO et de laisser l'option ITERATEANDREPIERCE définie à YES. Dans certains cas, il est justifié de définir cette option à NO si le temps de calcul est trop long. Quand vous définissez cette option à NO, la vitesse de calcul augmente généralement, mais vous devez vérifier que l'approximation plane par morceaux est satisfaisante.

Les droites, les cercles et les largeurs n'exposent pas l'option ITERATEANDREPIERCE car la commande de tolérance géométrique représente exactement en interne les zones de tolérance. Il est impossible d'employer l'approximation plane par morceaux pour ces types d'éléments. En revanche, les éléments automatiques Vision de profil 2D, les points d'arête, les scanings effectués en dehors des points d'arête et les éléments construits avec filtre d'ajustement n'exposent pas les options ITERATEANDREPIERCE car ils emploient toujours l'approximation plane par morceaux.

Quand aucune référence ne fait l'objet d'un renvoi, l'option de plan de travail sert de référence définissant le plan de la coupe transversale et détermine les degrés de liberté optimisables. Sa valeur peut être ZPLUS, ZMOINS, XPLUS, XMOINS, YPLUS ou YMOINS.

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence.

Pour des informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

S'il n'y a pas d'éléments de référence, le type mathématique de la zone de tolérance détermine dans quelle mesure les points de surface mesurés sont optimisés dans leurs zones de tolérance respectives :

PAR DÉFAUT - Elle effectue un best fit de zone minimum (ou min-max). Le best fit trouve la plus petite zone de tolérance contenant les points de surface. L'option **PAR DÉFAUT** génère donc la plus petite valeur mesurée pour évaluer le profil d'une droite. En termes mathématiques, il est aussi très proche de la spécification, car si vous mesurez les points de façon dense et avec une précision élevée, la valeur mesurée estime la valeur réelle de près.

LSQ - Elle donne un best fit moindres carrés. Elle réduit la somme des carrés des écarts au centre de la zone. Cette option génère une valeur mesurée supérieure (elle est plus conservatrice que l'option **PAR DÉFAUT**). En général, elle fait des calculs plus rapides.

Segments inférieurs du profil composite d'une droite

Un profil d'une tolérance de droite avec plusieurs segments est appelé « profil composite d'une droite ». Le premier segment (supérieure) d'un profil composite d'une tolérance de droite est identique à un profil de segment d'une droite, comme décrit plus haut au début de cette rubrique. Tous les segments inférieurs d'un profil composite sont légèrement différents. En effet, les zones de tolérance ont une translation déverrouillée, comparées au cadre de tolérance. Les zones de tolérance restent toutefois nominalement situées et orientées l'une par rapport à l'autre.

Les cadres de tolérance pour les segments inférieurs d'un profil composite d'une droite obéissent à ces règles :

- Chaque cadre de référence doit uniquement utiliser les mêmes références que celui ci-dessus.
- Les références doivent être dans le même ordre.
- Les références doivent avoir les mêmes modificateurs.
- Un segment inférieur peut avoir moins de références que celui ci-dessus.

segments. Le premier segment (haut) est le profil global d'une droite comme décrit ci-dessus. Le segment inférieur est le profil par unité d'une droite, qui définit une longueur d'unité. Les tolérances par unité déterminent la forme de toute unité possible de l'élément tolérancé.

De façon conceptuelle, l'ensemble de la coupe transversale de surface est divisé en un nombre infini de longueurs d'unités se chevauchant.

Valeur réelle :



chaque unité infinie a sa propre valeur réelle. Pour l'élément entier, il s'agit de la valeur réelle de la pire unité.

Valeurs mesurées :

il existe de nombreuses unités se chevauchant et contenant des sous-ensembles de points mesurés. Pour une unité donnée, la valeur mesurée est l'écart maximum moins l'écart minimum, les écarts ayant été calculés avec le profil global d'une droite. La valeur mesurée de tout l'élément est la valeur mesurée de la pire unité.

Rapport

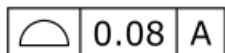
Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de profil d'une droite par unité : L'étiquette supérieure est pour le profil global, celle inférieure pour le profil par unité. L'étiquette supérieure est pour le profil global, celle inférieure pour le profil par unité.

FCFPROF3		MM	 0.2		LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
CIR1	0.000	0.200	0.754	-0.161	-0.377	0.554
FCFPROF3		MM	 0.05/5		LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
CIR1	0.000	0.050	0.167	0.083	-0.083	0.117

Profil d'une surface

Introduction

Une spécification de profil d'une surface détermine dans quelle mesure les surfaces des éléments peuvent dévier de formes nominales, qui sont situées et orientées par rapport à aucune ou plusieurs références.



Pour cette tolérance géométrique, ces trois aspects fonctionnent ensemble :

- Les données de surface de chaque élément considéré

Utilisation de tolérances géométriques

- La forme nominale de chaque élément considéré et chaque zone de tolérance obtenue
- Les éléments de référence (le cas échéant)

Pour évaluer cette tolérance, PC-DMIS optimise les données de surface de chaque élément dans sa zone de tolérance respective. Le processus d'optimisation respecte les contraintes imposées par chaque référence. Avec plusieurs éléments considérés, le processus d'optimisation considère simultanément ces éléments. De cette façon, il ajuste tous les éléments tolérancés à la fois dans leur zone de tolérance.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser ces types d'éléments s'ils ont des données de surface :

cylindres, sphères, largeurs 1D et 3D, scannings, plans, cônes, ensembles et tores.

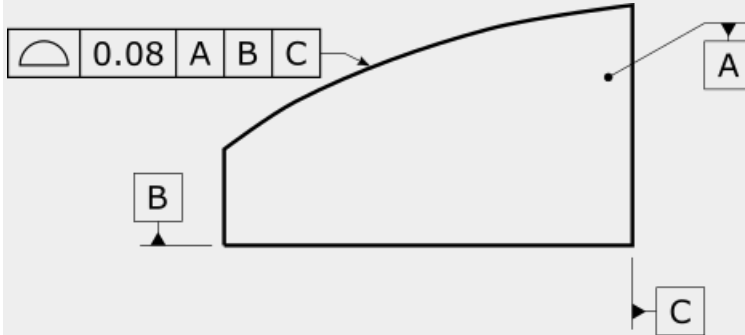
Quand aucune référence ne fait l'objet d'un renvoi, il n'y a pas d'option de plan de travail. Parfois, les données ont seulement été mesurées dans une coupe transversale. Ceci est généralement le cas quand un profil d'une surface sans références a été indiqué mais que la surface est trop peu profonde pour mesurer plusieurs coupes transversales. Dans ce cas, la commande de tolérance géométrique détecte automatiquement le plan de travail de la coupe transversale. Elle utilise aussi ce plan de travail comme une référence primaire invisible pour limiter les degrés de liberté de ce plan de travail.

Zones de tolérance et modificateurs autorisés

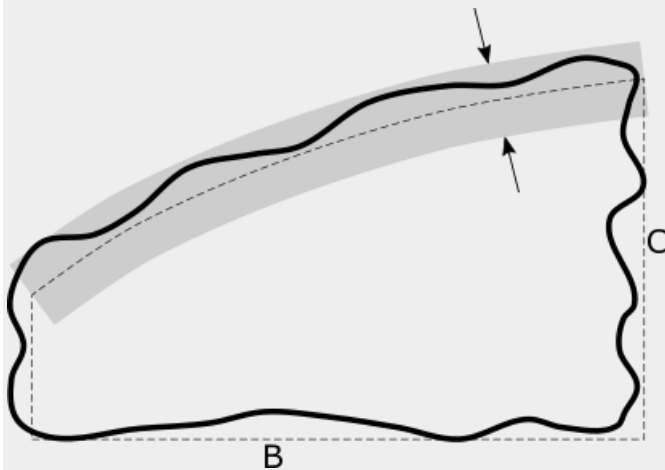
La zone de tolérance se base sur la surface nominale de l'élément. Par défaut (sans aucun modificateur, la zone de tolérance est égale en bilatéral. La moitié de la valeur de tolérance est donc de chaque côté de la surface nominale :



Imaginez que vous avez cette spécification de surface :

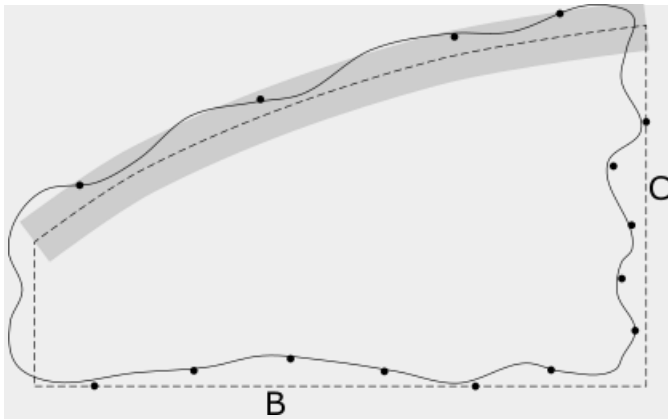


Avec la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



Sachant qu'il n'y a pas de modificateurs, la zone de tolérance est centrée sur la surface nominale, qui est placée et orientée nominalement par rapport à chaque référence réelle. La ligne continue indique la surface réelle, les lignes de tirets les surfaces nominales (y compris les références réelles) et la zone ombrée grise la zone de tolérance de taille minimum centrée sur la surface nominale qui contient la surface réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble à ce qui suit :



Le centre de la zone de tolérance mesurée reste la surface nominale, qui est située et orientée nominalement par rapport à chaque référence mesurée. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Les modificateurs peuvent altérer la nature de la zone de tolérance. Depuis ASME Y14.5 2009, PC-DMIS prend en charge le modificateur \textcircled{U} (profil disposé de façon inégale) et depuis ASME Y14.5 2018, PC-DMIS prend en charge le modificateur Δ (profil dynamique). Sous ISO 1101, PC-DMIS prend en charge le modificateur UZ (décalage de la zone de tolérance spécifiée) et le modificateur OZ (décalage de la zone de tolérance linéaire non spécifiée). Même s'ils ne sont pas équivalents, les modificateurs \textcircled{U} et UZ ont des fonctionnalités similaires. Ils décalent le centre de la zone de tolérance depuis la surface nominale. De même, les modificateurs Δ et OZ ont des fonctionnalités similaires. Ils autorisent le centre de la zone de tolérance à progresser dans la direction matérielle positive ou négative. Ces modificateurs n'existaient pas dans ASME Y14.5 1994, mais le concept d'une zone de tolérance disposée de façon inégale était pris en charge. Cela était généralement indiqué de façon graphique sur l'impression par des lignes pointillées illustrant l'extension de la tolérance dans et hors du matériau. Par conséquent, si vous sélectionnez ASME Y14.5 1994 comme standard GD&T pour votre routine de mesure PC-DMIS, vous devez entrer les tolérances supérieure et inférieure au moment de la création du cadre de tolérance. PC-DMIS indique alors les écarts maximum et minimum qui sont comparés aux valeurs de tolérances supérieure et inférieure pour vérifier la conformité.



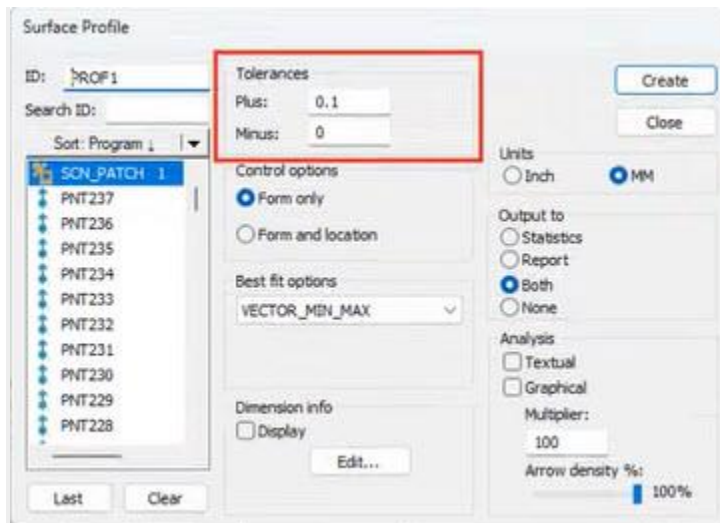
Le profil existant inclut une option « forme uniquement » qui autorise la saisie d'une seule tolérance positive. Pour obtenir le même comportement avec une commande de profil de tolérance géométrique ASME Y14.5 1994, vous devez diviser de moitié la tolérance autorisée totale et la saisir comme des valeurs bilatérales égales.

Les exemples ci-dessous montrent les différences entre le profil de surface existant et le profil de tolérance géométrique de commandes de surface. Même si les exemples concernent le profil de surface, les règles sont identiques pour le profil de droite.

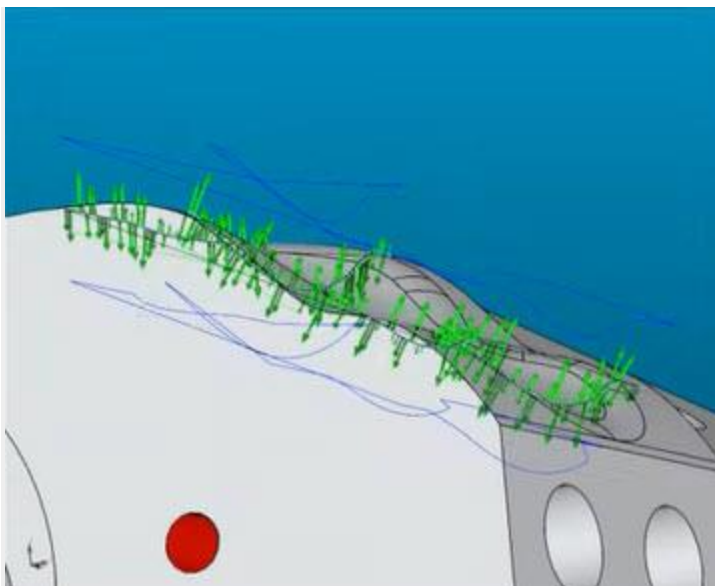
Cliquez sur le lien ci-dessous pour afficher les exemples de la définition, le résultat et le rapport pour un profil de surface existant :

Exemple de profil de surface existant, forme uniquement

L'exemple suivant montre une boîte de dialogue Profil de surface avec la définition Forme uniquement :



Exemple d'une boîte de dialogue Profil de surface existant définie pour Forme uniquement, avec une tolérance supérieure de 0,1 et une tolérance inférieure de 0.



Exemple des résultats après l'exécution de la commande existante.

PROF1 - SCN_PATCH FORMONLY VECTOR_MIN_MAX							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
M	0.000000	0.100000	0.000000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

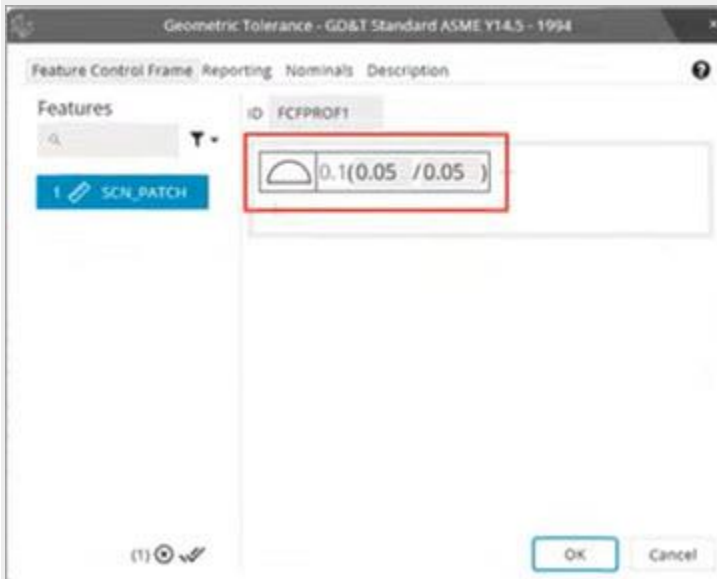
Exemple illustrant à quoi ressemble la version existante du rapport.

Cliquez sur les liens ci-dessous pour afficher des exemples corrects et incorrects des définitions, des résultats et des rapports pour un profil de tolérance géométrique d'une surface :

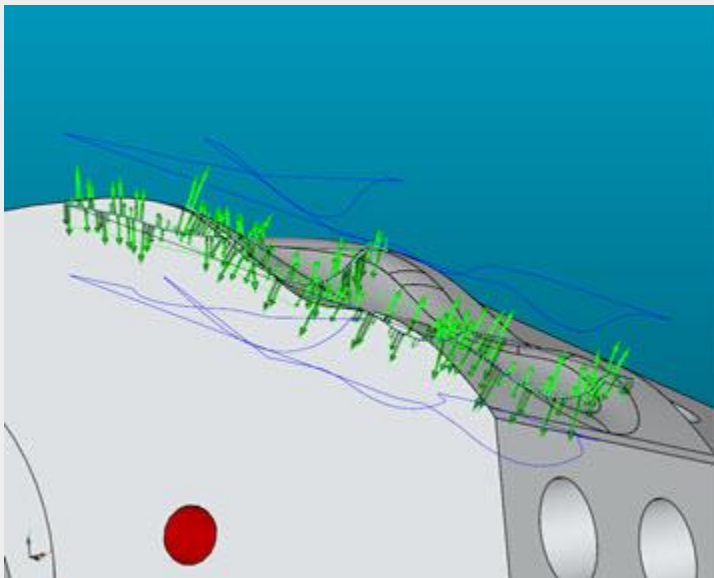
Exemple de profil de tolérance géométrique ASME Y14.5 - 1994 d'une surface correctement définie




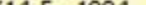
Dans cet exemple, le profil de tolérance géométrique d'une surface utilise une valeur de tolérance supérieure et inférieure de +/-0,05 :



Exemple d'une boîte de dialogue Tolérance géométrique correctement définie pour un profil de surface avec le standard ASME Y14.5 - 1994



Exemple des résultats après l'exécution de la commande de tolérance géométrique correctement définie

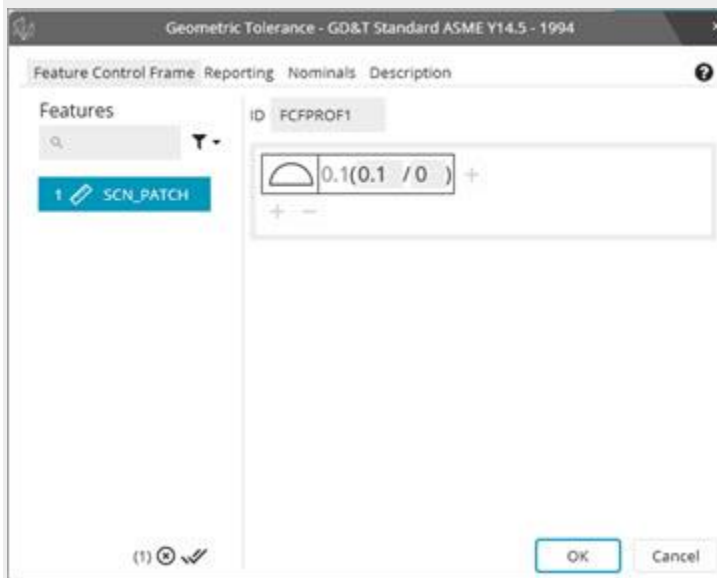
FCFPROF1		MM	 0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
SCN_PATCH	0.000000	0.050000	0.050000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000	

Exemple illustrant à quoi ressemble la version de tolérance géométrique du rapport pour une commande correctement définie.

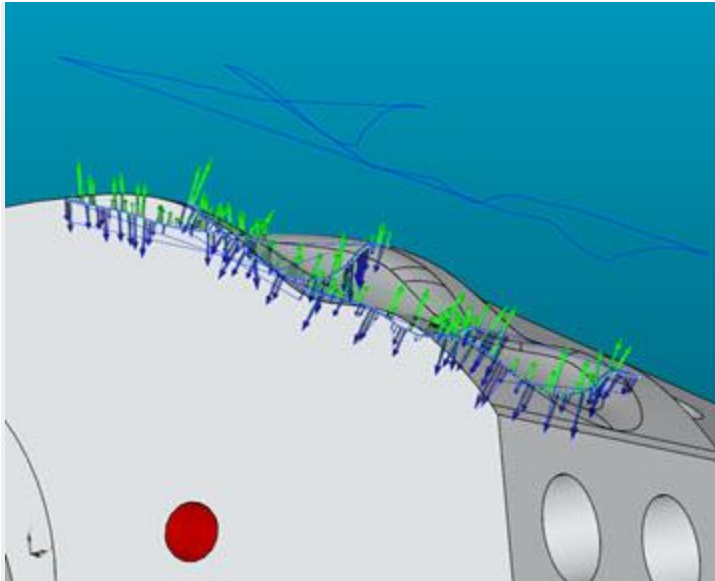
Exemple de profil de tolérance géométrique ASME Y14.5 - 1994 d'une surface incorrectement définie



Dans cet exemple, le profil de tolérance géométrique d'une surface utilise de façon incorrecte une seule valeur de tolérance supérieure de 0,1. Cela entraîne une zone de tolérance inégale et tous les écarts négatifs sont hors tolérance.



Exemple d'une boîte de dialogue Tolérance géométrique incorrectement définie pour un profil de surface avec le standard ASME Y14.5 - 1994



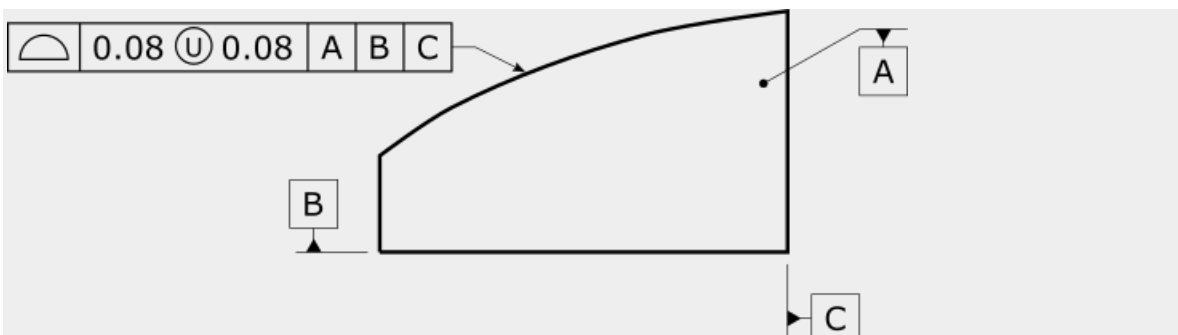
Exemple des résultats après l'exécution de la commande de tolérance géométrique incorrectement définie

FCFPROF1		MM	0.1		DEFAULT	ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.100000	0.000000	0.086446	0.036446	-0.036446	0.000000

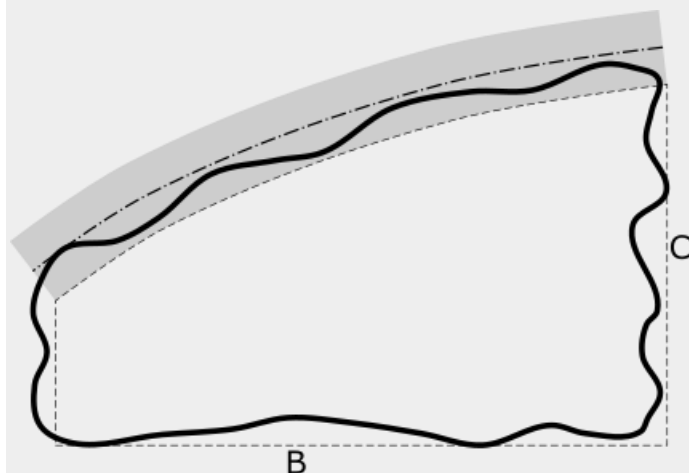
Exemple illustrant à quoi ressemble la version de tolérance géométrique du rapport pour une commande incorrectement définie.



Imaginez que vous avez la spécification de modificateur \textcircled{U} affichée ci-dessous. La spécification ISO équivalente serait 0,08 UZ+0.04.

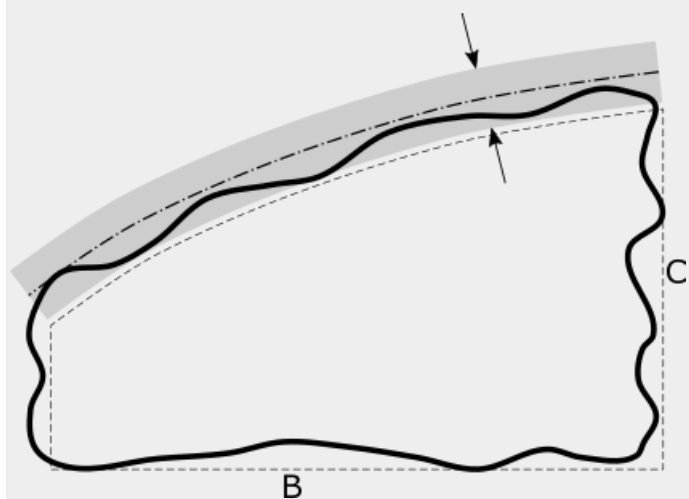


Avec la spécification ci-dessus, la zone de tolérance indiquée ressemble à ce qui suit :



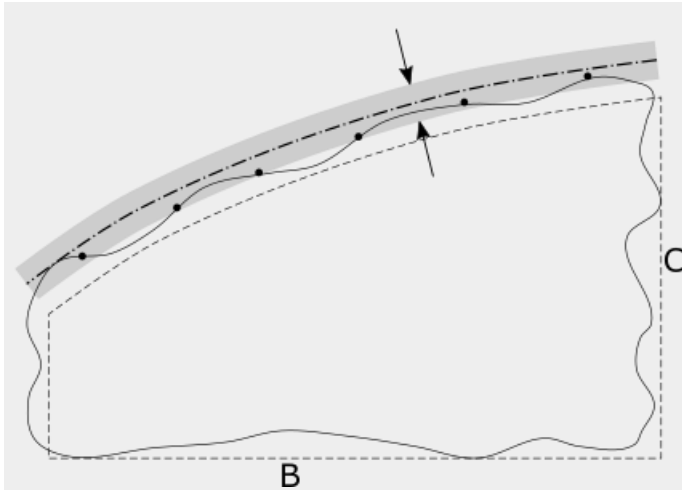
Comme il s'agit de la zone de tolérance indiquée, elle n'est pas minimisée et ne représente donc pas la valeur réelle. Le centre de la zone de tolérance est décalé de la surface nominale et représenté dans la ligne pointillée à tirets.

La valeur réelle ressemble à ce qui suit :



Le centre de la zone de tolérance reste le même (décalage de 0,04 par rapport aux valeurs nominales dans ce cas), mais la zone est réduite jusqu'à ce qu'elle contienne la surface réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble à ce qui suit :




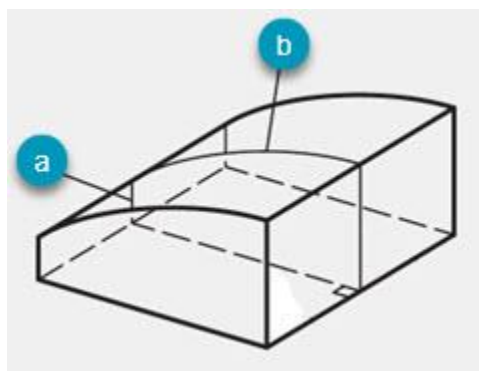
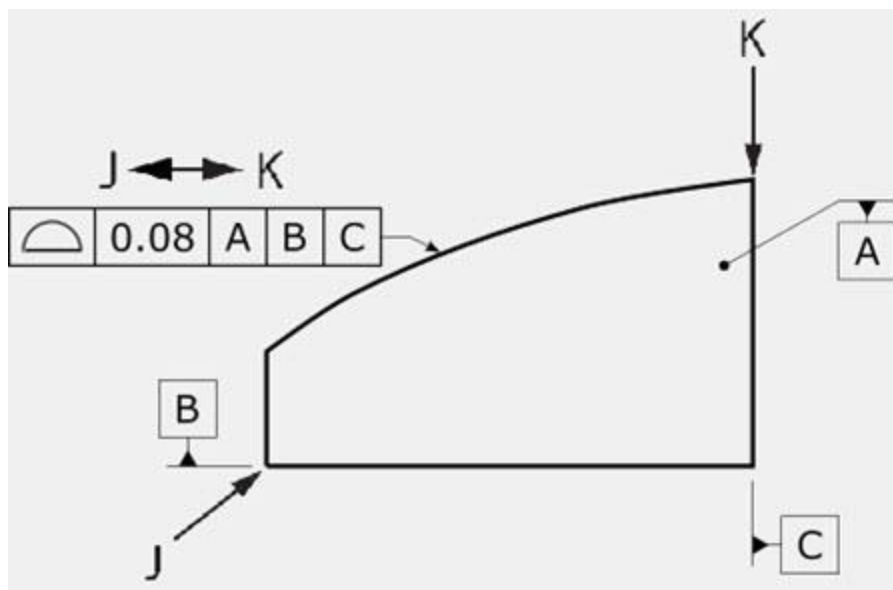
Le centre de la zone de tolérance reste le même (décalage de 0,04 par rapport aux valeurs nominales dans ce cas), mais la zone est réduite autour du centre jusqu'à ce qu'elle contienne les points de surface mesurés. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Pensez pour rappel que la valeur mesurée équivaut à deux fois la valeur absolue du pire écart, en mesurant depuis le centre de la zone de tolérance.

Profil Entre, profil Tout autour et profil Partout


Profil Entre

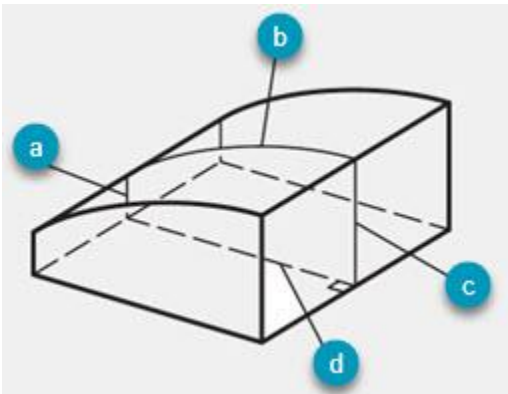
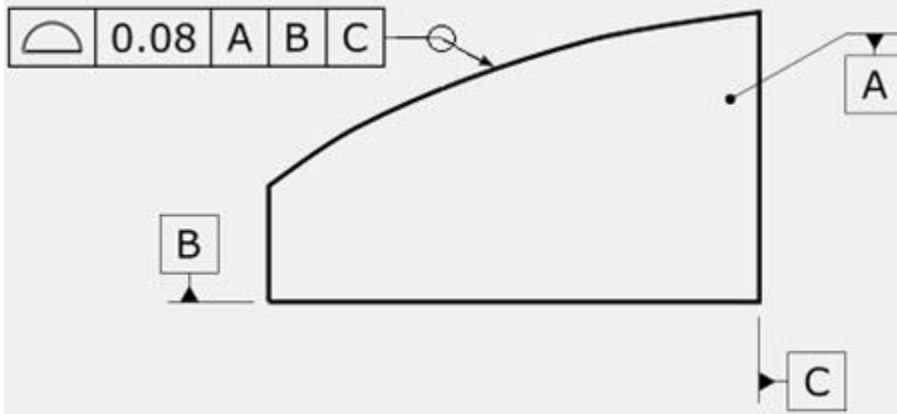
Le symbole **Entre**  est utilisé entre deux lettres majuscules pour identifier l'étendue de la surface tolérancée. La surface inclut tous les points, de la surface désignée par la première lettre (début) à la surface désignée par la seconde lettre (fin). Elle comprend tous les segments et toutes les zones entre ces zones désignées par les lettres, comme illustré ci-dessous.



Le profil Entre s'applique uniquement aux surfaces indiquées par le plan de collection ou l'orientation de vue entre les points de début et de fin indiqués.


Profil Tout autour

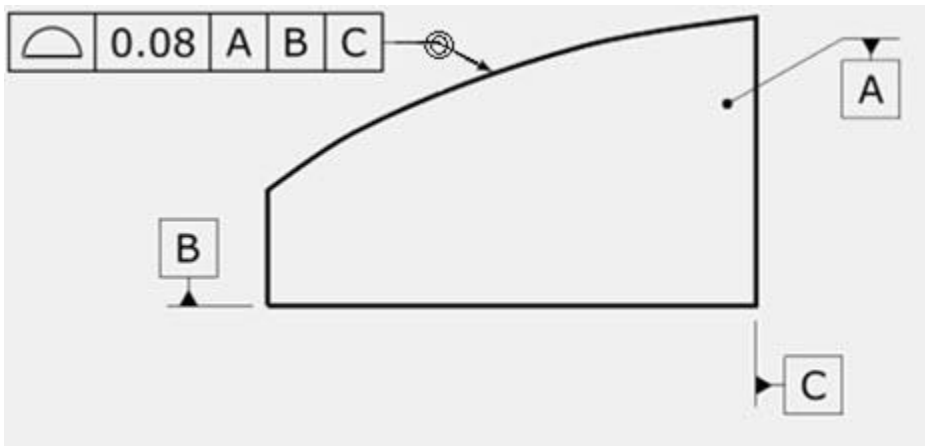
L'option « Profil tout autour » est appliquée aux contours des coupes transversales d'une pièce ou à tous les éléments représentés par un contour fermé. Elle est indiquée par le symbole circulaire **Tout autour**  placé à l'intersection de la ligne de repère et de la ligne de référence de l'indicateur de tolérance comme illustré ci-dessous.

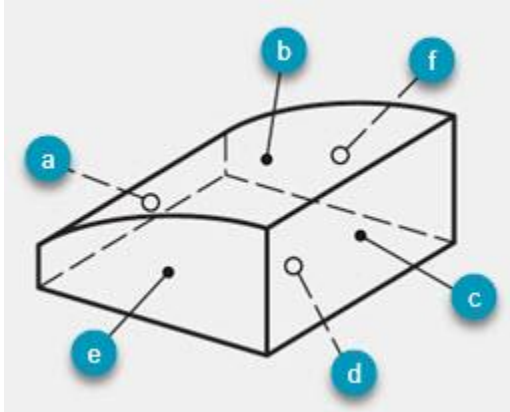


Le profil Tout autour s'applique uniquement aux surfaces identifiées par le plan de collection ou l'orientation de vue, mais pas à la pièce entière.

Profil Partout

Le profil Partout s'applique à tous les éléments intégraux d'une pièce et est indiqué par un symbole de deux cercles concentriques  placé à l'intersection de la ligne de repère et de la ligne de référence de l'indicateur de tolérance, comme illustré ci-dessous.





Le profil Partout s'applique à toutes les surfaces de la pièce entière et est en trois dimensions.

Résumé

Il est impossible de sélectionner des symboles Profil Entre, Profil Tout autour ou Profil Partout dans le générateur de cadres de contrôle d'élément de la commande de tolérance géométrique car ils ne sont pas inclus dans le cadre de contrôle d'élément. À la place, pour utiliser la commande de tolérance géométrique afin d'évaluer le profil Entre, le profil Tout autour ou le profil Partout, vous devez employer la routine de mesure correcte. Vous devez mesurer toutes les surfaces applicables pour qu'elles soient traitées comme un seul élément. Le plus simple est d'utiliser une série de commandes Scanning linéaire ouvert pour le profil Entre, ou une série de commandes Scanning linéaire fermé pour le profil Tout autour ou le profil Partout.

Une autre approche consiste à créer une série d'éléments automatiques (un pour chaque surface individuelles). Tous les scannings ou éléments automatiques appartenant aux surfaces en cours d'évaluation doivent ensuite être combinés en une même série d'éléments construits.

- Pour le profil Entre, la série d'éléments construits représente l'étendue entière de toutes les surfaces allant du point indiqué par la lettre de début au point indiqué par la lettre de fin.
- Pour le profil Tout autour, la série d'éléments construits représente l'étendue entière de toutes les surfaces tout autour de la pièce ou du contour fermé.
- Pour le profil Partout, la série d'éléments construits représente l'étendue entière de toutes les surfaces externes de la pièce entière.

Vous devez utiliser un seul profil de commande de surface faisant référence à la série d'éléments construits comme élément pris en compte pour évaluer l'une de ces exigences.

Valeur réelle et valeur mesurée

Les zones de tolérance de profil ont un centre défini. Ils ont aussi un mécanisme pour augmenter et réduire la zone autour de ce centre jusqu'à qu'il enveloppe la surface réelle.

Valeur réelle :

chaque élément considéré a sa propre valeur réelle. Il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant la surface réelle. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence réelle, avec quelques exceptions détaillées dans « Comment PC-DMIS résout des références ».

Si vous avez plusieurs éléments considérés et que le cadre de référence n'est pas entière contraint, la procédure d'optimisation doit si possible ajuster simultanément les surfaces de tous les éléments dans les zones de tolérance respectives.

Valeur mesurée :

chaque élément considéré a sa propre valeur mesurée. Il s'agit de la taille de la plus petite zone de tolérance contenant la surface mesurée. La zone est nominalement orientée et située par rapport à chaque référence mesurée, avec quelques exceptions détaillées dans « Comment PC-DMIS résout des références ».

Si vous avez plusieurs éléments considérés et que le cadre de référence n'est pas entière contraint, la procédure d'optimisation de PC-DMIS doit ajuster simultanément les points de surface de tous les éléments dans les zones de tolérance respectives. Il le fait de façon proportionnelle. Tous les éléments tolérancés tiennent ainsi dans leur zone de tolérance respective si possible.



ASME Y14.5 2009 et ASME Y14.5 2018 utilise le même standard mathématique ASME Y14.5.1 2019, qui définit la valeur réelle d'une tolérance de profil comme valeur mesurée, égale au double de l'écart le plus éloigné de la valeur nominale. ASME Y14.5 1994 utilise le standard mathématique ASME Y14.5.1M-1994, qui définit la valeur réelle d'une tolérance de profil comme l'écart minimum et maximum par rapport à la valeur nominale. La mesure du profil est définie comme l'écart le plus éloigné de la valeur nominale de chaque côté, tant dans la matériau qu'hors du matériau. Dans ce cas, quand vous sélectionnez ASME Y14.5 1994 comme standard GD&T, vous n'obtenez plus une valeur mesurée unique, mais des valeurs minimum et maximum. La seule véritable différence est la façon dont les informations sont présentées ; les limites de tolérance et la conformité ne sont pas affectées. Pour plus d'informations, téléchargez le document « ProfileReporting_Handout_V2 » du référentiel de la base de connaissances PC-DMIS.

Règles de validité

Tous les éléments d'entrée (considérés et de référence) doivent avoir les valeurs nominales et les formes indiquées correctes. De cette façon, PC-DMIS calcule correctement les valeurs mesurées et la commande de tolérance identifie aussi correctement les degrés optimisables de liberté.

Options exposées

Plusieurs types d'éléments montrent une option ITERATEANDREPIERCE. Ces éléments sont des points, des scanings, des ensembles et des tores (sauf pour les éléments automatiques Vision de profil 2D et les points d'arête) quand un modèle CAO est disponible. Quand elle est disponible, l'option est définie à YES par défaut, car elle garantit que le centre de la zone de tolérance est la surface du modèle CAO. Quand l'option n'est pas disponible en revanche ou que NO est sélectionné, ces types d'éléments créent une zone de tolérance plane distincte pour chaque point mesuré, définie par un point théorique et un vecteur associé à ce point mesuré. Il s'agit d'une approximation « plane par morceaux », qui s'avère idéale dans de nombreux cas. Elle ne donne en revanche pas de bons résultats dans ces cas :

- Si l'alignement utilisé pour rechercher des valeurs nominales est très différent du cadre de tolérance optimisé
- Si les données mesurées incluent des rayons ou des coins pointus

En raison du comportement parfois non satisfaisant de l'approximation plane par morceaux, nous recommandons le plus souvent d'utiliser un modèle CAO et de laisser l'option ITERATEANDREPIERCE définie à YES. Dans certains cas, il est

justifié de définir cette option à NO si le temps de calcul est trop long. Quand vous définissez cette option à NO, la vitesse de calcul augmente généralement, mais vous devez vérifier que l'approximation plane par morceaux est satisfaisante.

Les cylindres, les sphères, les largeurs, les plans et les cônes n'exposent pas l'option ITERATEANDREPIERCE car la commande de tolérance géométrique représente exactement en interne les zones de tolérance. Il est impossible d'employer l'approximation plane par morceaux pour ces types d'éléments. En revanche, les éléments automatiques Vision de profil 2D, les points d'arête, les scannings effectués en dehors des points d'arête et les éléments construits avec filtre d'ajustement n'exposent pas les options ITERATEANDREPIERCE car ils emploient toujours l'approximation plane par morceaux.

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence.

Pour des informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

S'il n'y a pas d'éléments de référence, le type mathématique de la zone de tolérance détermine dans quelle mesure les points de surface mesurés sont optimisés dans leurs zones de tolérance respectives :

PAR DÉFAUT - Elle effectue un best fit de zone minimum (ou min-max). Le best fit trouve la plus petite zone de tolérance contenant les points de surface. L'option **PAR DÉFAUT** génère donc la plus petite valeur mesurée pour évaluer le profil d'une surface. En termes mathématiques, il est aussi très proche de la spécification, car si vous mesurez les points de façon dense et avec une précision élevée, la valeur mesurée estime la valeur réelle de près.

LSQ - Elle donne un best fit moindres carrés. Elle réduit la somme des carrés des écarts au centre de la zone. Cette option génère une valeur mesurée supérieure (elle est plus conservatrice que l'option **PAR DÉFAUT**). En général, elle fait des calculs plus rapides.

Segments inférieurs du profil composite d'une surface

Un profil d'une tolérance de surface avec plusieurs segments est appelé « profil composite d'une surface ». Le premier segment (supérieure) d'un profil composite d'une tolérance de surface est identique à un profil de segment d'une surface, comme décrit plus haut au début de cette rubrique. Tous les segments inférieurs d'un profil composite d'une surface sont légèrement différents. En effet, les zones de tolérance ont une translation déverrouillée, comparées au cadre de tolérance. Les zones de tolérance restent toutefois nominalement situées et orientées l'une par rapport à l'autre.

Utilisation de tolérances géométriques

Les cadres de tolérance pour les segments inférieurs d'un profil composite d'une surface obéissent à ces règles :

- Chaque cadre de référence doit uniquement utiliser les mêmes références que celui ci-dessus.
- Les références doivent être dans le même ordre.
- Les références doivent avoir les mêmes modificateurs.
- Un segment inférieur peut avoir moins de références que celui ci-dessus.



Imaginez que le segment supérieur a les références ABC. Le segment inférieur peut alors ne renvoyer à aucune référence, à la référence A, aux références AB ou aux références ABC. Il ne peut en revanche pas renvoyer aux références BA, AC ou ABD.

Voici quelques exemples de tolérances de position composite autorisées :



4X \varnothing 0.675 +/- 0.025		4X \varnothing 0.675 +/- 0.025	
\oplus	\varnothing 0.08 (M) A B C	\oplus	\varnothing 0.08 (M) A B C
	\varnothing 0.02 (M) A B C		\varnothing 0.02 (M) A B
4X \varnothing 0.675 +/- 0.025		4X \varnothing 0.675 +/- 0.025	
\oplus	\varnothing 0.08 (M) A B C	\oplus	\varnothing 0.08 (M) A B C
	\varnothing 0.02 (M) A		\varnothing 0.02 (M)

Voici quelques exemples de tolérances de position composite non autorisées :

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025		4X \varnothing 0.675 +/- 0.025	
\oplus	\varnothing 0.08 (M) A B C	\oplus	\varnothing 0.08 (M) A B C
	\varnothing 0.02 (M) B A		\varnothing 0.02 (M) A C
4X \varnothing 0.675 +/- 0.025			
\oplus	\varnothing 0.08 (M) A B C		
	\varnothing 0.02 (M) A B D		

Rapport

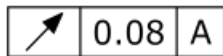
Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de profil d'une surface d'un plan :

FCFPROF2		MM	 1 A B C			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
PLN17	0.000000	1.000000	1.122074	0.561037	-0.147759	0.122074	

Battement circulaire

Introduction

La spécification de battement circulaire détermine dans quelle mesure les coupes transversales de la surface de l'élément peuvent dévier de cercles parfaits centrés par rapport à un axe de référence.

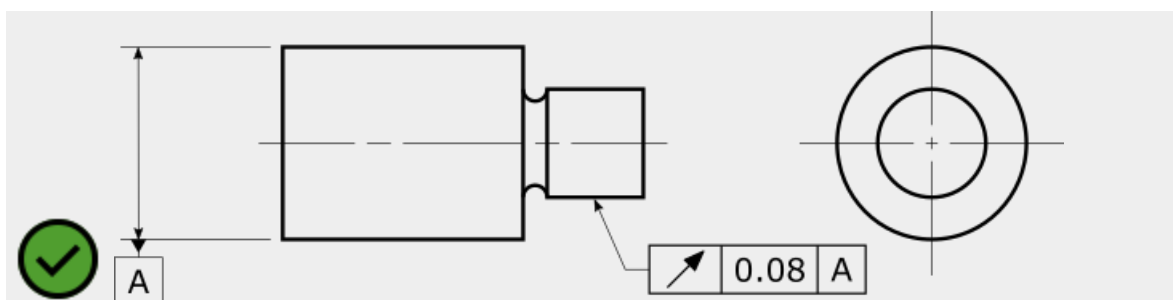


Valeur réelle :

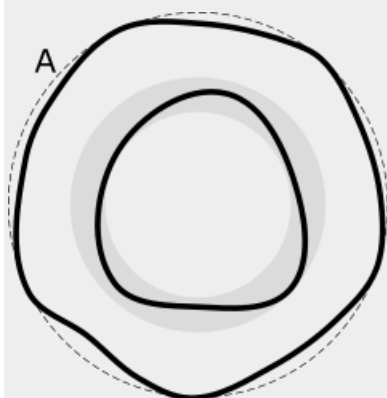
pour une coupe transversale, il s'agit de la distance minimum entre deux cercles. Ces cercles sont centrés et perpendiculaires par rapport à l'axe de référence. Ils contiennent la coupe transversale entière entre eux.

Pour un élément entier, il s'agit de la pire valeur réelle de toutes les coupes transversales.

Imaginez que vous avez cette spécification de battement circulaire :

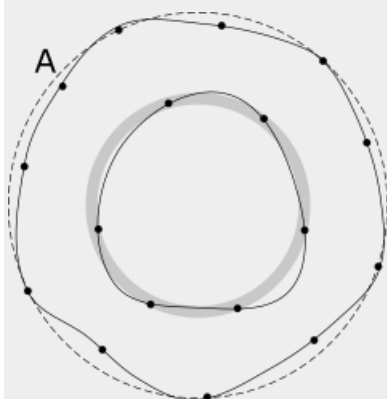


Avec la spécification ci-dessus, la valeur réelle pour l'une des coupes transversales ressemble à ce qui suit :



La surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, la référence réelle utilise la ligne à tirets, et la plus petite zone de tolérance renfermant la surface de la coupe transversale est visible dans la zone ombrée. La zone de tolérance est exactement coaxiale avec l'axe de la référence réelle. La valeur réelle pour l'élément entier est la pire valeur réelle de toutes les coupes transversales.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence DEFAULT) pour l'une des coupes transversales ressemble finalement à ce qui suit :



La zone de tolérance mesurée est exactement coaxiale avec l'axe de la référence mesuré. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle. La valeur mesurée pour l'élément entier est la pire valeur mesurée de toutes les coupes transversales.

Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser des éléments, circulaires, cylindriques, coniques ou plats qui ont des données de surface. Pour des détails sur les cercles, les cylindres, les cônes et les plans qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ». Ces éléments doivent être nominalement concentriques avec l'axes de référence.

Éléments circulaires

Cette tolérance géométrique interprète des éléments circulaires comme une seule coupe transversale.

Valeur mesurée :

il s'agit de la distance entre deux cercles. Le cercles renferment tous les points mesurés entre eux. Ces cercles sont centrés et perpendiculaires par rapport à l'axe de référence.

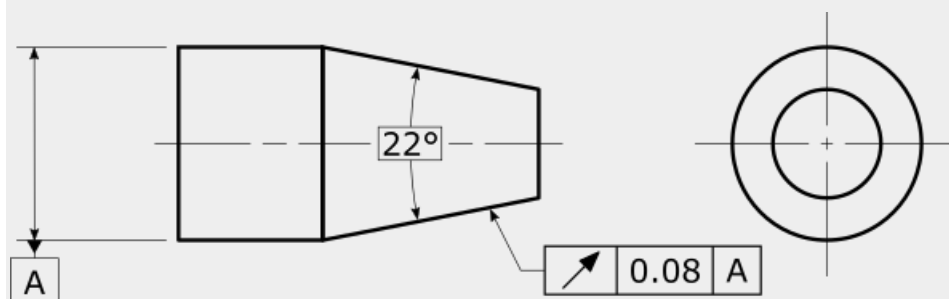
En général, les deux cercles sont coplanaires. La surface a donc un angle conique nul. Toutefois, l'option « angle de moitié de cône » dans la commande vous permet d'indiquer une surface conique. Dans ce cas, PC-DMIS crée un angle entre les deux cercles pour que la zone de tolérance soit perpendiculaire à la surface nominale. L'angle de moitié de cône représente l'angle de la surface nominale, pas la zone de tolérance.

- Pour les cercles externes, des angles positifs font que le vecteur de cercle pointe vers le sommet du cône, alors qu'avec des angles négatifs, le vecteur de cercle pointe dans la direction opposée au sommet du cône.
- Pour les cercles internes, des angles positifs font que le vecteur de cercle pointe dans la direction opposée au sommet du cône, alors qu'avec des angles négatifs, le vecteur de cercle pointe vers le sommet du cône.

Ces conventions internes et externes ont été choisies pour représenter les valeurs par défaut standard. Le plus souvent, les vecteurs de cercles externes pointent vers le sommet du cône—cas de l'angle positif. Aussi, en général, les vecteurs de cercles internes pointent dans la direction opposée au sommet du cône—cas de l'angle positif.



Imaginez que vous avez la spécification suivante et décidez de mesurer le cône comme une série de cercles (même s'il est conseillé de prendre un élément de cône) :



Dans ce cas, les cercles sont externes, ce qui signifie que si les points de vecteur pointent vers la droite (vers le sommet du cône), l'angle de moitié de cône doit être défini à $+11^\circ$. Si les points de vecteur du cercle pointent vers la gauche (à l'opposé du sommet du cône), l'angle de moitié de cône doit être défini à -11° .

Éléments cylindriques

Cette tolérance géométrique divise les données d'un élément cylindrique en plusieurs coupes transversales. La tolérance évalue le battement sur chaque coupe transversale. Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer le cylindre à l'aide de nombreuses coupes transversales.

Valeur mesurée :

à travers tout l'élément, il s'agit de la valeur mesure de la pire coupe transversale. Si vous n'avez pas mesuré les données mesurées dans des coupes transversales, PC-DMIS donne une erreur.

Éléments coniques

Cette tolérance géométrique divise les données d'un élément conique en plusieurs coupes transversales. La tolérance évalue le battement sur chaque coupe transversale. Elle oriente chaque zone de tolérance perpendiculaire à la surface nominale. Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe transversale, nous vous conseillons de mesurer le cône à l'aide de nombreuses coupes transversales.

Valeur mesurée :

à travers tout l'élément, il s'agit de la valeur mesure de la pire coupe transversale.

Si vous n'avez pas mesuré les données mesurées dans des coupes transversales, PC-DMIS donne une erreur.

Éléments plats

Cette tolérance géométrique divise les données d'un élément plat une ou plusieurs sections circulaires autour de l'axe de référence. La tolérance oriente chaque zone de tolérance perpendiculaire à la surface nominale. Pour optimiser vos chances de trouver la pire coupe circulaire, nous vous conseillons de mesurer le plan à l'aide de nombreuses coupes circulaires.

Valeur mesurée :

à travers tout l'élément, il s'agit de la valeur mesure de la pire section circulaire. Si vous n'avez pas mesuré les données mesurées dans des sections circulaires, PC-DMIS donne une erreur.

Règles de validité

Le cadre de référence doit définir un axe de référence précis.

Modificateurs autorisés

Aucun. Cette tolérance géométrique n'autorise pas les modificateurs.

Options exposées

Pour les éléments circulaires, l'option « angle de moitié de cône » permet au cercle de représenter une coupe transversale d'une surface conique au lieu d'une surface cylindrique. L'orientation de la zone de tolérance est alors ajustée. Les angles de moitié de cône positifs et négatifs sont logiques et vous pouvez contrôler si la direction d'ouverture du cône nominal est parallèle ou non au vecteur du cercle nominal.

Pour les cercles internes avec des angles de moitié de cône positifs, le vecteur de cercle pointe des petits diamètres de cône aux diamètres de cône plus grands. Les angles de moitié de cône négatifs donnent l'inverse. Cette convention a été choisie car elle fait des angles positifs le cas le plus fréquent pour la plupart des utilisateurs.



Pour les cercles externes avec des angles de moitié de cône positifs, le vecteur de cercle pointe des grands diamètres de cône aux diamètres de cône plus petits. Les angles de moitié de cône négatifs donnent l'inverse. Cette convention a été choisie car elle fait des angles positifs le cas le plus fréquent pour la plupart des utilisateurs.

Utilisation de tolérances géométriques

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Rapport

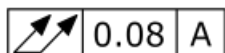
Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de battement circulaire d'un cylindre.

FCFRNOUT_ISO_4		MM	 0.01 A		LSQ	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CYL2	0.000	0.010		0.024	0.024	0.014 

Battement total

Introduction

Une spécification de battement total détermine dans quelle mesure l'élément peut dévier d'une forme parfaite centrée par rapport à un axe de référence.



Types d'éléments autorisés

Vous pouvez utiliser des éléments cylindriques, coniques ou plats qui ont des données de surface. Pour des détails sur les cylindres, les cônes et les plans qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ». Ils doivent être nominalement concentriques avec l'axe de référence.

Éléments cylindriques

Valeur réelle :

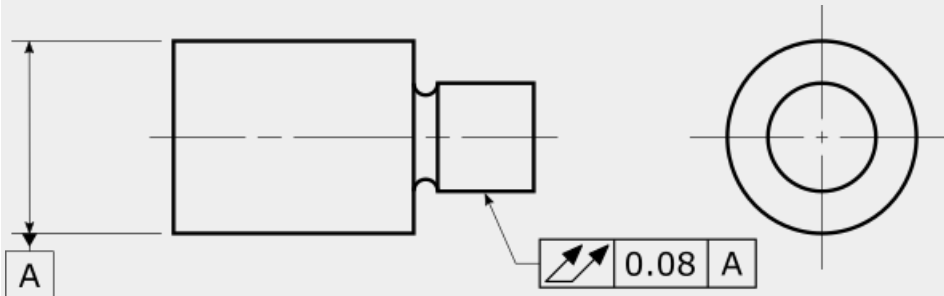
il s'agit de la distance minimum entre deux cylindres concentriques renfermant la surface réelle entre eux. Les cylindres sont concentriques avec l'axe de référence réel.

Valeur mesurée :

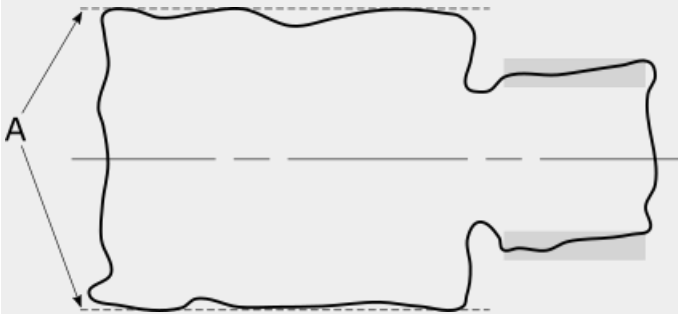
il s'agit de la distance minimum entre deux cylindres concentriques renfermant tous les points mesurés entre eux. Les cylindres sont concentriques avec l'axe de référence mesuré.



Imaginez que vous avez cette spécification de battement total :

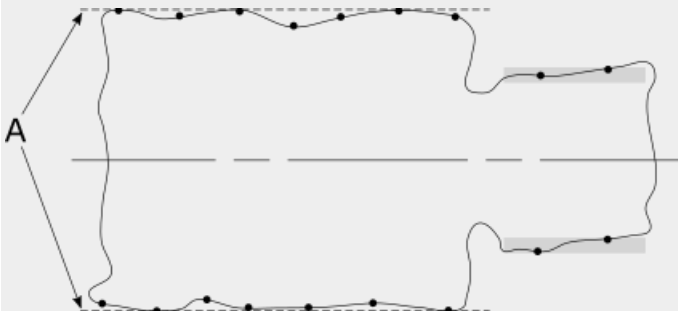


Avec la spécification ci-dessus, la valeur réelle ressemble à ce qui suit :



La surface réelle de la pièce utilise la ligne continue, la référence réelle utilise la ligne à tirets, et la plus petite zone de tolérance renfermant la surface de l'élément réel est visible dans la zone ombrée. La zone de tolérance est exactement coaxiale avec l'axe de la référence réelle.

La valeur mesurée (avec la valeur mathématique de référence **PAR DÉFAUT**) ressemble finalement à ce qui suit :



La zone de tolérance mesurée est exactement coaxiale avec l'axe de la référence mesuré. Dans ce cas, les points n'ayant pas été mesurés de façon assez dense, la valeur mesurée est inférieure à la valeur réelle.

Éléments coniques

Valeur réelle :

il s'agit de la distance minimum entre deux cônes concentriques renfermant toute la surface réelle entre eux. Les cônes sont concentriques avec l'axe de référence réel. Ils ont aussi le même angle comme surface de cône nominale.

Valeur mesurée :

il s'agit de la distance minimum entre deux cônes concentriques renfermant tous les points mesurés entre eux. Les cônes sont concentriques avec l'axe de référence mesuré. Ils ont aussi le même angle comme surface de cône nominale.

Éléments plats

Valeur réelle :

il s'agit de la distance minimum entre deux plans parallèles renfermant toute la surface réelle entre eux. Les plans sont perpendiculaires à l'axe de référence réel.

Valeur mesurée :

il s'agit de la distance minimum entre deux plans parallèles renfermant tous les points mesurés entre eux. Les plans sont perpendiculaires à l'axe de référence mesuré.

Règles de validité

Le cadre de référence doit définir un axe de référence précis.

Modificateurs autorisés


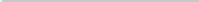
Aucun. Cette tolérance géométrique n'autorise pas les modificateurs.

Options exposées

Quand au moins un élément de référence a des données de surface, le type mathématique de référence détermine comment calculer les références mesurées à partir des données de surface des éléments de référence. Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».

Rapport

Ci-après un exemple de rapport pour une tolérance de battement total d'un cône.

FCFRNOUT_ISO_115		MM	 0.01 A-B			LSQ	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CON1	0.000	0.010		0.012	0.012	0.002	

Comment PC-DMIS résout et utilise des références

De nombreuses tolérances géométriques renvoient à une ou plusieurs références. Les références servent à aligner les surfaces réelles à la géométrie nominale pour que les tolérances de position, de perpendicularité, de battement et autres puissent être évaluées par rapport à ces références.

Tout d'abord, PC-DMIS effectue un best fit de toutes les surfaces de référence primaire par rapport à leurs simulateurs de référence respectifs.

Ensuite, PC-DMIS effectue un best fit des surfaces de référence secondaire par rapport à leurs simulateurs de référence, tout en conservant la relation (interaction) entre les surfaces de référence primaire et leurs simulateurs de référence.

PC-DMIS effectue par ailleurs un best fit des surfaces de référence tertiaire par rapport à leurs simulateurs de référence, tout en conservant la relation (interaction) entre les surfaces de référence primaire et secondaire et leurs simulateurs de référence.

Enfin, tous les éléments tolérancés sont optimisés dans leurs zones de tolérance, en conservant la relation (interaction) entre les surfaces de référence et leurs simulateurs.

Ce processus s'apparente à l'utilisation d'une page fonctionnelle :

La pièce est d'abord amenée au gabarit et la surface de référence primaire est alignée au simulateur de référence primaire du gabarit.

La surface de référence secondaire est ensuite alignée au simulateur de référence secondaire du gabarit, en laissant la surface de référence primaire alignée au simulateur de référence primaire du gabarit.

Ensuite, la surface de référence tertiaire est alignée au simulateur de référence tertiaire du gabarit, en laissant les surfaces de référence primaire et secondaire alignées.

Enfin, les éléments considérés sont évalués à l'aide de goupilles de gabarit ou équivalents.

Remarque terminologique : plusieurs expressions sont employées dans les standards GDT pour décrire le concept de simulateur de référence :

- ASME Y14.5 - 1994 et 2009 utilisent « simulateur de référence ».
- ASME Y14.5 - 2018 utilise « véritable contrepartie géométrique ».
- ISO 5459 utilise « élément de référence associé ».

Ces expressions sont assez équivalentes. Le présent document utilise l'expression « simulateur de référence » pour être concis.

Vous pouvez penser à un processus de cadre de référence de deux façons équivalentes.

Le point de vue du gabarit.

Comme décrit ci-dessus, la pièce peut être alignée à la géométrie nominale. La géométrie nominale (ou gabarit) est fixée et la pièce est alignée à elle.

Le point de vue de la pièce.

La pièce est fixée et la géométrie nominale (ou gabarit) est alignée à elle. Du point de vue de la pièce, PC-DMIS effectue un best fit des simulateurs de référence par rapport à la pièce. Vous pouvez appliquer ce point de vue pour décrire la façon dont les tolérances géométriques et les références sont résolues dans PC-DMIS.



Le reste de cette rubrique utilise le point de vue de la pièce pour décrire comment PC-DMIS résout les références.



Le standard mathématique ASME Y14.5.1 2019 a introduit la première définition mathématique pour les références. Avant, ASME Y14.5.1M 1994 utilisait le concept de « jeu de références candidates ». Le type mathématique DEFAULT de la commande de tolérance géométrique donne des références candidates valides. Le comportement de PC-DMIS décrit dans cette section est donc le même pour toutes les versions de ASME Y14.5 (1994, 2009 et 2018).

Comparaison avec la pratique antérieure

Avant PC-DMIS 2020 R2, avec la commande XactMeasure, les cadres de références étaient plutôt gérés comme un alignement PC-DMIS, avec un élément de niveau, un élément de rotation et un ou plusieurs éléments d'origine. Tous ces éléments sont sélectionnés dans les éléments de référence. À partir de la version 2020 R2, la commande de tolérance géométrique n'utilise pas de concepts d'alignement pour les cadres de références. À la place, elle utilise des concepts de gabarit pour les cadres de références. Ceci permet de prendre en charge plus de cadres de références inhabituels ne pouvant pas être représentés par la structure niveau-rotation-origine.

Degrés de liberté contraints par un cadre de référence

Une tolérance géométrique sans données de référence n'a pas de degrés de liberté contraints : les trois degrés de translation et les trois degrés d'orientation sont libres. Chaque référence suivante contraint plus de degrés de liberté. Après la résolution d'une référence, les translations et les rotations ne sont pas autorisées à altérer le simulateur de référence. Par exemple, après la résolution d'un plan de référence primaire, les références secondaire et tertiaire ne sont pas autorisées à déplacer le plan de référence primaire. Par conséquent, les translations dans le plan de référence primaire sont autorisées, tout comme les rotations dans ce même plan, mais toute rotation ou translation hors du plan n'est pas autorisée.

Ces contraintes sont mathématiquement définies en termes de classes d'invariance. Chaque classe d'invariance est définie ci-dessous, avec des exemples de références montrant la classe en question. Les exemples ne sont pas exhaustifs et bien d'autres n'ont répertoriés existent.

- **Invariance sphérique** : la classe d'invariance sphérique contraint trois degrés de liberté de translation et laisse non contraintes les 3 rotations autour d'un point central. Ceci inclut les éléments sphériques et les points 3D sans surface.
- **Invariance plane** : la classe d'invariance plane contraint la rotation autour des deux directions orthogonales à la normale à la surface, ainsi que la translation le long de la normale à la surface. Elle laisse non contraintes la rotation autour de la normale à la surface et la translation le long des deux directions orthogonales

à la normale à la surface. Ceci inclut des plans, des coupes transversales de plans (droites sur une surface) indiquées comme des références secondaires ou tertiaires, des échantillons de plans (points sur une surface) et tous les types de largeurs.

- **Invariance cylindrique** : la classe d'invariance cylindrique contraint la rotation autour des deux directions orthogonales au vecteur d'axe, ainsi que la translation le long des deux directions orthogonales au vecteur d'axe. Elle laisse non contraintes la rotation autour de l'axe et la translation le long de l'axe. Ceci inclut des cylindres, des cercles indiqués comme des références secondaires ou tertiaires, des axes sans surface et des surfaces coniques traitées comme axe seulement (voir les sous-rubriques sur les cônes ci-après).
- **Invariance rotationnelle** : la classe d'invariance rotationnelle contraint la rotation autour des deux directions orthogonales au vecteur d'axe et les trois degrés de liberté de translation. Elle laisse non contrainte la rotation autour de l'axe. Ceci inclut des cercles indiqués comme références primaires (voir « Coupes transversales de cylindre de référence » ci-dessous) et les modèles de deux sphères non concentriques.
- **Invariance prismatique** : la classe d'invariance prismatique contraint les trois degrés de liberté d'orientation et la translation le long des deux directions orthogonales au vecteur de translation. Elle laisse non contrainte la translation le long du vecteur de translation. Ceci inclut des coupes transversales de plan (droites sur une surface) indiquées comme des références primaires (voir « Coupes transversales de plan de référence » ci-dessous) et les modèles de cylindres non coaxiaux parallèles.
- **Invariance complexe** : la classe d'invariance complexe contraint tous les degrés de liberté. Ceci inclut les modèles de cylindres non parallèles et les modèles de trois sphères non coaxiales. Les cadres de références avec une invariance complexe sont souvent appelés cadres de références totalement contraints.

Quand il y a plusieurs références, la classe d'invariance de chacune d'elles doit être combinée afin qu'aucun simulateur de référence ne soit autorisé à se déplacer.



Exemple 1 : un plan de référence primaire combiné à un cercle de référence secondaire dans ce plan donne une classe d'invariance rotationnelle. Le plan de référence primaire contraint trois degrés de liberté, et le cercle de référence secondaire contraint deux autres degrés de liberté (translation dans le plan).

Exemple 2 : un plan de référence primaire, une droite de référence secondaire sur une surface et un point de référence tertiaire sur une surface donnent une classe d'invariance complexe. La référence primaire contraint trois degrés de liberté, ce qui donne une classe d'invariance plane. L'ajout d'une référence secondaire contraint deux autres degrés de liberté, ce qui donne une classe d'invariance prismatique. L'ajout d'une référence tertiaire contraint le reste des degrés de liberté de translation, ce qui donne une classe d'invariance complexe.

Exemple 3 : une sphère de référence primaire combinée à une sphère de référence secondaire (non concentrique par rapport à la primaire) a une classe d'invariance rotationnelle. La sphère de référence primaire contraint trois degrés de translation, et la sphère de référence secondaire contraint deux degrés de translation. La droite entre les deux sphères est l'axe de la classe d'invariance rotationnelle.

Comparaison avec la pratique antérieure

À partir de PC-DMIS 2020 R2, la commande de tolérance géométrique analyse le cadre de référence en termes de classes d'invariance. Ceci permet la bonne gestion de cadres de références inhabituels où les vecteurs ne sont pas perpendiculaires les uns aux autres. Par exemple, un plan de référence primaire avec un plan de référence secondaire à un angle de 30 degrés par rapport à la primaire a une classe d'invariance prismatique. Avant cette version, PC-DMIS ne prenait pas totalement en charge ces cadres de références peu fréquents.

Types mathématiques de références sous ASME Y14.5

Comme expliqué dans « Spécification et vérification » dans « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments », nous proposons plusieurs types mathématiques pour la calcul de références. PC-DMIS permet de calculer de deux façons un simulateur de référence mesurée ASME à l'aide de données de surface mesurées. Les deux types mathématiques de références suivants sont disponibles :

PAR DÉFAUT - Il fait un filtrage de vide (surfaces planes uniquement) et un best fit moindres carrés contraint. Cet algorithme est extrêmement similaire à la définition du simulateur et reste un bon choix quand l'incertitude de mesure de chaque point est nettement inférieure à l'erreur de forme de la surface.

LSQ - Il effectue un best fit moindres carrés complet sur les données de surface. Aucun filtrage de vide n'a lieu. Cet algorithme est mathématiquement différent de la définition de simulateur, mais reste un meilleur choix que **DEFAULT** quand l'incertitude de mesure de chaque point est nettement supérieure à l'erreur de forme de la surface et à l'erreur d'orientation de la surface pour des références de priorité plus élevée.

Entre les deux extrêmes, où l'incertitude de mesure de chaque point est au moins du même ordre de grandeur que l'erreur de forme et au plus que celui de l'erreur d'orientation, il peut être difficile de prédire le type mathématique qui donnera une approximation mesurée plus proche du simulateur de référence réelle. Le seul moyen de savoir quel type est le meilleur choix est de réaliser une étude approfondie :

Utilisez d'abord une collection de pièces fabriquées représentant la plage d'erreurs de fabrication à contrôler.

Ensuite, mesurez les pièces de façon dense, à l'aide de nombreuses coupes transversales. Employez un équipement de pointe avec une incertitude de mesure nettement moindre de chaque point que l'erreur de forme. Calculez les références avec le type mathématique **PAR DÉFAUT** décrit plus haut.

Pour finir, mesurez les pièces avec l'équipement et les stratégies de mesure appliquées en production.

Vous pouvez essayer les deux types mathématiques pour voir lequel est plus proche du résultat de haute précision.

Pour toutes les options mathématiques de référence nous vous conseillons de mesurer la surface de référence de façon dense pour une approximation optimale du simulateur de référence réelle par le simulateur de référence mesurée.

Types mathématiques de références sous ISO 1101

Comme expliqué dans la sous-rubrique « Spécification et vérification » dans « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments », nous proposons plusieurs types mathématiques pour la calcul de références. PC-DMIS permet de calculer de trois façons un simulateur de référence mesurée ISO à l'aide de données de surface mesurées. Les trois options mathématiques de références suivantes sont disponibles :

PAR DÉFAUT - Il fait un filtrage de vide (tous les types de surfaces) et un best fit min max contraint, inscrit maximum ou circonscrit minimum (en fonction du type d'élément, de si la surface est interne ou externe et du modificateur matériel). Cet algorithme est extrêmement similaire à la définition du simulateur et reste un bon choix quand l'incertitude de mesure de chaque point est nettement inférieure à l'erreur de forme de la surface.

LSQ - Il effectue un best fit moindres carrés complet sur les données de surface. Aucun filtrage de vide n'a lieu. Cet algorithme est mathématiquement différent de la définition de simulateur, mais reste un meilleur choix que **DEFAULT** quand l'incertitude de mesure de chaque point est nettement supérieure à l'erreur de forme de la surface et à l'erreur d'orientation de la surface pour des références de priorité plus élevée.

Entre les deux extrêmes, où l'incertitude de mesure de chaque point est au moins du même ordre de grandeur que l'erreur de forme et au plus que celui de l'erreur d'orientation, il peut être difficile de prédire le type mathématique qui donnera une approximation mesurée plus proche du simulateur de référence réelle. Le seul moyen de savoir quel type est le meilleur choix est de réaliser une étude approfondie :

Utilisez d'abord une collection de pièces fabriquées représentant la plage d'erreurs de fabrication à contrôler.

Ensuite, mesurez les pièces de façon dense, à l'aide de nombreuses coupes transversales. Employez un équipement de pointe avec une incertitude de mesure nettement moindre de chaque point que l'erreur de forme. Calculez les références avec le type mathématique **PAR DÉFAUT** décrit plus haut.

Pour finir, mesurez les pièces avec l'équipement et les stratégies de mesure appliquées en production.

Vous pouvez essayer les deux types mathématiques pour voir lequel est plus proche du résultat de haute précision.

CL2 - Il fait un filtrage de vide (tous les types de surfaces) et un best fit moindres carrés contraint. Comme l'option mathématique **PAR DÉFAUT** de référence, cette option requiert que l'incertitude de mesure de chaque point de surface soit nettement inférieure à l'erreur de forme de la surface. Cette option dévie de ISO 5459 - 2011, et les raisons peuvent être les suivantes :

- Stabilité : l'algorithme moindres carrés contraint donne un résultat plus stable que les best fits min max contraints, inscrits maximum ou circonscrits minimum.
- Comparaison à des méthodes d'inspection physique : l'algorithme moindres carrés contraint offre une approximation plus proche de la plaque d'une surface que le best fit min max contraint.
- Comparaison à un assemblage : l'algorithme moindres carrés contraint offre une approximation plus proche de l'état assemblé que le best fit min max contraint.
- Prise en charge de futurs standards : les dernières ébauches non publiées de ISO 5459 incluent des moindres carrés contraints par défaut, donc il en sera sans doute de même dans la prochaine édition de ISO 5459.

Pour toutes les options mathématiques de référence nous vous conseillons de mesurer la surface de référence de façon dense pour une approximation optimale du simulateur de référence réelle par le simulateur de référence mesurée.

Modificateurs de références

Les références peuvent plusieurs types de modificateurs. Les types les plus courants sont les modificateurs matériels **(M)** et **(L)**. Ces modificateurs sont décrits dans « Références avec un modificateur matériel ». Si vous cochez la case **Modificateurs avancés**, d'autres modificateurs deviennent disponibles, dont le modificateur de translation modifier pour ASME et le modificateur [DF] pour ISO.

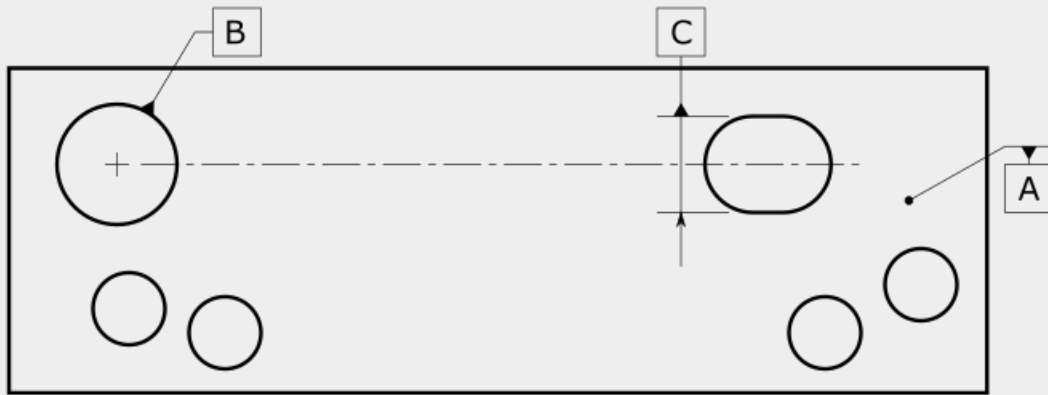
Modificateur [DF]

Le modificateur [DF] n'est pas normalisé. Ceci signifie qu'il ne figure dans une norme ISO publiée. Le modificateur a été introduit dans des ébauches non publiées d'ISO 5459. Dans ces ébauches, [DF] correspond à « Distance fixe ». L'idée est que l'emplacement de la référence est contraint par toute référence de priorité supérieure, remplaçant la distance variable par défaut. Même si ce modificateur n'est pas inclus dans la norme, nous le considérons nécessaire pour prendre en charge plusieurs exigences fonctionnelles ISO, notamment les cadres de référence plan-cercle-largeur (et les variations de largeur telles que logements et lignes médianes).

- Sans le modificateur, l'orientation du logement détermine totalement l'angle de rotation dans le plan. Ceci donne des résultats non stables et non fonctionnels (notamment quand le logement est court).
- Avec le modificateur en revanche, l'angle du cercle au logement détermine l'angle de rotation dans le plan. Il s'agit d'un essai fonctionnel.

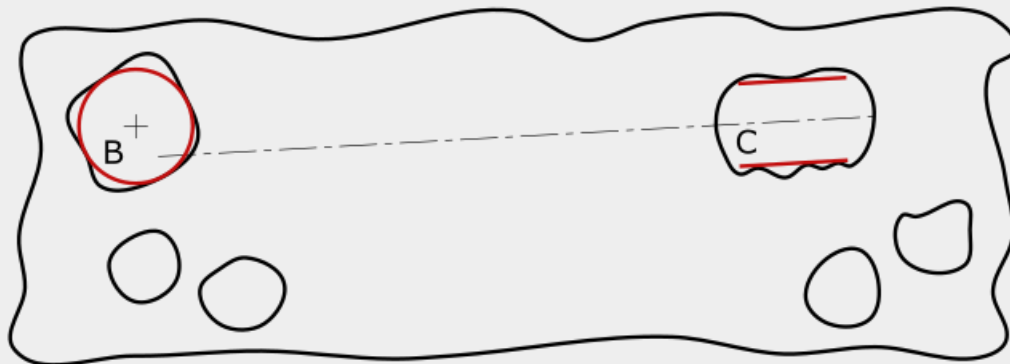


Imaginez que vous avez la spécification ISO suivante, où la référence principale est A, la secondaire est B et la tertiaire est C :



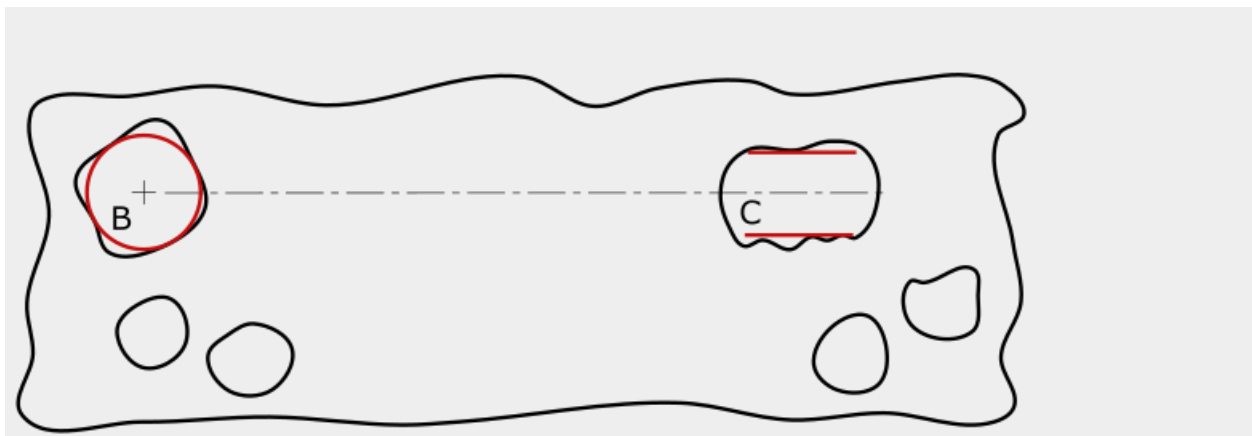
Sans modificateurs

La pièce réelle a évidemment des erreurs d'emplacement, d'orientation et de forme sur la surface réelle. Sans modificateur, le cadre de référence ressemble à l'image ci-dessous. L'angle de rotation dans le plan provient entièrement de l'orientation de la référence C. Ceci rend souvent instable l'angle de rotation dans le plan. La raison est que les petites variations en C entraînent des changements dans l'angle de rotation dans le plan :



Avec le modificateur [DF]

Pour ce cadre de référence, la référence C a normalement besoin d'un modificateur [DF]. Le modificateur contraint l'emplacement relatif des références. Cette contrainte rend la référence C coplanaire avec la référence B. Il s'agit d'un essai fonctionnel standard qui donne plus de stabilité au cadre de référence :



Plans de référence avec des données de surface soumis à ASME Y14.5

Pour les plans, le simulateur de plan de référence est défini par ASME Y14.5.1 - 2019. La surface réelle est filtrée pour supprimer les bosses et vides, puis un plan parfait est ajusté à la surface filtrée à l'aide de moindres carrés contraints. Ce fit rend le simulateur externe à la matière tout en maximisant le contact et la stabilité. Dans les cas où la surface risque de basculer, la définition des moindres carrés contraints donne une solution stabilisée.

Les simulateurs de plan de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. Les plans de référence secondaire et tertiaire ne sont pas restreints en termes d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. Par conséquent, un modificateur de translation sur un plan de référence revient au même que l'absence de simulateur de translation.

Quand des plans de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les plans qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Plans de référence avec des données de surface soumis à ISO 1101

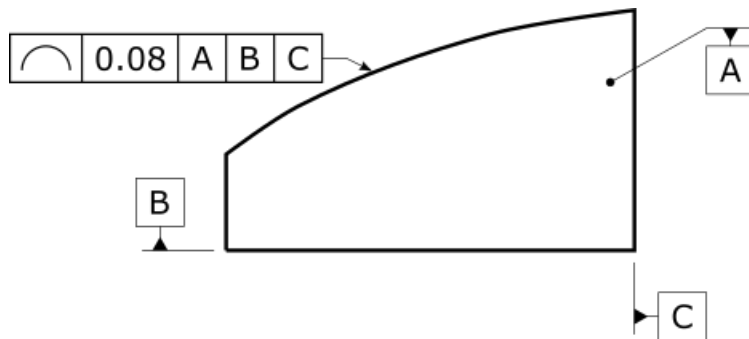
Pour les plans, le simulateur de plan de référence est défini par 5459 - 2011, avec l'expression « élément de référence associé ». La surface réelle est filtrée pour supprimer les bosses et vides, puis un plan parfait est ajusté à la surface filtrée à l'aide d'un best fit min max contraint. Ce fit rend le simulateur externe à la matière, avec les points inférieurs de la surface filtrée le plus près possible du simulateur de référence.

Les simulateurs de plan de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. Ils ne sont pas restreints en termes d'emplacement comparés à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, sauf si la référence possède un modificateur [DF]. Quand la référence a un modificateur [DF], les simulateurs sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée.

Quand des plans de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les plans qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

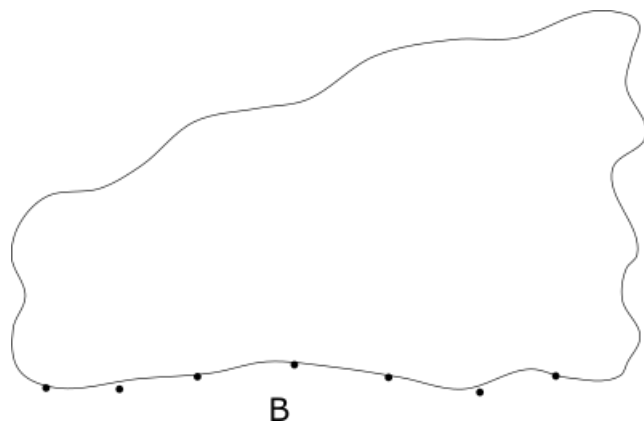
Illustrations de plans de référence : Filtrage, Best Fits et contraintes d'orientation

Imaginez comme exemple de processus de best fit que vous avez la spécification suivante :

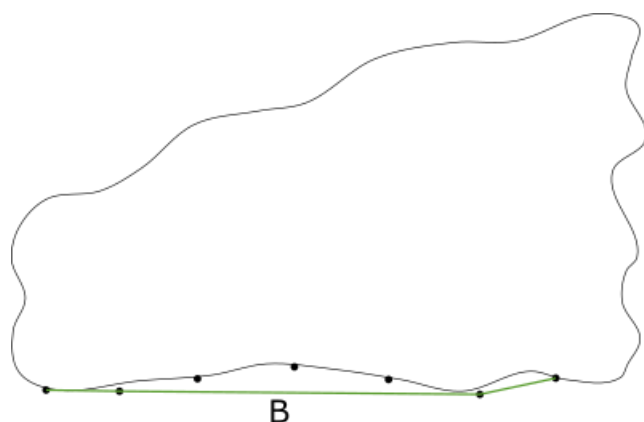


Il est plus facile d'illustrer le filtrage de vide et les best fits en 2D qu'en 3D : imaginez donc une référence B mesurée comme une droite au lieu d'un plan (même si nous vous conseillons de la mesurer comme un plan). Les points mesurés peuvent ressembler à ce qui suit :

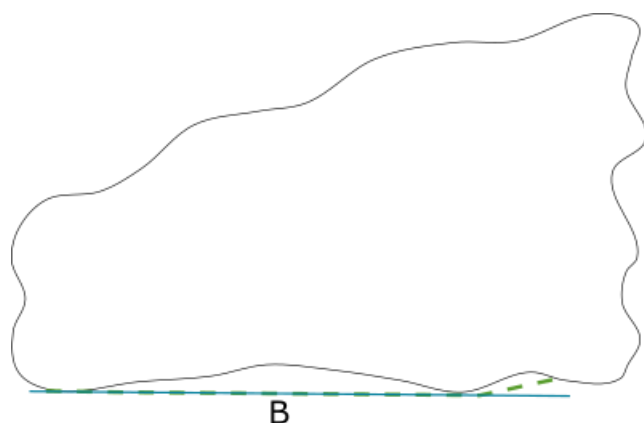
Utilisation de tolérances géométriques



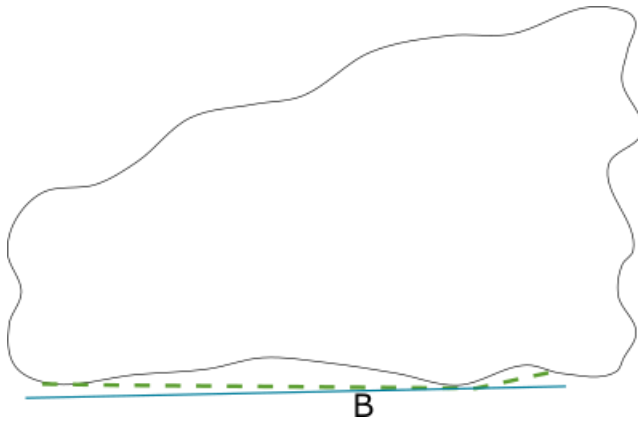
La surface filtrée pour les vides ressemble à ce qui suit en vert :



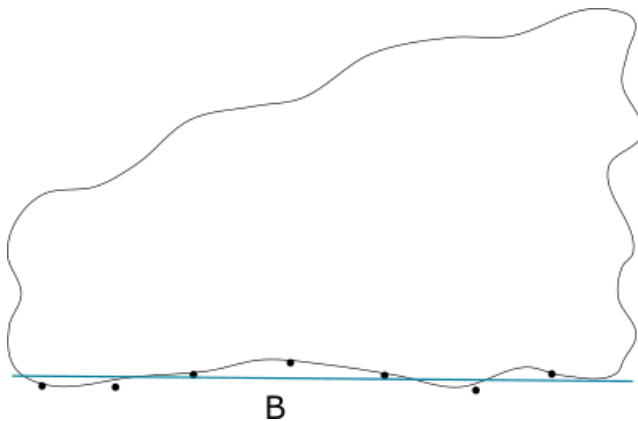
La droite moindres carrés contrainte ajustée (le résultat de l'option mathématique **PAR DÉFAUT** de référence pour ASME, ou l'option mathématique **CL2** de référence pour ISO) est ajustée à la surface filtrée et ressemble à ce qui suit en bleu :



En comparaison, la droite min max contrainte ajustée (le résultat de l'option mathématique **PAR DÉFAUT** de référence pour ISO) est ajustée à la surface filtrée et ressemble à ce qui suit en bleu :

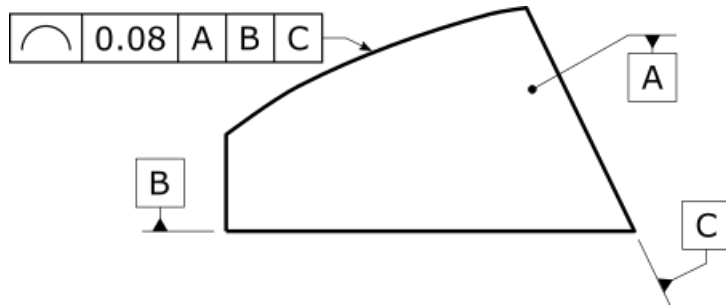


En parallèle, la droite moindres carrés non contrainte (le résultat de l'option mathématique **LSQ** de référence) est ajustée aux points mesurés d'origine et ressemble à ce qui suit en bleu :

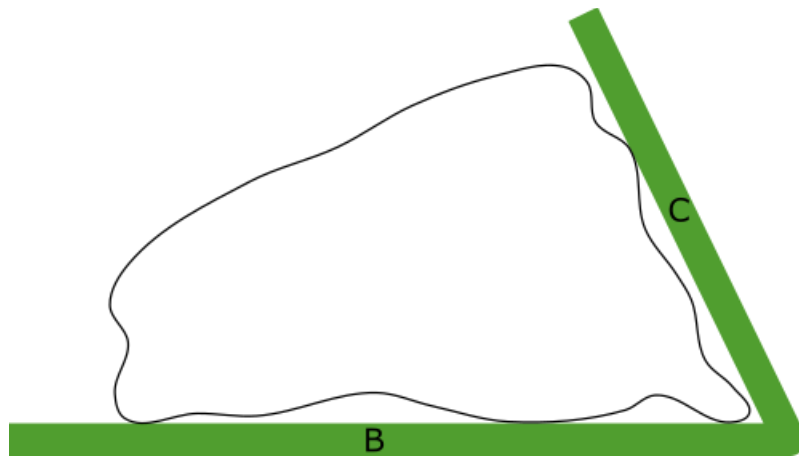


Dans ce cas particulier, l'option mathématique **PAR DÉFAUT** de référence est une meilleure approximation à la référence réelle que l'option mathématique **LSQ**. Toutefois, comme expliqué dans « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments », l'option mathématique **LSQ** de référence est une meilleure approximation à la référence réelle quand l'incertitude de mesure de chaque point mesuré est plus élevée. En parallèle, le type mathématique **CL2** sous ISO offre une meilleure approximation au comportement assemblé de la référence, mais une approximation moins bonne à la référence réelle (indiquée).

Imaginez comme exemple de contraintes d'orientation que vous avez la spécification suivante :



Les références réelles (indiquées) pour une pièce réaliste peuvent ressembler à ce qui suit :



Vous remarquez que le simulateur de référence C a l'angle nominal par rapport au simulateur de référence B. Notez aussi que le simulateur de référence C touche la surface à un seul point.

Plans de référence sans données de surface

Dans de rares applications, un plan de référence est défini sans surface. Tel est par exemple le cas d'un plan qui touche trois sphères. PC-DMIS prend en charge des applications de ce genre e autorisant des types d'éléments de référence qui n'ont pas de données de surface.

Quand un plan de référence primaire n'a pas de données de surface, la commande de tolérance géométrique utilise les valeurs mesurées du plan comme simulateur de référence.

Quand un plan de référence secondaire ou tertiaire n'a pas de données de surface, la commande de tolérance géométrique construit un plan mesuré aussi proche que possible du plan MEAS, tout en étant nominalelement orienté vers les simulateurs prioritaires. Comme expliqué plus haut, les plans de référence secondaires et tertiaires ASME et ISO se sont pas nominalelement situés à des références de priorité plus élevée (sauf s'il y a un modificateur [DF]).

Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des plans de référence sans données de surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés.

Pour des détails sur les plans sans données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Coupes transversales de plan de référence

Les éléments de droites de référence peuvent correspondre à une coupe transversale d'une surface plane (voir « Types d'éléments avec et sans données de surface ») ou à un axe sans surface. Cette sous-rubrique présente ici le cas de la coupe transversale. Celui de l'axe sans surface est expliqué dans « Cylindres de référence sans données de surface et axes sans surface ».

Sachant que ces types d'éléments de droites représentent une coupe transversale d'une surface plane, les sections ci-dessus sur les plans de référence s'appliquent ici. Par exemple, le simulateur de référence réelle est une surface plane entière. En revanche, le simulateur de référence mesurée est une coupe transversale d'une surface plane car seule une coupe transversale de la surface a été mesurée. Nous vous conseillons de ne pas utiliser d'éléments de droites représentant une coupe transversale de plan comme référence primaire. Vous devez uniquement utiliser ces éléments de droites comme références si les références de priorité supérieure ont déjà défini le plan de travail de la droite. Cependant, PC-DMIS autorise toujours l'utilisation de ces droites comme références primaires. Dans ce cas, PC-DMIS nivelle à la vue de la droite avant de considérer la droite de référence en soi :

La vue d'une droite mesurée ou best fit est son plan de travail.

La vue d'une droite automatique est son vecteur de surface nominal.

Sachant que les droites ne sont pas conseillées comme références primaires, PC-DMIS affiche un message d'avertissement, comme expliqué dans « Résolution des messages d'erreur et des avertissements ». Ceci peut sembler paradoxal, mais une droite de référence primaire sur une surface contraint cinq degrés de liberté (classe d'invariance prismatique), alors qu'un plan de référence primaire contient seulement trois degrés de liberté (classe d'invariance planaire). Par conséquent, si vous mesurez moins de données, vous contraignez plus de degrés de liberté. Vous demandez en effet à la vue de la droite de devenir une référence implicite avec une priorité supérieure à toutes les autres références dans votre cadre de contrôle d'élément.

Si vous utilisez une droite sur une surface comme référence primaire, l'avertissement ne peut pas être désactivé. La raison est que nous conseillons vivement de ne pas utiliser de droites de surface comme références primaires. PC-DMIS prend toutefois en

charge ce cas pour les applications héritées. Nous recommandons à la place de mesurer d'abord le plan de référence et de l'utiliser comme référence primaire. Mesurez ensuite un plan ou une droite comme référence secondaire.

La plupart des éléments de droites référencés sont sur une surface—they ont des données de surface. Alors qu'il est possible dans PC-DMIS de mesurer une droite sur une surface non plane, la commande de tolérance géométrique gère toujours les droites sur les surfaces comme provenant d'une surface plane. Sachant que le simulateur de référence mesurée n'est qu'une coupe transversale de la surface plane, les algorithmes mesurés (filtrage de vide et ajustement) sont tous en deux dimensions au lieu de trois.

Nous déconseillons d'utiliser des droites représentant des coupes transversales de surfaces planes pour les éléments de référence, sauf si vous savez déjà que l'erreur d'orientation est très petite entre les références de priorité plus élevée et la surface plane représentée par la droite. Nous vous recommandons à la place d'utiliser des éléments de plans pour représenter la surface plane secondaire ou tertiaire chaque fois que possible.

PC-DMIS gère mes droites de référence représentant une coupe transversale plane qui n'ont pas de données de surface, un peu comme les plans de référence qui n'ont pas de données de surface. La commande de tolérance géométrique construit une coupe transversale de plan mesuré aussi proche que possible de celle de plan MEAS, tout en étant nominale orientée vers les simulateurs prioritaires. Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des éléments de référence sans données de surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés.



La normale à la surface mesurée d'une droite est parallèle au produit vectoriel de son vecteur de droite et de son vecteur de plan de travail.

Pour des détails sur les droites qui représentent une coupe transversale de plan et qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Échantillons de plan de référence

La commande de tolérance géométrique traite la plupart des types de points comme un échantillon d'une surface plane. Alors qu'il est possible dans PC-DMIS de mesurer un point sur une surface non plane, la commande de tolérance géométrique gère toujours les points de référence sur une surface comme provenant d'une surface plane. Par

conséquent, les sections ci-dessus sur les plans de référence s'appliquent ici. Par exemple, le simulateur de référence réelle est une surface plane entière. En revanche, le simulateur de référence mesurée est un échantillon d'une surface plane. En effet, seul un échantillon de la surface a été mesuré. Dans ce cas n'a pas lieu de filtrage de vide. L'orientation de la surface plane doit être totalement contrainte par des références de priorité plus élevée (pas d'ajustement réalisé). Vous pouvez uniquement utiliser un échantillon d'une surface plane comme référence tertiaire.

Nous déconseillons d'utiliser des points sur une surface pour les éléments de référence, sauf si vous savez déjà que l'erreur d'orientation est très petite entre les références de priorité plus élevée et la surface plane représentée par le point. Nous vous recommandons à la place d'utiliser des éléments de plans pour représenter la surface plane tertiaire chaque fois que possible.

Pour des détails sur les points représentant un échantillon d'une surface plane, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Cylindres de référence avec des données de surface soumis à ASME Y14.5

Pour les cylindres, le simulateur de référence réelle est défini par ASME Y14.5.1 - 2019. Un cylindre parfait est ajusté à la surface réelle à l'aide de moindres carrés contraints.

Il n'y a pas de filtrage de vide. Ce fit rend le simulateur externe à la matière tout en maximisant le contact et la stabilité. Dans les cas où la surface risque de basculer, la définition des moindres carrés contraints donne une solution stabilisée.

Les simulateurs de cylindre de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. S'il existe un modificateur de translation, les cylindres de référence secondaire ou tertiaire ne sont pas restreints en termes d'emplacement comparés à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, mais ils restent contraints en termes d'orientation.

Quand des cylindres de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les cylindres qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Cylindres de référence avec des données de surface soumis à ISO 1101

Pour les cylindres, le simulateur de référence réelle est défini par 5459 - 2011, avec l'expression « élément de référence associé ». La surface réelle est filtrée pour

supprimer les bosses et vides, puis un cylindre parfait est ajusté à la surface filtrée à l'aide d'une formule best fit inscrit maximum (cylindres internes) ou circonscrits minimum (cylindres externes). Ce fit rend le simulateur externe à la matière et peut être considéré comme une enveloppe de forme parfaite.

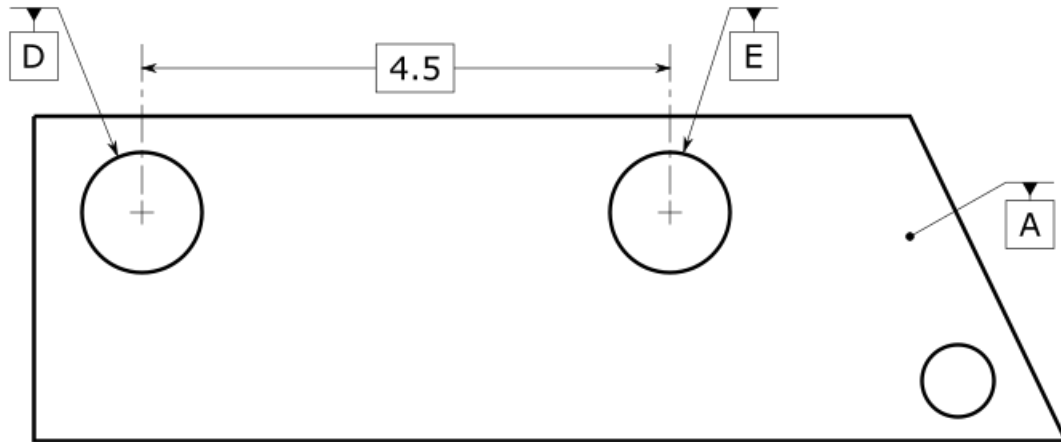
Malheureusement, les algorithmes inscrits et circonscrits sont connus pour leur instabilité, et PC-DMIS, avec le type mathématique **PAR DÉFAUT**, utilise un algorithme moindres carrés contraint pour inscrire ou circonscrire ce type d'élément de référence. L'algorithme moindres carrés contraint donne presque le même diamètre qu'une inscription ou circonscription pure, mais il est beaucoup plus stable. Par conséquent, les types mathématiques **PAR DÉFAUT** et **CL2** sont identiques pour ce type d'élément de référence.

Les simulateurs de cylindre de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. Ils ne sont pas restreints en termes d'emplacement comparés à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, sauf si la référence possède un modificateur [DF]. Quand la référence a un modificateur [DF], les simulateurs sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée.

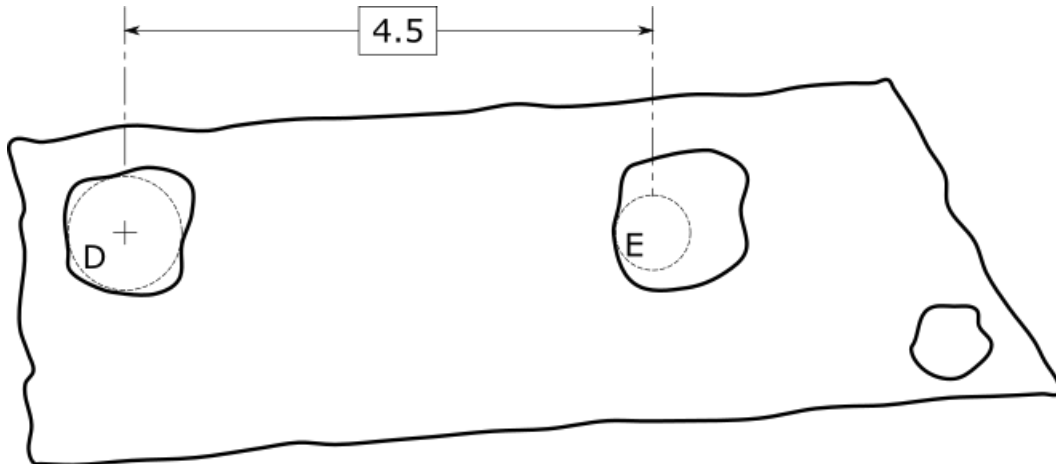
Quand des cylindres de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les cylindres qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Illustrations de cylindres de référence : contraintes d'emplacement et de non emplacement

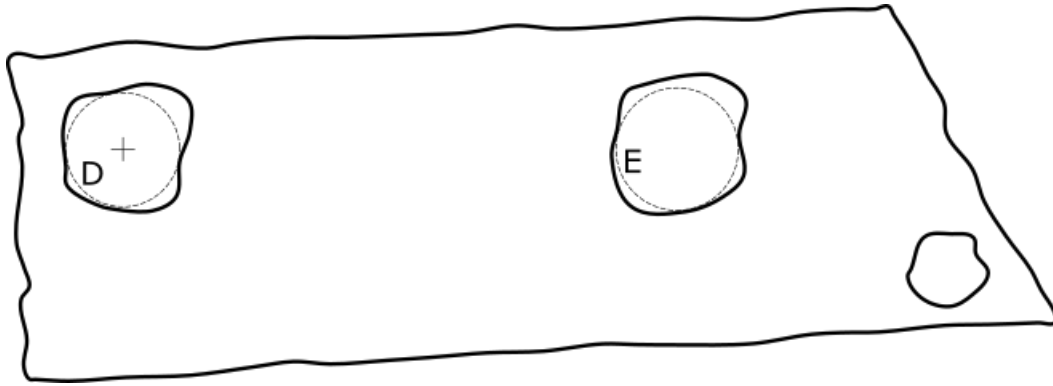
Un cadre de référence fréquent est le plan de référence primaire, suivi d'un cylindre de référence secondaire, puis d'un cylindre de référence tertiaire. Voici une illustration d'une spécification dans laquelle le plan de référence primaire est A, le cylindre de référence secondaire est D et le cylindre de référence tertiaire est E :



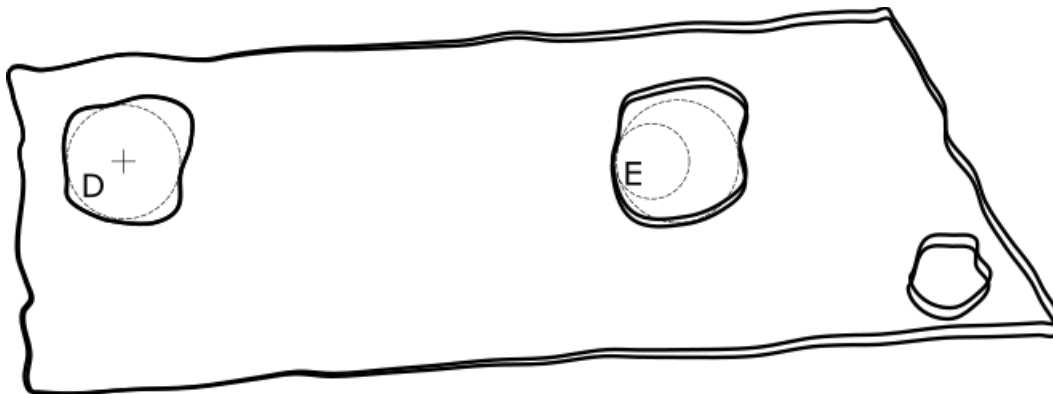
Sous ASME (ou sous ISO avec un modificateur [DF] sur la référence tertiaire), les références secondaire et tertiaire sont nominalement situées l'une par rapport à l'autre. Le résultat est le cadre de référence suivant :



Sous ISO (ou sous ASME avec un modificateur de translation sur la référence tertiaire), il n'existe pas de contraintes d'emplacement entre la référence secondaire D et la référence tertiaire E. Le résultat est le cadre de référence suivant, qui a une rotation différente :



La différence entre les deux cadres de références est facile à voir quand ils sont superposés :



Cylindres de référence sans données de surface et axes sans surface

Dans de rares applications, un cylindre ou axe de référence est défini sans surface. Par exemple, un cylindre de référence qui circonscrit trois goupilles. PC-DMIS prend en charge des applications de ce genre et autorisant des types d'éléments de référence qui n'ont pas de données de surface.

Quand un axe ou un cylindre de référence primaire n'a pas de données de surface, la commande de tolérance géométrique utilise les valeurs mesurées du cylindre ou de l'axe comme simulateur de référence.

Quand un axe ou un cylindre de référence secondaire ou tertiaire n'a pas de données de surface, la commande de tolérance géométrique construit un axe mesuré aussi proche que possible de l'axe MEAS, tout en étant nominalelement contraint aux simulateurs prioritaires.

- Pour les axes ou les cylindres de référence ASME sans données de surface et qui n'ont pas de modificateur de translation, et pour les axes ou

cylindres de référence ISO sans données de surface mais avec un modificateur [DF], le simulateur de référence est nominalelement situé et orienté vers les simulateurs de référence de priorité plus élevée.

- Pour les axes ou les cylindres de référence ASME sans données de surface mais qui ont un modificateur de translation, et pour les axes ou cylindres de référence ISO sans données de surface, le simulateur de référence est nominalelement orienté vers les simulateurs de référence de priorité plus élevée (sauf si un modificateur [DF] est présent).

Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des cylindres ou des axes de référence sans données de surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés.

Pour des détails sur les cylindres qui ont ou n'ont pas des données de surface, ainsi que sur les types d'éléments qui représentent des axes sans surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Coupes transversales de cylindre de référence

La commande de tolérance géométrique traite les cercles de référence comme une coupe transversale d'une surface cylindrique. Alors que PC-DMIS peut mesurer un cercle sur une surface non cylindrique, la commande de tolérance géométrique gère toujours les cercles de référence comme provenant d'une surface cylindrique (sauf exception expliquée dans « Battement circulaire »). Par conséquent, les sections ci-dessus sur les cylindres de référence s'appliquent ici. Par exemple, le simulateur de référence est une surface cylindrique entière. En revanche, le simulateur de référence mesurée est une coupe transversale d'une surface cylindrique. En effet, seule une coupe transversale de la surface a été mesurée. Par conséquent, les algorithmes mesurés (filtrage de vide et ajustement) sont tous en deux dimensions au lieu de trois (les données de surface sont filtrées pour les cercles de référence ISO, pas ceux ASME). Il est donc déconseillé d'utiliser un cercle comme référence primaire. Plus exactement, vous ne devez pas utiliser un cercle comme référence tant que des références de priorité plus élevée n'ont pas défini le vecteur de l'axe cylindrique.

PC-DMIS accepte toutefois les cercles comme références primaires, auquel cas il nivelle à la vue du cercle avant de considérer le cercle de référence en soi. La vue d'un cercle est son vecteur nominal. Sachant que les cercles ne sont pas conseillés comme références primaires, vous obtenez un avertissement, comme expliqué dans « Résolution des messages d'erreur et des avertissements ». Ceci peut sembler paradoxal, mais un cercle de référence primaire contraint cinq degrés de liberté (classe d'invariance de révolution), alors qu'un cylindre de référence primaire contient seulement quatre degrés de liberté (classe d'invariance cylindrique). Par conséquent, si vous mesurez moins de données, vous contraignez plus de degrés de liberté. Vous

demandez en effet à la vue du cercle de devenir une référence implicite avec une priorité supérieure à toutes les autres références dans votre cadre de contrôle d'élément.

Si vous utilisez un cercle comme référence primaire, l'avertissement ne peut pas être désactivé. La raison est que nous conseillons vivement de ne pas utiliser de cercles comme références primaires. PC-DMIS prend toutefois en charge ce cas pour les applications héritées. Nous recommandons à la place de mesurer d'abord le plan de référence et de l'utiliser comme référence primaire. Mesurez ensuite un cylindre ou un cercle comme référence secondaire.

Pour les raisons expliquées dans « Cylindres de référence avec des données de surface sous ISO 1101 », les cercles de référence dans la commande de tolérance géométrique renvoyant à ISO 1101 sont les mêmes pour les types mathématiques **PAR DÉFAUT** et **CL2**.

Nous déconseillons d'utiliser des cercles sur une surface pour les éléments de référence, sauf si vous savez déjà que l'erreur d'orientation est très petite entre les références de priorité plus élevée et la surface cylindrique représentée par un cercle. Nous vous recommandons à la place d'utiliser des éléments de cylindres pour représenter la surface cylindrique chaque fois que possible.

PC-DMIS gère les cercles de référence sans données de surface d'une façon assez similaire aux cylindres de référence sans données de surface. La commande de tolérance géométrique construit une coupe transversale de cylindre mesuré aussi proche que possible de celle de cylindre MEAS, tout en étant nominalement contrainte aux simulateurs prioritaires.

- Pour les cercles de référence ASME sans données de surface et qui n'ont pas de modificateur de translation, et pour les cercles de référence ISO sans données de surface mais avec un modificateur [DF], le simulateur de référence est nominalement situé et orienté vers les simulateurs de référence de priorité plus élevée.
- Pour les cercles de référence ASME sans données de surface mais qui ont un modificateur de translation, et pour les cercles de référence ISO sans données de surface et sans modificateur [DF], le simulateur de référence est nominalement situé et orienté vers les simulateurs de référence de priorité plus élevée.

Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des cercles de référence sans données de surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés.

Pour des détails sur les cercles avec et sans données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Largeurs de référence sous ASME Y14.5

Pour les largeurs, le simulateur de référence réelle est défini par ASME Y14.5.1 - 2019. Une largeur parfaite est ajustée à la surface réelle à l'aide de moindres carrés contraints.

Il n'y a pas de filtrage de vide. Ce fit rend le simulateur externe à la matière tout en maximisant le contact et la stabilité. Dans les cas où la surface risque de basculer, la définition des moindres carrés contraints donne une solution stabilisée.

Les simulateurs de largeur de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. S'il existe un modificateur de translation, les largeurs de référence secondaire ou tertiaire ne sont pas restreintes en termes d'emplacement comparées à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, mais elles restent contraintes en termes d'orientation.

Toutes les largeurs dans PC-DMIS ont des données de surface. PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie.

Lorsque possible, utilisez le type de largeur 3D. Il représente en effet la surface de largeur entière. Quand la largeur est trop superficielle pour être mesurée en 3D, vous pouvez utiliser une largeur 2D avec une référence secondaire ou tertiaire. Vous ne devez pas utiliser une largeur 2D comme référence tant que les références de priorité plus élevée n'ont pas défini le plan de travail de la largeur 2D. Les largeurs 2D comme références ont les mêmes avertissements que ceux décrits dans « Coupes transversales de plan de référence ».

Quand la largeur est trop petite pour même être utilisée comme largeur 2D, vous pouvez utiliser une largeur 1D avec une référence tertiaire. Les références de priorité plus élevée doivent avoir entièrement défini l'orientation de la surface de largeur 1D. Les largeurs 1D comme références ont les mêmes avertissements que ceux décrits dans « Exemples de plans de référence ».

Largeurs de référence sous ISO 1101

Pour les largeurs, le simulateur de référence réelle est défini par 5459 - 2011, avec l'expression « élément de référence associé ». La surface réelle est filtrée pour supprimer les bosses et vides, puis une largeur parfaite est ajustée à la surface filtrée à l'aide d'une formule best fit inscrit maximum (largeurs internes) ou circonscrits minimum

(largeurs externes). Ce fit rend le simulateur externe à la matière et peut être considéré comme une enveloppe de forme parfaite.

Malheureusement, les algorithmes inscrits et circonscrits sont connus pour leur instabilité, et PC-DMIS, avec le type mathématique **PAR DÉFAUT**, utilise un algorithme moindres carrés contraint pour inscrire ou circonscrire ce type d'élément de référence. L'algorithme moindres carrés contraint donne presque le même diamètre qu'une inscription ou circonscription pure, mais il est beaucoup plus stable. Par conséquent, les types mathématiques **PAR DÉFAUT** et **CL2** sont identiques pour ce type d'élément de référence.

Les simulateurs de largeur de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. Ils ne sont pas restreints en termes d'emplacement comparés à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, sauf si la référence possède un modificateur [DF]. Quand la référence a un modificateur [DF], les simulateurs sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée.

Toutes les largeurs dans PC-DMIS ont des données de surface. PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie.

Lorsque possible, utilisez le type de largeur 3D. Il représente en effet la surface de largeur entière. Quand la largeur est trop superficielle pour être mesurée en 3D, vous pouvez utiliser une largeur 2D avec une référence secondaire ou tertiaire. Vous ne devez pas utiliser une largeur 2D comme référence tant que les références de priorité plus élevée n'ont pas défini le plan de travail de la largeur 2D. Les largeurs 2D comme références ont les mêmes avertissements que ceux décrits dans « Coupes transversales de plan de référence ».

Quand la largeur est trop petite pour même être utilisée comme largeur 2D, vous pouvez utiliser une largeur 1D avec une référence tertiaire. Les références de priorité plus élevée doivent avoir entièrement défini l'orientation de la surface de largeur 1D. Les largeurs 1D comme références ont les mêmes avertissements que ceux décrits dans « Exemples de plans de référence ».

Logements et encoches de référence

Dans certains cas, il est logique d'utiliser une commande de logement ou d'encoche comme référence secondaire ou tertiaire. La commande de tolérance géométrique traite les logements et les encoches de référence comme des largeurs 2D sans données de surface. Alors que les commandes de logement et d'encoche ont généralement des données de surface, elles ne collectent pas assez de données de surface aux endroits appropriés pour utiliser ces données de surface dans un contexte de tolérance

géométrique. La commande de tolérance géométrique traite alors les logements et les encoches de référence comme des largeurs 2D sans données de surface.

Quand vous utilisez des logements et des encoches comme références sans aucun modificateur, PC-DMIS les traite comme une droite médiane : une coupe transversale de plan de référence qui n'a pas de données de surface. Quand vous les utilisez comme références avec un modificateur matériel \textcircled{M} ou \textcircled{L} , PC-DMIS les traite comme le serait une largeur 2D sans données de surface. Pour plus d'informations, voir « Références avec un modificateur matériel ».



Faites preuve de précaution avec les logements et les encoches de référence.

Vous devez uniquement les utiliser si vous savez déjà que la forme des éléments est satisfaisante. Si vous pensez que l'erreur de la forme fabriquée peut être importante, n'utilisez pas de commande de logement ou d'encoche. À la place, mesurez un scanning autour du périmètre de l'élément et calculez la tolérance de la forme, de l'orientation et de l'emplacement de l'élément à l'aide d'une tolérance de profil de droite.

Si vous devez indiquer l'élément comme une référence, au lieu d'un logement ou d'une encoche, utilisez une largeur 2D ou 3D (avec des données de surface).

Cônes de référence avec des données de surface soumis à ASME Y14.5

Pour les cônes, le simulateur de plan de référence n'est pas défini par ASME Y14.5.1 - 2019. Un cône parfait est ajusté à la surface réelle à l'aide de moindres carrés contraints.

Il n'y a pas de filtrage de vide. Ce fit rend le simulateur externe à la matière tout en maximisant le contact et la stabilité. Dans les cas où la surface risque de basculer, la définition des moindres carrés contraints donne une solution stabilisée.

ASME Y14.5 spécifie que les cônes de référence primaire contraignent cinq degrés de liberté : trois de translation et deux de rotation. Un seul degré de rotation est laissé (rotation autour de l'axe du cône). Malheureusement, ASME Y14.5 et Y14.5.1 sont ambigus sur la façon dont la translation le long de l'axe est contrainte (il y a plusieurs interprétations possibles, chacune donnant une translation contrainte distincte le long de l'axe). Par ailleurs, selon notre expérience, la plupart des dessins qui renvoient à des cônes de référence sont conçus pour utiliser uniquement l'axe du cône comme référence. Par conséquent, la commande de tolérance géométrique PC-DMIS traite

tous les cônes de référence comme des axes seulement. Ils contraignent donc au pire quatre degrés de liberté (aucun de translation le long du cône).

Sous ASME Y14.5, la commande de tolérance géométrique ajuste les cônes de référence de façon à ce que le diamètre central et l'angle de cône soient optimisés.

Les simulateurs de cône de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. S'il existe un modificateur de translation, les cônes de référence secondaire ou tertiaire ne sont pas restreints en termes d'emplacement comparés à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, mais ils restent contraints en termes d'orientation.

Quand des cônes de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les cônes qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Cônes de référence avec des données de surface soumis à ISO 1101

Pour les cônes, le simulateur de plan de référence est défini par ISO 5459 : 2011. Un cône parfait est ajusté à la surface réelle à l'aide d'un best fit min max contraint. La surface réelle est filtrée pour supprimer les bosses et vides, puis un cône parfait est ajusté à la surface filtrée à l'aide d'un best fit min max contraint. Ce fit rend le simulateur externe à la matière, avec les points inférieurs de la surface filtrée le plus près possible du simulateur de référence. ISO 5459 : 2011 spécifie que l'angle de cône est fixé selon la valeur nominale (non optimisé).

ISO 5459 spécifie que les cônes de référence primaire contraignent cinq degrés de liberté : trois de translation et deux de rotation. Un seul degré de rotation est laissé (rotation autour de l'axe du cône). Ceci donne malheureusement une translation instable le long de l'axe du cône. En effet, de petits changements dans le diamètre de cône réel entraînent souvent des changements importants dans la translation définie le long de l'axe du cône. Par ailleurs, selon notre expérience, la plupart des dessins renvoyant à des cônes de référence sont conçus pour utiliser uniquement l'axe du cône comme référence. Par conséquent, la commande de tolérance géométrique PC-DMIS traite tous les cônes de référence comme des axes seulement : ils contraignent au pire seulement quatre degrés de liberté (la translation le long du cône est libre). Ceci équivaut à la supposition de PC-DMIS que le modificateur [SL] est présent sur tous les cônes de référence (de façon implicite ou explicite).

Les simulateurs de cône de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation à des simulateurs de référence de priorité plus élevée. Ils ne sont pas restreints en termes d'emplacement comparés à des simulateurs

de référence de priorité plus élevée, sauf si la référence possède un modificateur [DF]. Quand la référence a un modificateur [DF], les simulateurs sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée.

Quand des cônes de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les cônes qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Cônes de référence sans données de surface

Quand un renvoi est fait à un cône sans données de surface en tant que référence, car les cônes sont traités comme axe seulement, le comportement est le même que celui décrit ci-dessus dans « Cylindres de référence sans données de surface et axes sans surface ». Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des cônes de référence sans données de surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés.

Pour des détails sur les cônes qui n'ont pas de données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Sphères de référence avec des données de surface soumises à ASME Y14.5

Pour les sphères, le simulateur de référence réelle est défini par ASME Y14.5.1 - 2019. Une sphère parfaite est ajustée à la surface réelle à l'aide de moindres carrés contraints.

Il n'y a pas de filtrage de vide. Ce fit rend le simulateur externe à la matière tout en maximisant le contact et la stabilité. Dans les cas où la surface risque de basculer, la définition des moindres carrés contraints donne une solution stabilisée.

Les simulateurs de sphère de référence secondaire et tertiaire sont nominalement contraints en termes d'orientation et d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, sauf si un modificateur de translation est présent. Les sphères n'ont en effet pas d'orientation et sont donc contraintes en ce sens à des références de priorité plus élevée.

Quand des sphères de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les sphères qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Sphères de référence avec des données de surface soumises à ISO 1101

Pour les sphères, le simulateur de référence réelle est défini par 5459 - 2011, avec l'expression « élément de référence associé ». La surface réelle est filtrée pour supprimer les bosses et vides, puis une sphère parfaite est ajustée à la surface filtrée à l'aide d'une formule best fit inscrit maximum (sphères internes) ou circonscrits minimum (sphères externes). Ce fit rend le simulateur externe à la matière et peut être considéré comme une enveloppe de forme parfaite.

Malheureusement, les algorithmes inscrits et circonscrits sont connus pour leur instabilité, et PC-DMIS, avec le type mathématique **PAR DÉFAUT**, utilise un algorithme moindres carrés contraint pour inscrire ou circoncrire ce type d'élément de référence. L'algorithme moindres carrés contraint donne presque le même diamètre qu'une inscription ou circonscripture pure, mais il est beaucoup plus stable. Par conséquent, les types mathématiques **PAR DÉFAUT** et **CL2** sont identiques pour ce type d'élément de référence.

Les sphères de référence secondaire et tertiaire ne sont pas restreintes en termes d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée, sauf si la référence a un modificateur [DF]. Les sphères n'ont en effet pas d'orientation et sont donc contraintes en ce sens à des références de priorité plus élevée. Quand la référence a un modificateur [DF], les simulateurs sont nominalement contraints en termes d'emplacement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée.

Quand des sphères de référence ont des données de surface, PC-DMIS calcule une approximation mesurée de la référence réelle à l'aide de ces données de surface et de l'option mathématique de référence choisie. Pour des détails sur les sphères qui ont des données de surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Sphères de référence sans données de surface et points 3D sans surface

Dans de rares applications, une sphère de référence ou un point 3D sont définis sans surface. Par exemple, une sphère de référence qui circonscrit trois sphères. PC-DMIS prend en charge des applications de ce genre et autorisant des types d'éléments de référence qui n'ont pas de données de surface.

Quand une sphère de référence primaire ou un point 3D sans surface n'ont pas de données de surface, la commande de tolérance géométrique utilise les valeurs mesurées de la sphère comme simulateur de référence.

Quand une sphère de référence secondaire ou tertiaire ou un point 3D sans surface n'ont pas de données de surface, la commande de tolérance géométrique

utilise les valeurs mesurées de la sphère comme simulateur de référence. Pour les sphères de référence ASME ou les points 3D sans surface qui n'ont pas de données de surface et sans modificateur de translation, et pour les sphères de référence ISO avec un modificateur [DF], un remplacement est effectué de façon à translater légèrement le barycentre et à assurer que le simulateur de référence se trouve nominalement à des simulateurs de référence de priorité plus élevée.

Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des sphères ou des points 3D sans surface de référence sans données de surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés.

Pour des détails sur les sphères qui ont ou n'ont pas des données de surface, ainsi que sur les types d'éléments qui représentent des points 3D sans surface, voir « Types d'éléments avec ou sans données de surface ».

Modèles de références

Les modèles de références consistent en des éléments de taille (cylindres, cercles, largeurs et sphères) qui ont la même taille nominale, la même tolérance de taille et sont tous internes ou tous externes. par exemple, A-B ou A-D-F. Les simulateurs de référence pour le modèle sont nominalement orientés et placés l'un par rapport à l'autre.

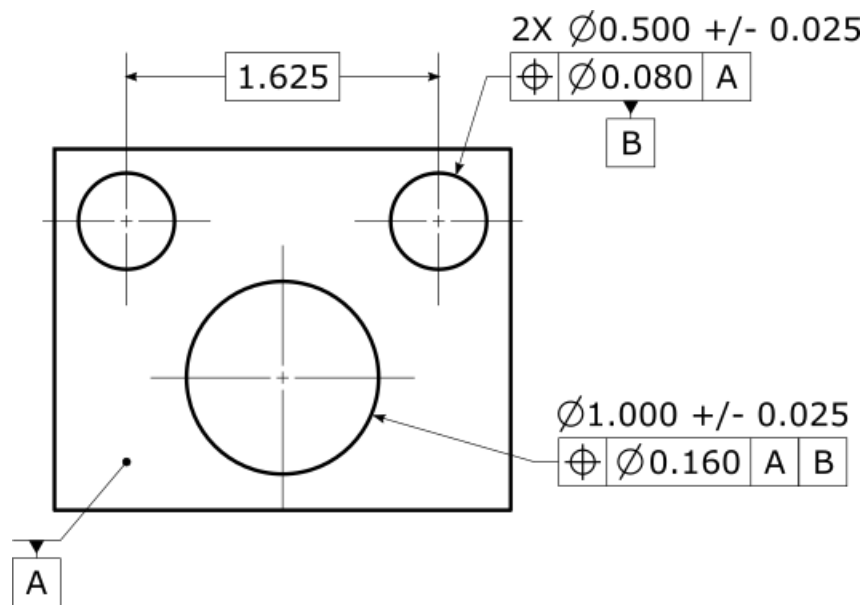
Sous ASME Y14.5, les tailles des simulateurs correspondent car les tailles nominales, les tolérances de taille et les options int et ext sont identiques. Le paragraphe 7.12.4 de ASME Y14.5 2018 indique en effet que les simulateurs doivent se développer et se réduire simultanément. L'ensemble de simulateurs de référence est défini par un fit moindres carrés contraint. Ce fit est appliqué simultanément aux surfaces des éléments, en conservant l'emplacement nominal et l'orientation entre chaque simulateur ainsi que la correspondance des tailles. Il n'y a pas de filtrage de vide.

ISO 5459 n'indique pas clairement si les simulateurs doivent avoir des tailles correspondantes ou indépendantes. Dans notre interprétation, les tailles sont indépendantes pour les simulateurs de référence ISO avec un modèle. Voir l'exemple après le paragraphe 6.2.3 de ISO 5459 : 2011, ainsi que la figure A.8 illustrant notre interprétation. L'ensemble de simulateurs de référence est défini par un fit min max contraint. Ce fit est appliqué simultanément aux surfaces filtrées pour les vides des éléments, en conservant l'emplacement nominal et l'orientation entre chaque simulateur, mais en autorisant les tailles à varier de façon indépendante.

Illustrations de modèles de références

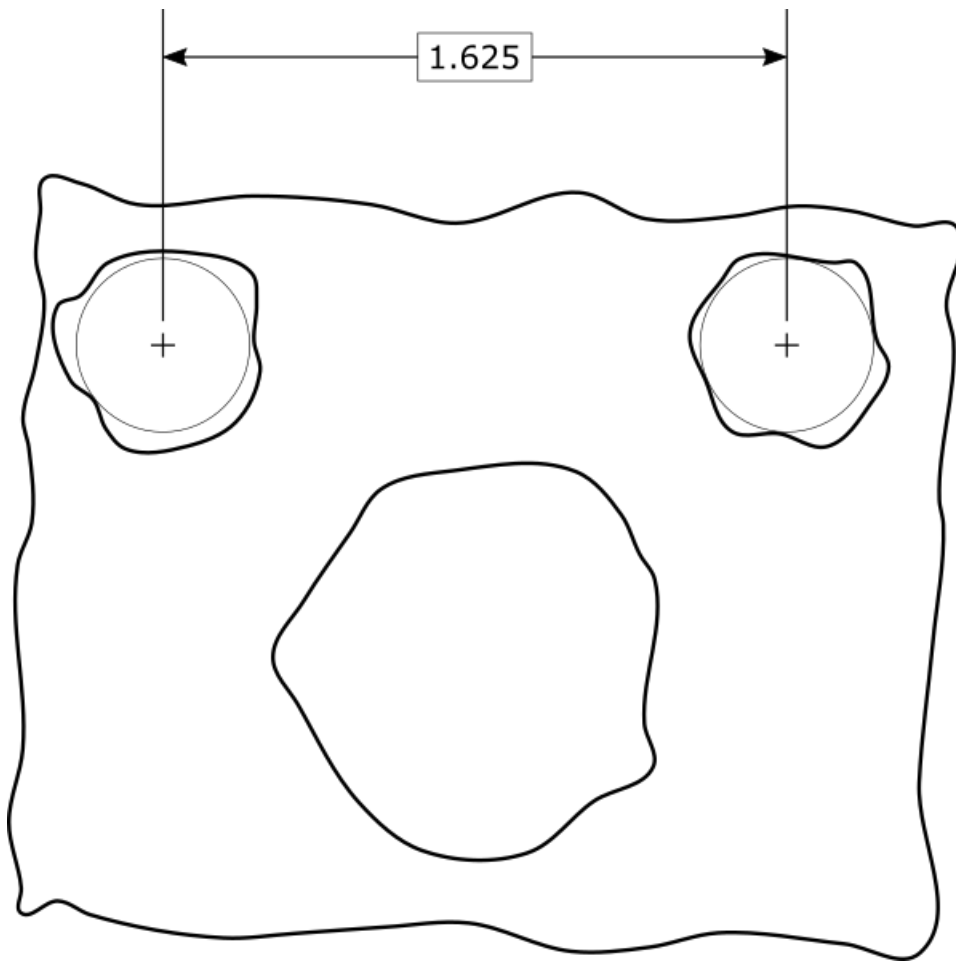
Imaginez que vous avez la spécification suivante :

Utilisation de tolérances géométriques



ASME

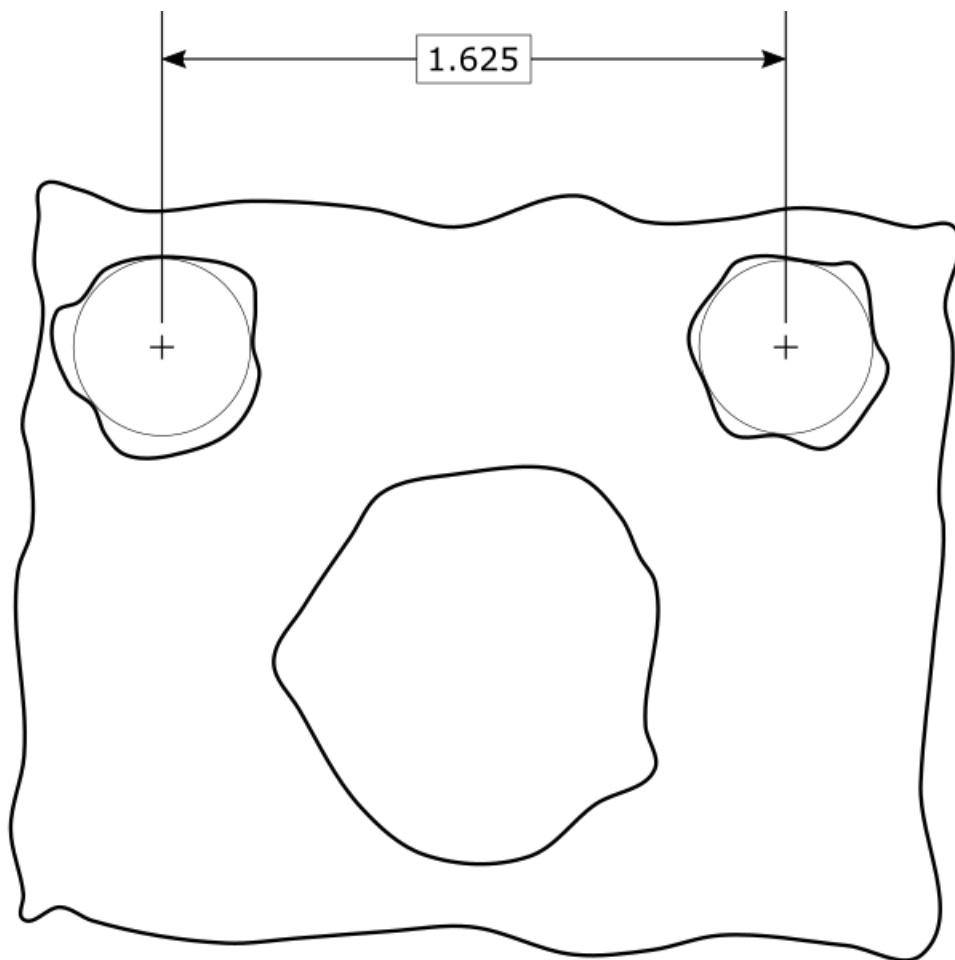
Selon la spécification ci-dessus, le cadre de référence réelle A | B sous ASME est totalement contraint et ressemble à ce qui suit :



Vous remarquez que les simulateurs de référence du modèle sont placés nominalement l'un par rapport à l'autre et ont la même taille.

ISO

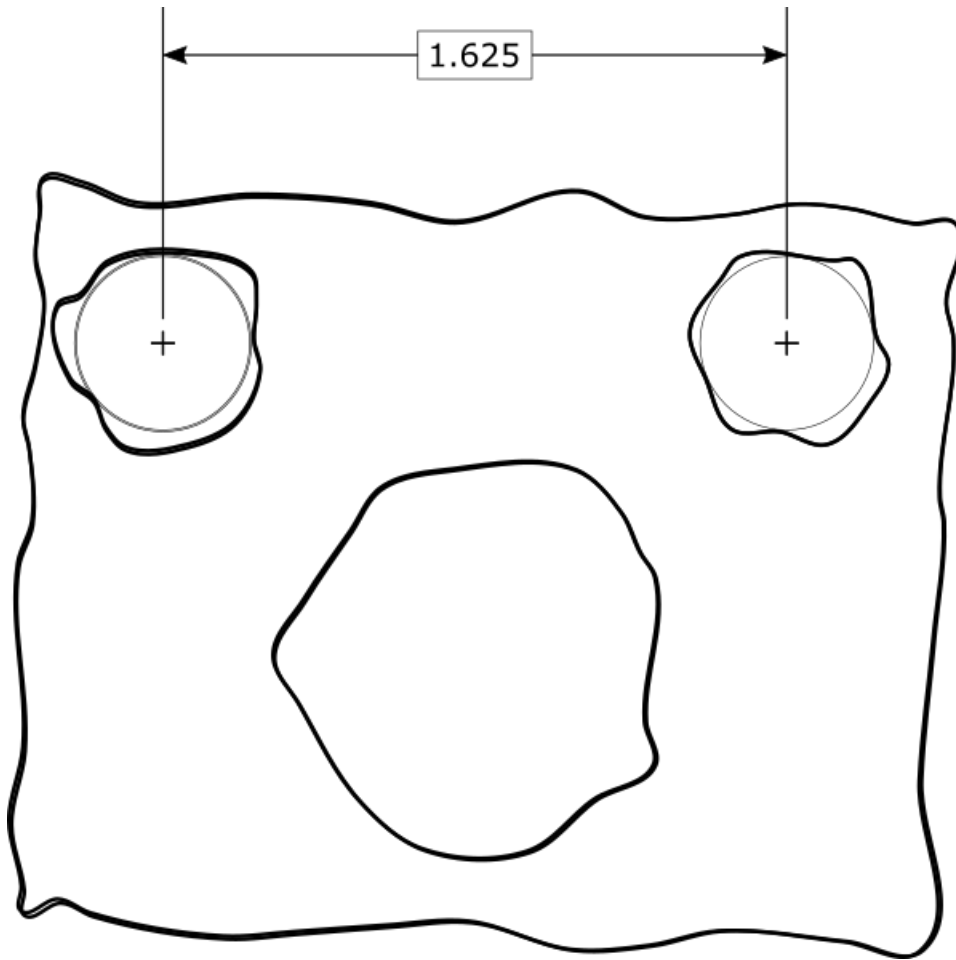
Selon la spécification ci-dessus, le cadre de référence réelle A | B sous ISO est aussi totalement contraint et ressemble à ce qui suit :



Vous remarquez que les simulateurs de référence du modèle sont placés nominalement l'un par rapport à l'autre mais n'ont pas la même taille. La rotation globale est différente entre ASME et ISO car les tailles des références diffèrent.

ASME et ISO superposés

Il est plus simple de voir la différence entre ASME et ISO quand les deux images sont superposées :



Références courantes : Cylindres coaxiaux

Une référence courante de plusieurs cylindres coaxiaux utilise un tiret dans la référence : par exemple, A-B ou A-D-F. En général, ces aspects varient d'un cylindre à l'autre : les tailles nominales, la tolérance de taille ou l'état int ou ext. par exemple, A-B ou A-D-F. Les simulateurs de référence pour le modèle sont nominalement orientés et placés l'un par rapport à l'autre. Les simulateurs sont par conséquent coaxiaux.

Sous ASME Y14.5, les tailles des simulateurs sont liées entre elles mais ne correspondent pas normalement. Le paragraphe 7.12.4 de ASME Y14.5 2018 indique que les simulateurs doivent se développer et se réduire simultanément de leurs MMB respectifs à leurs LMB. L'ensemble de simulateurs de référence est défini simultanément par un fit moindres carrés contraint des surfaces des éléments. Ces aspects sont conservés : l'emplacement nominal et l'orientation entre chaque simulateur, ainsi que les tailles liées par le développement ou la réduction simultanés du MMB au LMB. Il n'y a pas de filtrage de vide.



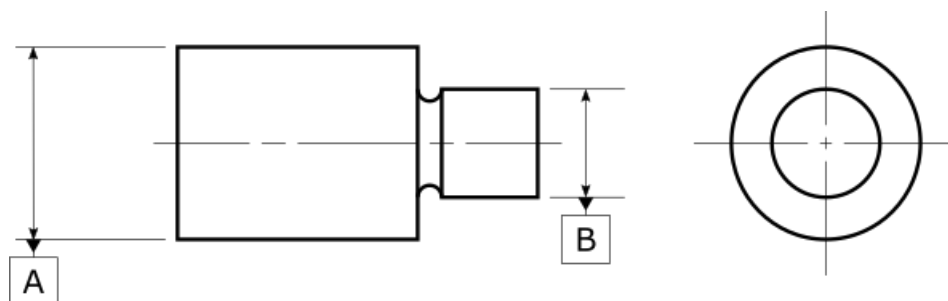
Pour que PC-DMIS développe ou réduise correctement et simultanément la taille des simulateurs, vous devez créer les tolérances de taille et les tolérances géométriques pour des références *avant* de permettre à ces tolérances géométriques de renvoyer à ces références. Dans la routine de mesure, les tolérances sur la référence doivent être avant les tolérances géométriques renvoyant à la référence.

Si vous modifiez ensuite une tolérance de taille sur une référence, vous devez vérifier que toutes les tolérances géométriques suivantes renvoyant à cette référence ont les informations de tolérance de taille correctes pour la référence.

ISO 5459 n'indique pas clairement si les simulateurs doivent avoir des tailles relatives ou indépendantes. Dans notre interprétation, les tailles sont indépendantes pour les simulateurs de référence ISO avec une référence courante. Voir l'exemple après le paragraphe 6.2.3 de ISO 5459 : 2011, ainsi que la figure A.8 illustrant notre interprétation. L'ensemble de simulateurs de référence est défini simultanément par un fit min max contraint aux surfaces filtrées pour les vides des éléments. Ce fit conserve l'emplacement nominal et l'orientation entre chaque simulateur, mais il permet aux tailles de varier de façon indépendante.

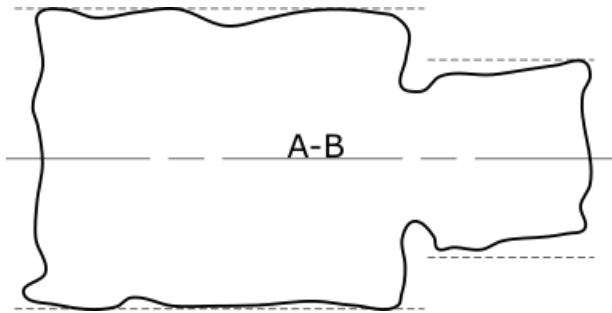
Illustrations des références coaxiales

Imaginez que vous avez la spécification suivante :



ASME

Dans ce cas, la référence courante A-B sous ASME ressemble à ce qui suit :



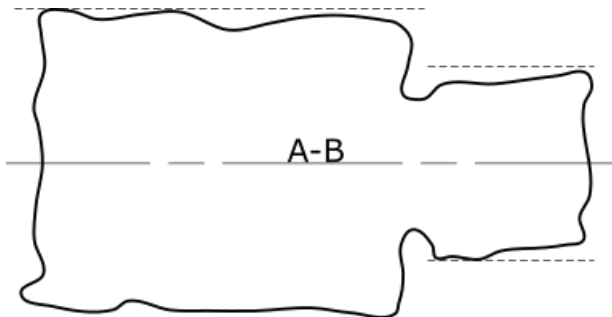
Vous remarquez que les simulateurs A et B sont exactement coaxiaux.

ISO

Avec la spécification ci-dessus, la référence courante A-B sous ISO serait différente pour deux raisons :

1. La moins importante est que celle ISO a des tailles indépendantes.
2. La plus importante est que l'association ISO pour les références courantes est par défaut min max contrainte. Ceci réduit la distance entre les points bas des surfaces de référence filtrées et les simulateurs.

La référence courante ISO ressemble à ce qui suit :



Références courantes : Plans parallèles décalés

Une référence courante de plans parallèles décalés utilise un tiret dans la référence : par exemple, A-B ou A-D-F. Les simulateurs de référence pour le modèle sont nominalement orientés et placés l'un par rapport à l'autre. Les simulateurs sont par conséquent parallèles et décalés de leurs distances nominales.

Sous ASME Y14.5, l'ensemble de simulateurs de référence est défini simultanément par un fit moindres carrés contraint aux surfaces filtrées pour les vides des éléments. Ce fit conserve l'emplacement nominal et l'orientation entre chaque simulateur.

Sous ISO 1101, l'ensemble de simulateurs de référence est défini simultanément par un fit min max contraint aux surfaces filtrées pour les vides des éléments, ce qui conserve l'emplacement nominal et l'orientation entre chaque simulateur.

Références avec un modificateur matériel

Les cylindres, cercles, sphères, largeurs, logements et encoches de référence peuvent avoir des modificateurs matériels **(M)** ou **(L)**. Avec un modificateur matériel, la commande de tolérance géométrique gère la référence de façon différente de celles qui n'en ont pas.

Sans modificateur matériel, la référence contraint totalement les degrés normaux de liberté.

Avec un modificateur matériel, la référence requiert simplement qu'une limite matérielle s'ajuste dans la surface de l'élément ou que cette surface s'ajuste dans une limite matérielle.

Le comportement s'apparente à un gabarit fonctionnel. Par exemple, dans un cas typique, le simulateur de référence physique sur le gabarit est une goupille et doit s'ajuster dans l'alésage sur la pièce réelle, mais il est autorisé à bouger dans l'alésage. Les degrés normaux de liberté ne sont donc pas totalement contraints.

La commande de tolérance géométrique estime l'interaction entre la limite et la surface mesurée. Elle le fait avec une approximation d'axe dans la zone. Une enveloppe de surface est d'abord calculée. L'axe de l'enveloppe de surface est ensuite contraint à être dans une zone de forme parfaite. La taille de l'enveloppe de surface et la limite matérielle déterminent la taille de la zone. La zone est nominalement orientée et située par rapport aux références de priorité plus élevée. La zone est comme le propre élément : sphérique pour un élément sphérique, diamétrale pour un élément cylindrique ou circulaire, et plane pour un élément de largeur, de logement ou d'encoche. Ici le concept « d'axe de l'enveloppe de surface » est employé de façon assez approximative :

Pour une sphère de référence, il s'agit d'un seul point.

Pour un cylindre de référence, il s'agit d'un axe.

Pour une largeur de référence, il s'agit du plan central.

Cette approximation d'axe dans la zone est normalement conservatrice, sauf si l'erreur d'orientation de l'enveloppe de forme parfaite est extrême. Il s'agit aussi en générale d'une excellente approximation, sauf si l'erreur de forme de la surface est extrême. La nature conservatrice de l'approximation signifie que même si l'erreur de forme de la surface est extrême, la commande de tolérance géométrique n'acceptera pas de pièces non conformes, tant que l'erreur d'orientation de l'enveloppe de forme parfaite n'est pas

extrême. PC-DMIS se sert de cette approximation pour deux raisons principales : (1) le temps de calcul est nettement plus rapide et (2) il ne requiert pas une surface de référence densément mesurée (même si nous conseillons toujours de mesurer densément les surfaces de référence).

Avec des données de surface, le type mathématique de référence est disponible. Pour le type **PAR DÉFAUT** (et celui **CL2** sous ISO), avec un modificateur au maximum de matière, PC-DMIS calcule l'enveloppe de la surface de façon externe à la matière. Il utilise un fit moindres carrés contraint (enveloppe de forme parfaite). Avec un modificateur au minimum de matière, l'enveloppe de la surface est interne à la matière, mais PC-DMIS utilise toujours un fit moindres carrés contraint (enveloppe au minimum de matière). Les références ISO avec l'option mathématique **PAR DÉFAUT** ou **CL2** filtre les vides de la surface avant le fit, alors que les références ASME ne le font pas. Pour le type mathématique **LSQ**, quel que soit le modificateur matériel, l'enveloppe de la surface utilise un fit moindres carrés non filtré.

Quand il n'y a pas de données de surface, l'élément mesuré est utilisé comme enveloppe de surface. Pour voir les listes de types d'éléments sans données de surface, voir la rubrique « Types d'éléments avec et sans données de surface ». Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des éléments de référence sans données de surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle. Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés.

»Les règles pour calculer la taille de la limite matérielle sont compliquées ; voir « Identification de la taille de la limite matérielle ». Une impression indique rarement une taille de limite matérielle. Quand elle est indiquée, elle remplace les règles calculant la taille de la limite matérielle. La commande de tolérance géométrique prend en charge ce qui suit : vous cliquez d'abord sur **Modificateurs avancés**, puis vous entrez une taille de limite matérielle.



Pour que PC-DMIS détermine correctement la taille de la limite matérielle, vous devez créer les tolérances de taille et les tolérances géométriques pour des références *avant* de permettre à ces tolérances géométriques de renvoyer à ces références. Dans la routine de mesure, les tolérances sur la référence doivent être avant les tolérances géométriques qui renvoient à la référence.

Si vous modifiez ensuite une tolérance de taille sur une référence, vous devez vérifier que toutes les tolérances géométriques suivantes renvoyant à cette référence ont les informations de tolérance de taille correctes pour la référence.

Quand PC-DMIS a calculé l'enveloppe de surface et la taille de la limite matérielle, la taille de la zone correspond à la différence entre la taille de l'enveloppe de surface et celle de la limite matérielle :

Pour les éléments internes avec un modificateur au maximum de matière et pour les éléments externes avec un modificateur au minimum de matière, il s'agit de la taille de l'enveloppe de surface moins la taille de la limite matérielle.

Pour les éléments externes avec un modificateur au maximum de matière et pour les éléments internes avec un modificateur au minimum de matière, il s'agit de la taille de la limite matérielle moins la taille de l'enveloppe de surface.

L'axe de l'enveloppe de surface de référence doit rester dans la zone pour toutes les références de priorité moindre et pour les calculs de zone de tolérance qui utilisent cette référence. L'axe n'est toutefois pas optimisé dans la zone. L'axe doit uniquement se trouver dans la zone.

Une taille de zone nulle ou négative implique que la référence déroge à sa tolérance de taille. Dans l'univers des gabarits fonctionnels, pour une situation similaire, la goupille du gabarit ne tiendrait pas dans son alésage de pièce réelle. Dans ce cas, la commande de tolérance géométrique ne manque pas la tolérance de position ou de profil car la référence est hors tolérance, mais elle laisse la tolérance de taille de la référence manquer la référence. Au lieu de manquer la tolérance de position ou de profil, la référence est réévaluée sans modificateur matériel.

Il arrive qu'une référence secondaire ou tertiaire avec un modificateur matériel ait une translation disponible. Ceci est toujours vrai sous ISO, et parfois le cas sous ASME quand un modificateur de translation est présent. Dans ce cas, la zone de tolérance est autorisée à se déplacer par rapport aux références de priorité plus élevée jusqu'à ce qu'elle contienne idéalement l'axe de l'enveloppe de surface. Après cela, sa position est fixée par rapport aux références de priorité plus élevée. L'orientation de la zone reste nominale par rapport aux références de priorité plus élevée.

L'extension de « l'axe de l'enveloppe de forme parfaite » est définie de la façon suivante :

Pour les sphères de référence, il s'agit du point central de l'enveloppe de surface.

Pour les cylindres de référence, l'axe de l'enveloppe de surface est extrapolé aux extrémités de la même façon que l'élément tolérancé est extrapolé. Pour des informations, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».

Pour les cercles de référence, il s'agit du point central de l'enveloppe de surface.

Pour des largeurs de référence, les points de surface mesurés sont projetés sur le plan central de l'enveloppe de surface, et l'axe de l'enveloppe de forme parfaite correspond au polygone convexe minimal contenant tous les points projetés.

Pour les logements de référence, la droite médiane mesurée est extrapolée à la longueur du logement.

Pour les encoches de référence, la droite médiane mesurée est extrapolée à la largeur de l'encoche.

Les modèles de références et les références courantes des cylindres coaxiaux sont également autorisés à avoir un modificateur matériel. Dans ce cas, chaque enveloppe de surface et chaque taille de zone sont calculées indépendamment. Ceci optimise la précision de l'approximation d'axe dans la zone. Les zones sont nominalement orientées et placées l'une par rapport à l'autre.

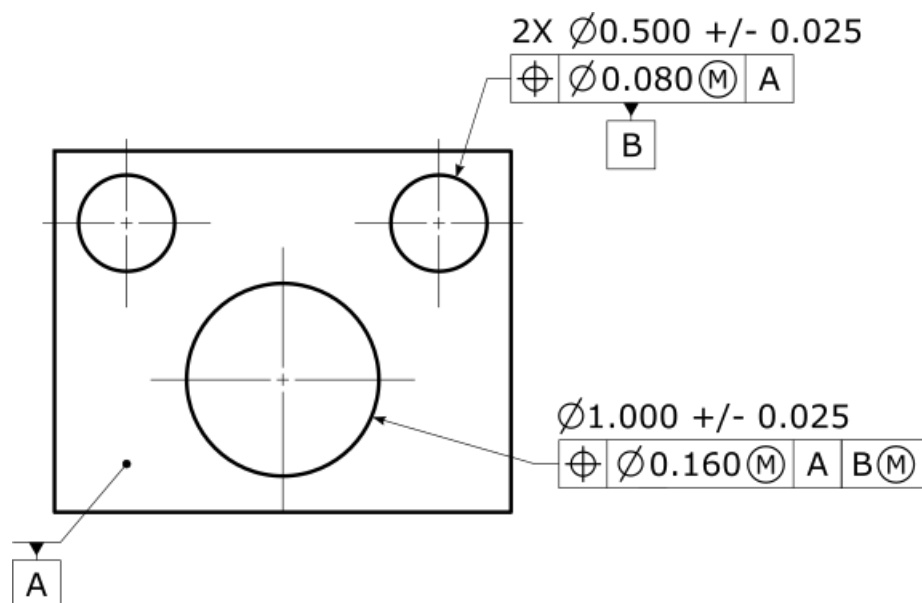
Quand une translation n'est pas disponible (ASME sans modificateur de translation), les zones sont nominalement orientées et placées par rapport aux références de priorité plus élevée.

Quand une translation est disponible (ASME avec un modificateur de translation ou ISO), les zones de tolérance peuvent traduire ensemble jusqu'à contenir idéalement les axes de l'enveloppe de surface. Toutefois, les zones restent nominalement orientées et placées l'une par rapport à l'autre, ainsi qu'orientées nominalement par rapport aux références de priorité plus élevée.

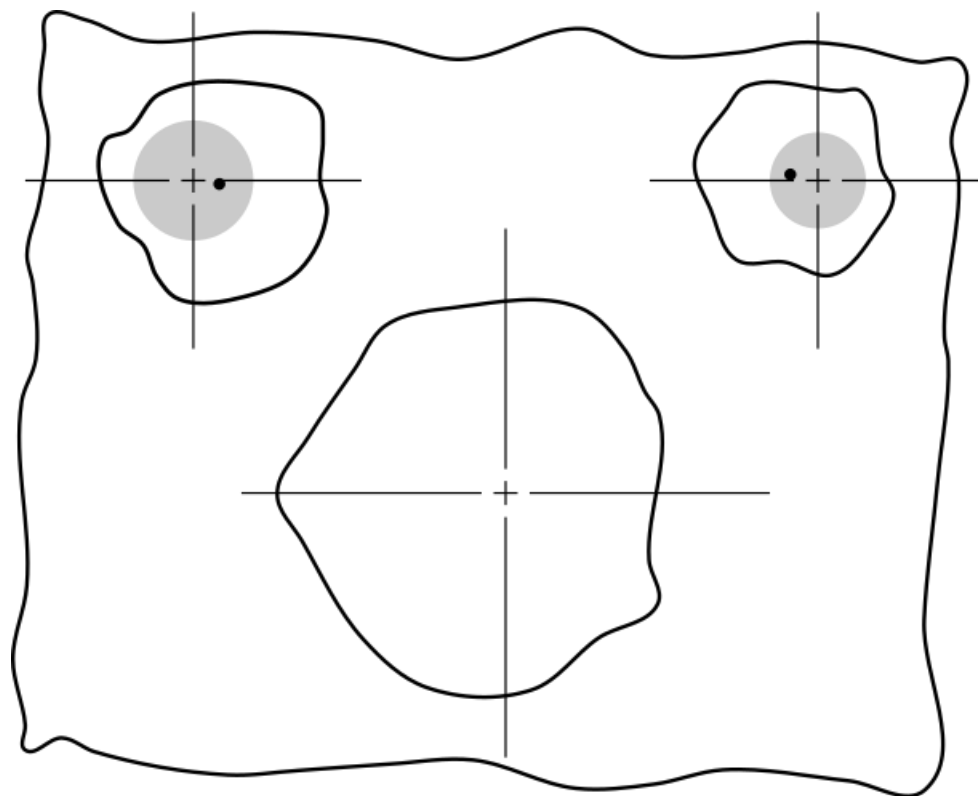
Illustrations des références avec un modificateur matériel

Imaginez que vous avez la spécification suivante, avec un modèle de référence secondaire référencé à MMB :

Utilisation de tolérances géométriques

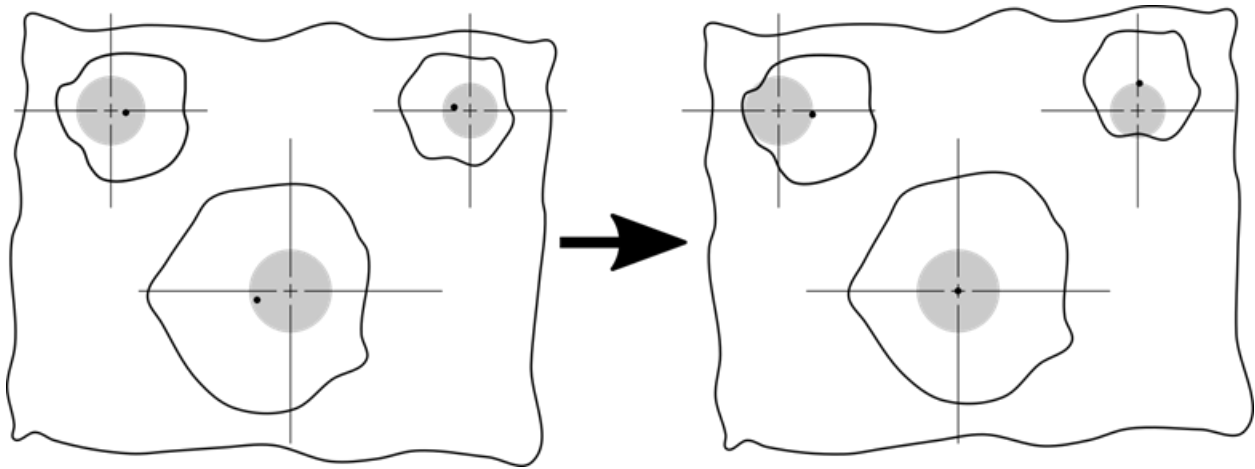


La résolution du cadre de référence peut donner cette illustration :



Les lignes continues représentent la surface réelle, les zones ombrées grises les zones de référence, et les petits points l'axe de référence qui doit se trouver dans la zone. La référence de gauche a une zone plus grande car l'alésage de la référence réelle de gauche est aussi plus grand. Les tailles des zones sont exagérées pour montrer comment les choses se produisent.

Sachant que les axes de référence sont autorisés à se déplacer dans les zones de référence (mais sans en sortir), la valeur réelle pour la tolérance de position ne peut pas être nulle. Voici une illustration de ce principe :

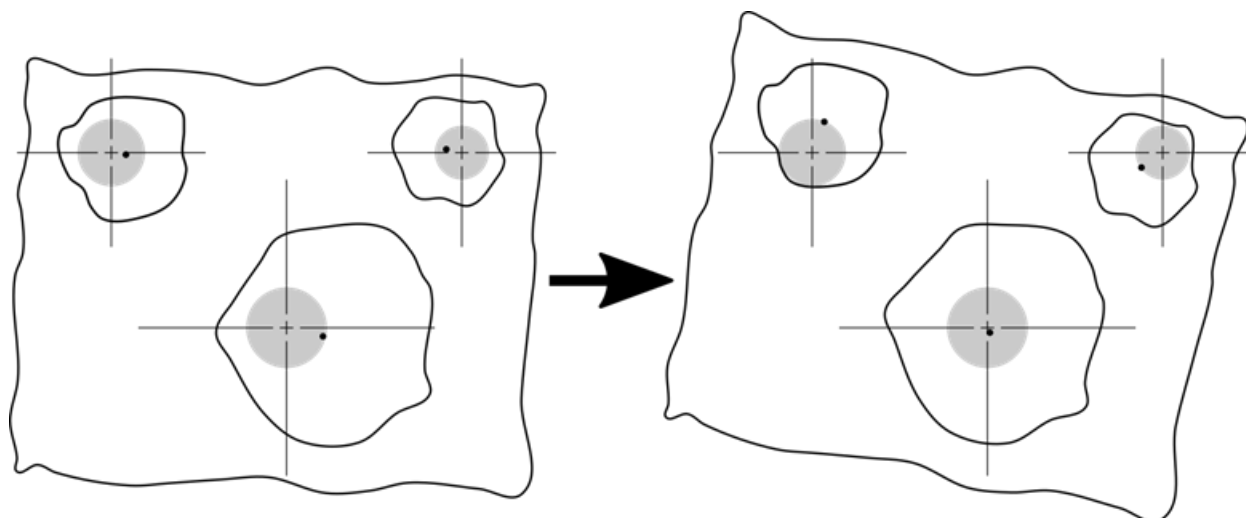


À gauche, avant optimisation, montrant l'axe et la zone de tolérance du grand alésage. À droite, après optimisation, avec l'axe du grand alésage optimiser à l'emplacement parfait (donnant une valeur réelle de zéro) alors que les axes de référence sont forcés de rester dans leur zone mais ne sont pas optimisés.



Les surfaces sont affichées pour une meilleure compréhension, mais ils ne contribuent pas l'optimisation. L'optimisation utilise uniquement les zones et les axes.

Toutefois, si le grand alésage a une erreur de position assez large, la valeur mesurée ne sera pas nulle. Ci-après une illustration de ce cas de figure :



La valeur réelle du grand alésage est optimisée pour être la plus petite possible, mais les références doivent rester dans leurs zones, et la valeur réelle n'est donc pas nulle.

Détermination de la taille de la limite matérielle

Quand vous renvoyez à une référence avec un modificateur de limite matérielle, la commande de tolérance géométrique doit calculer la taille de la limite matérielle, sauf si celle-ci est déjà spécifiée. La taille de la limite matérielle se base sur la tolérance de taille de l'élément de référence et les tolérances géométriques applicables.

Pour les références avec un modificateur au maximum de matière, vous commencez avec la taille de la condition au maximum de matière. Il s'agit de la limite supérieure de taille pour les éléments externes, et de la limite inférieure de taille pour les éléments internes. Vous ajustez ensuite la taille selon la tolérance géométrique applicable.

Pour les références avec un modificateur au minimum de matière, vous commencez avec la taille de la condition au minimum de matière. Il s'agit de la limite inférieure de taille pour les éléments externes, et de la limite supérieure de taille pour les éléments internes. Vous ajustez ensuite la taille selon la tolérance géométrique applicable.

Pour les limites matérielles contenant la surface de l'élément, la tolérance géométrique applicable augmente la taille de la limite matérielle. Ceci concerne les éléments externes avec un modificateur au maximum de matière et les éléments internes avec un modificateur au minimum de matière.

Pour les limites matérielles contenues par la surface de l'élément, la taille de la limite matérielle est réduite par la tolérance géométrique applicable. Ceci concerne les éléments internes avec un modificateur au maximum de matière et les éléments externes avec un modificateur au minimum de matière.

Règles pour déterminer la tolérance géométrique

Les règles déterminant la tolérance géométrique à appliquer, le cas échéant, sont compliquées. Elles sont décrites dans ISO 2692:2014 (section 4) et dans ASME Y14.5-2018 (section 7.9). Les règles PC-DMIS sont présentées ci-dessous. Pour ISO, les règles sont adaptées aux types de tolérances pris en charge par PC-DMIS.

Références primaires sous ISO 1101

Pour les références primaires avec ISO, nous ajustons la limite matérielle selon la tolérance de forme à la même condition matérielle, le cas échéant :

Si la référence primaire est un cylindre, nous utilisons la rectitude de l'axe à la même condition matérielle, le cas échéant.

Si la référence primaire est une sphère ou une largeur, nous ignorons la tolérance de forme et n'adaptions pas la limite matérielle.



Si la référence primaire est A \textcircled{M} , que le cylindre de référence A est une tige et qu'il a une rectitude d'axe à \textcircled{M} , la limite matérielle maximum est la taille maximum de la tige, plus la tolérance de rectitude de l'axe.

Références secondaires sous ISO 1101

Pour les références secondaires avec ISO, nous ajustons la limite matérielle selon la tolérance d'orientation ou d'emplacement à la même condition matérielle renvoyant à la même référence primaire, avec les mêmes modificateurs de référence et sans référence secondaire. Toutes les autres tolérances sont ignorées. S'il existe plusieurs tolérances de ce type, l'ajustement de la limite matérielle se sert de la tolérance la plus petite.

Références tertiaires sous ISO 1101

Pour les références tertiaires avec ISO, nous ajustons la limite matérielle selon la tolérance d'orientation ou d'emplacement à la même condition matérielle renvoyant à la même référence primaire, avec les mêmes modificateurs de référence et renvoyant à la même référence secondaire, avec les mêmes modificateurs de référence et sans référence tertiaire. Toutes les autres tolérances sont ignorées. S'il existe plusieurs tolérances de ce type, l'ajustement de la limite matérielle se sert de la tolérance la plus petite.

Références primaires sous ASME Y14.5

Pour les références primaires avec ASME, nous ajustons la limite matérielle selon la tolérance de forme de rectitude, le cas échéant : Nous n'adaptions pas la limite matérielle pour les sphères et les largeurs. Nous n'adaptions pas la limite matérielle pour les sphères et les largeurs.



Si la référence primaire est A , que le cylindre de référence A est une tige et qu'il a une rectitude d'axe, la limite matérielle maximum est la taille maximum de la tige, plus la tolérance de rectitude de l'axe.

Dans de rares cas, un modèle est utilisé comme référence primaire avec un modificateur de limite matérielle. Dans ces situations, nous recherchons d'abord une tolérance de position sur le modèle sans références. Si la tolérance de position existe, PC-DMIS ajuste la limite matérielle selon la valeur de tolérance de position. S'il n'existe aucune position, nous recherchons une tolérance de rectitude d'axe.

Références secondaires sous ASME Y14.5

Pour les références secondaires avec ASME, nous ajustons la limite matérielle selon la tolérance d'orientation ou de position sur la référence secondaire.

- Pour une référence unique, nous prenons la tolérance d'orientation de la référence à la référence primaire.
- En l'absence de tolérance d'orientation, nous utilisons la tolérance de position du modèle de référence à la référence primaire avec les mêmes modificateurs.
- Pour un modèle de référence, nous utilisons la tolérance de position du modèle de référence à la référence primaire avec les mêmes modificateurs.
- Pour une référence courante, nous utilisons les tolérances de position simultanées des éléments de référence courants à la référence primaire avec les mêmes modificateurs.
- Les seules tolérances géométriques considérées sont indiquées comme la même condition matérielle que la référence secondaire en question et n'ont pas de référence secondaire.

Références tertiaires sous ASME Y14.5

Pour les références tertiaires avec ASME, nous ajustons la limite matérielle selon une tolérance de position sur la référence tertiaire (pas d'orientation). La tolérance de position doit renvoyer aux mêmes références secondaires et tertiaires, avec les

mêmes modificateurs et sans référence tertiaire. La tolérance de position doit être à la même condition matérielle que la référence tertiaire en question. Si aucune tolérance de position du genre n'est trouvée, la limite matérielle n'est pas adaptée selon une tolérance géométrique. Pour une référence unique, la tolérance de position doit renvoyer à cet élément. Pour un modèle de référence, la tolérance de position doit renvoyer au modèle. Pour une référence courante, il doit y avoir une position simultanée des éléments de référence courants.

Messages de références de données

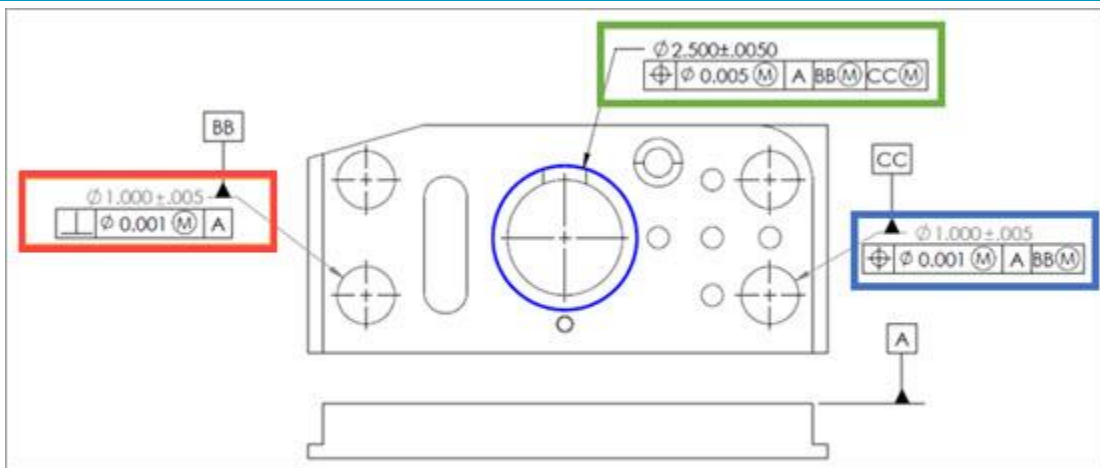
Quand vous référencez une donnée avec un modificateur, PC-DMIS affiche ce message dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** :

Les références à MMB/LMB doivent avoir été tolérancées à MMC/LMC à leurs références de priorité maximum. Si cette tolérance est introuvable, la valeur zéro sera appliquée à MMC/LMC.

Pour rappel, les commandes de tolérance géométrique applicables doivent avoir été créées avec un modificateur de condition matérielle. Si vous n'avez pas créé les tolérances géométriques applicables pour les données référencées avec un modificateur de condition matérielle, PC-DMIS utilise une tolérance géométrique de 0,0 MMC pour déterminer la valeur MMB/LMB (condition matérielle maximum/moins condition matérielle).

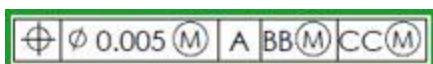


Ce message de rappel ne peut pas être désactivé.



Dans cet exemple, l'appel de position à évaluer est :

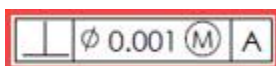
Utilisation de tolérances géométriques



Exemple de tolérance géométrique pour un élément de position

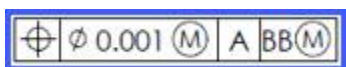
Outre le modificateur de l'élément, les données secondaires et tertiaires possèdent également des modificateurs.

Pour les règles de données secondaires, les données BB ont une tolérance géométrique applicable aux données A :



Exemple de tolérance géométrique pour des données BB

Pour les règles de données tertiaires, les données CC ont une tolérance géométrique applicable aux données A et BB :

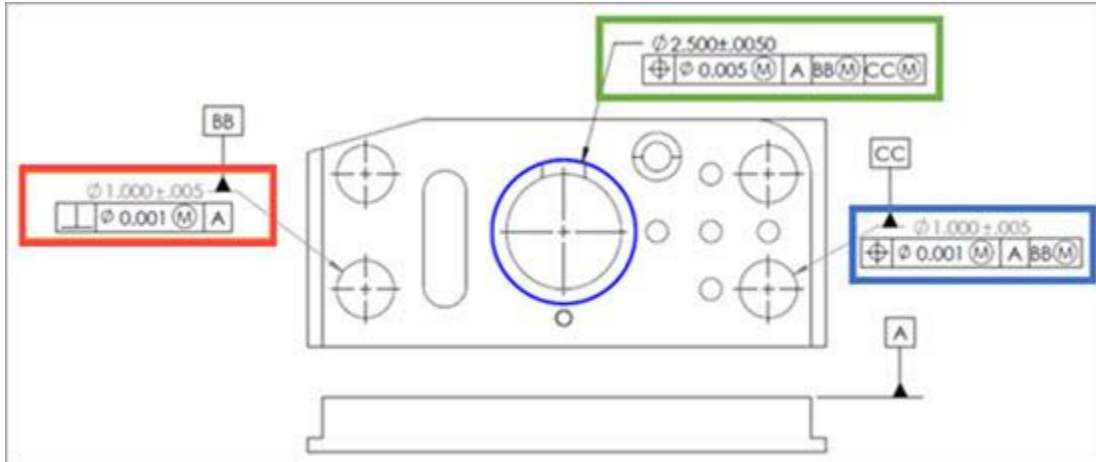


Exemple de tolérance géométrique pour des données CC

Vous devez **d'abord** ajouter la tolérance géométrique pour les données BB à la routine de mesure. Une fois cette tolérance géométrique ajoutée, vous pouvez l'ajouter pour les données CC.

Quand vous avez défini les tolérances géométriques pour ces données, vous pouvez les ajouter pour l'élément de position à la routine de mesure. PC-DMIS utilise les tolérances géométriques pour les données BB et CC (tolérances géométriques applicables) afin de déterminer le dégagement (modification des données).

Quand vous créez la tolérance géométrique pour l'élément de position ci-dessus pour l'exemple, PC-DMIS parcourt la routine de mesure pour localiser les tolérances géométriques applicables pour les données avec les modificateurs de condition matérielle. Si PC-DMIS n'en trouve pas, il utilise 0,0 @ MMC pour les données secondaires et tertiaires.



Quand PC-DMIS utilise 0,0 @ MMC, vous pouvez voir souvent que PC-DMIS applique une modification limitée des données. Si le dessin n'indique pas de tolérance géométrique applicable, il peut s'agir d'une erreur de conception ou de tracé.



Même si PC-DMIS applique des tolérances 0,0 @ MMC pour déterminer un calcul conservateur pour les modification des données, elles n'apparaissent pas dans les rapports PC-DMIS. Pour confirmer si les données respectent ces tolérances conservatrices, vous pouvez les ajouter à la routine de mesure.

Utilisation de modificateur sur des données et résultats de mesure obtenus

Quand vous utilisez des modificateurs sur des données, PC-DMIS évalue le dégagement disponible dans le cadre de référence à l'aide des tolérances applicables fournies sur les données. Dans ce cas, il résout à l'un de ces deux résultats possibles :

Résultat 1

Le cadre de référence est **conforme** aux tolérances et PC-DMIS détermine qu'un dégagement est disponible dans ce cadre de référence.

Dans ce cas, PC-DMIS optimise le fit du cadre de référence, applique la modification des données et fournit les résultats de mesure.

Résultat 2

Le cadre de référence n'est **pas** conforme aux tolérances et PC-DMIS détermine qu'**aucun dégagement n'est disponible** dans ce cadre de référence.

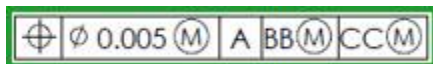
Si vous tentez d'utiliser un gabarit fonctionnel pour la pièce, **il ne sera pas adapté**. PC-DMIS a donc alors deux options pour la génération de rapports :

Option de rapport 1 : PC-DMIS peut générer un rapport avec un message d'erreur mais aucun résultat de mesure.

Option de rapport 2 : PC-DMIS peut générer un rapport avec une solution de mesure conservatrice sans modification des données.

PC-DMIS utilise l'option de rapport 2 et évalue la tolérance géométrique **sans** utiliser de modificateurs sur les données :

- PC-DMIS utilise la tolérance de position originale

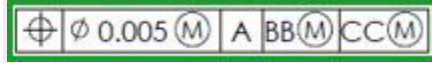


et l'évalue en supprimant les modificateurs des éléments de données. PC-DMIS termine ensuite l'évaluation finale comme suit :



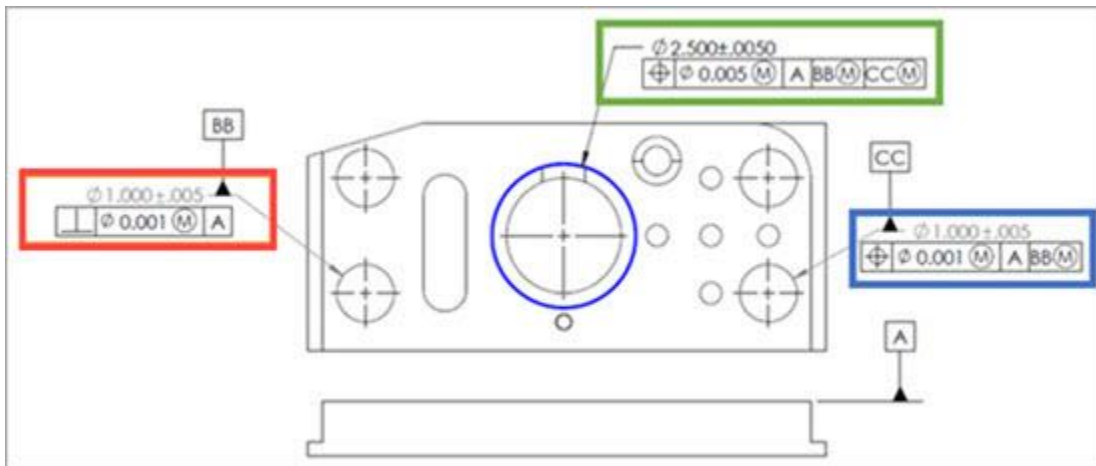
- PC-DMIS n'applique pas de modification des données

PC-DMIS indique toujours l'exigence de tolérance de position originale dans le rapport :



Les deux résultats sont possibles même quand aucune tolérance géométrique applicable n'est trouvée et que PC-DMIS utilise 0,0 @ MMC pour les tolérances géométriques applicables. Pour des informations supplémentaires, voir « Règles pour déterminer la tolérance géométrique » dans ce chapitre de la documentation PC-DMIS Core.

Reprenez cet exemple :



Si les données sont conformes à leurs tolérances géométriques applicables, PC-

DMIS évalue la tolérance et signale les résultats de mesure après les modifications des données, comme décrit dans **Résultat 1** ci-dessus.

Toutefois, si l'une des données n'est pas conforme aux tolérances géométriques

applicables, PC-DMIS évalue la tolérance originale

sans les modificateurs des données en tant que . PC-DMIS signale les résultats de mesure **sans** modification des données comme décrit dans **Résultat 2** ci-dessus.

Avec le résultat 2, la révision de la tolérance géométrique applicable pour les données montrera au moins l'une d'elles comme non conforme. Dans cet

exemple, les tolérances non conformes seraient  sur les

données BB ou  sur les données CC.

Références avec un emplacement non contraint comparées à des références de priorité plus élevée

Une référence ASME avec un modificateur de translation ou une référence ISO sans modificateur [DF] ont une translation non restreinte, comparées aux simulateurs de référence de priorité plus élevée. Les standards ASME et ISO ne sont pas clairs concernant ce qu'il se passe en cas de renvoi à des références avec un modificateur matériel.

C'est pourquoi nous recommandons ce qui suit :

- Pour le standard ASME, quand vous utilisez un modificateur pour une référence, nous ne recommandons pas d'utiliser le modificateur de translation dans le cadre de référence.
- Pour le standard ISO, quand vous utilisez un modificateur pour une référence, nous recommandons de toujours utiliser le modificateur [DF] dans le cadre de référence.

Si vous décidez d'ignorer ces recommandations, PC-DMIS résout le cadre de référence comme expliqué ci-dessous et l'installation du gabarit simulé PC-DMIS aura le plus souvent un distance de sécurité dans le cadre de référence.



Imaginez que nous prenons un plan de référence primaire, un cercle de référence secondaire à un maximum de matière et un cercle de référence tertiaire modificateur matériel mais avec une translation autorisée. Deux interprétations sont possibles :

1. Nous pouvons évaluer le cadre de référence indépendamment de la tolérance de position, nous optimisons alors la distance B-C pour que B soit idéalement centré dans son alésage, et nous conservons cette lors de l'évaluation de la tolérance de position.
2. Nous pouvons évaluer le cadre de référence en même temps que la tolérance de position ; alors que nous optimisons la tolérance de position, nous autorisons la variation de la distance B-tant que la valeur mesurée de la tolérance de position n'est pas aussi basse que possible.

Nous utilisons dans PC-DMIS la première interprétation car elle est plus conservatrice (les valeurs mesurées sont supérieures).

Type d'éléments avec et sans données de surface

Introduction

La commande de tolérance géométrique inclut des règles détaillées pour les types d'éléments avec des données de surface, pour ceux sans données de surface et pour ceux que vous ne pouvez pas utiliser du tout dans ce type de commande.

Malheureusement, certains types d'éléments sont uniquement autorisés avec quelques types de tolérances, et ces informations ne sont pas fournies ici. Par ailleurs, quelques exceptions aux règles détaillées ici ont été omises dans un souci de clarté mais sont suffisamment rares pour ne pas être expliquées.

Vous pouvez utiliser plusieurs types d'éléments avec la commande de tolérance géométrique :

- Plan
- Coupe transversale d'un plan (ligne de surface)
- Échantillon d'un plan (point de surface)
- Cylindre
- Coupe transversale d'un cylindre (cercle de surface)

Utilisation de tolérances géométriques

- Axe sans surface
- Largeur
- Cône
- Sphère
- Point 3D sans surface
- Forme libre

La documentation ci-après porte sur les types d'éléments PC-DMIS et illustre le genre d'éléments PC-DMIS appartenant aux types de commandes de tolérances géométriques.



Pour des constructions Best Fit (BF) ou Best Fit Recompensate (BFRE), quand vous utilisez un type d'élément pour vos éléments d'entrée, les types BF et BFRE sont en général utilisés pour des points ou des ensembles de points (un scanning de points, un ensemble d'éléments avec des points ou une expression résolvant un regroupement de points).

Pour des détails sur l'utilisation des méthodes Best Fit et Best Fit Recompensate pour construire des éléments, voir la rubrique « Constructions Best Fit (BF) et Best Fit Recompensate (BFRE) » dans la documentation de PC-DMIS Core.

Plans

Avec des données de surface

Les types de plans avec des données de surface incluent :

Plans mesurés, plans automatiques (n'importe quelle stratégie de mesure), plans BF construits et plans BFRE construits

Sans données de surface

Les types de plans sans données de surface incluent :

Plans d'alignement, plans de dérivation, plans médians, plans perpendiculaires, plans de référence primaire, plans de décalage, plans translatés et plans génériques

Uniquement autorisés pour les références

Certains types de plans peuvent uniquement être utilisés comme références, pas comme éléments considérés. Ces éléments sont :

Plans d'alignement, plans de dérivation, plans perpendiculaires, plans de référence primaire, plans de décalage, plans translatés et plans génériques

Lignes

La boîte de dialogue Tolérance géométrique inclut un message d'interprétation chaque fois que vous utilisez une droite construite comme élément construit ou référence, ce qui vous indique si la droite construite est traitée comme une droite sur une surface (coupe transversale sur une surface plane) ou comme un axe de révolution (axe sans surface).

Avec des données de surface

La commande de tolérance géométrique traite toujours une droite sur une surface comme une coupe transversale d'une surface plane. Alors que vous pouvez mesurer une droite sur une surface non plane dans PC-DMIS, la commande de tolérance géométrique gère toujours les droites sur les surfaces comme provenant d'une surface plane. Ces types de droites ont des données de surface. Elles incluent ces éléments :

Droites mesurées, droites automatiques (n'importe quelle stratégie de mesure), droites BF 2D construites, droites BFRE construites et droites de segment de scanning



Les droites BFRE 3d construites ont souvent des valeurs nominales incorrectes, même quand vous programmez votre routine depuis un modèle CAO. Le plan de travail nominal de la droite BFRE 3D construite contient la normale à la surface nominale et le vecteur de droite nominale. Il est souvent nominalement non aligné avec le dessin. Si vous l'utilisez comme référence, il peut souvent entraîner le message d'erreur suivant :

« L'élément de référence <nom_élément> est 2D. Il a besoin d'une référence de précedence supérieure pour restreindre son plan de travail. »

Le plus souvent, nous vous conseillons d'utiliser des droites BFRE 2D construites au lieu de droites BFRE 3D construites pour que le plan de travail nominal de la droite soit correct.

Pour des informations sur la gestion par PC-DMIS des vecteurs de surface de droites pour les droites 2D et 3D construites, voir la section « Vecteurs de surface de droites construites » à la rubrique « Migration depuis des versions antérieures de PC-DMIS » de la documentation PC-DMIS Core.

Sans données de surface

Certains éléments de droites sont des coupes transversales d'un plan, mais ils n'ont pas de données de surface. Par exemple :

Droites médianes, droites projetées et droites de référence secondaire

Certains éléments de droites sont des axes sans surface. Ils représentent un axe de révolution et n'ont pas de surface. Ils n'ont pas de données de surface. Ces éléments de droites sont :

Droites d'alignement, droites BF 3D construites, droites de dérivation, droites d'intersection, droites parallèles, droites perpendiculaires, droites de décalage et droites génériques

Cas spéciaux

Certains droites ne sont pas concernées par l'interprétation ci-dessus dans des cas spéciaux :

- Les droites BF 3D construites et les droites de décalage sont des coupes transversales d'un plan et ont des données de surface quand elles sont construites à partir de points mesurés sur une surface.

- Les droites parallèles et les droites perpendiculaires sont des coupes transversales d'un plan mais n'ont pas de données de surface quand la normale à la surface nominale obtenue correspond à la référence de l'emplacement (seconde entrée dans la construction).

points

Avec des données de surface

Un élément de point sur une surface est toujours traité comme un échantillon d'une surface plane. Alors que vous pouvez mesurer un point sur une surface non plane dans PC-DMIS, la commande de tolérance géométrique gère toujours les points sur les surfaces comme provenant d'une surface plane. Ces types de points ont des données de surface. Ces éléments de points sont :

Points mesurés, points de vecteur (stratégie par défaut, pas celle de centrage automatique), points de surface, points d'arête, points élevés, points médians et points de référence tertiaire

Sans données de surface

Certains éléments de points n'ont pas de surface et sont considérés en 3 dimensions comme le point central d'une sphère. Il s'agit de points 3D sans surface. Ces éléments de points sont :

Points de dérivation, points de coin, points de rejet, points génériques, points d'intersection, points de décalage, points d'origine, points de projection et points de distance de vecteur

Un point de perçage est contraint en deux dimensions ; il s'agit donc d'un axe sans surface avec une longueur nulle. Pour des informations sur les axes sans surface, voir « Droite » ci-dessus.

Non autorisés

PC-DMIS n'accepte pas d'éléments de points d'angle comme entrées dans la commande de tolérance géométrique, que ce soit comme éléments considérés ou comme références.

Cylindres

Avec des données de surface

Les types de cylindres avec des données de surface incluent :

Utilisation de tolérances géométriques

Cylindres mesurés, cylindres automatiques (n'importe quelle stratégie de mesure), cylindres BF construits et cylindres BFRE construits

Sans données de surface

Les types de cylindres sans données de surface incluent :

Cylindres et cylindres génériques

Non autorisés

Les cylindres de projection ne sont pas autorisés comme entrées dans la commande de tolérance géométrique et comme éléments considérés ou références.

Cercles

Avec des données de surface

Les cercles sont traités comme une coupe transversale d'une surface cylindrique. Alors que vous pouvez mesurer un cercle sur une surface non cylindrique dans PC-DMIS, la commande de tolérance géométrique gère toujours les cercles comme provenant d'une surface cylindrique (sauf exception expliquée dans « Battement circulaire »).

Les types de cercles avec des données de surface incluent :

Cercles mesurés, cercles automatiques (sauf la stratégie de mesure de calibrage de scanning de gabarit), cercles BF construits, cercles BFRE construits et cercles de segment de scanning

Sans données de surface

Les types de cercles sans données de surface incluent :

Cercles d'intersection, cercles de projection, cercles de cylindre, cercles de cônes, cercles de sphère, cercles de dérivation, cercles de 2 droites tangentes, cercles de 3 droites tangentes, cercles minimum de scanning et cercles génériques

Non autorisés

Certains types d'éléments de cercles ne sont pas autorisés comme entrées dans la commande de tolérance géométrique et comme éléments considérés ou références. Par exemple :

Cercles automatiques avec la stratégie de mesure de calibrage de scanning de gabarit

Par ailleurs, les cercles de sphère sont autorisés comme éléments considérés mais pas comme références.

Largeurs

Tous les éléments de largeurs PC-DMIS ont des données de surface.

Logements et encoches

Avec des données de surface

Les logements et les encoches ont des données de surface quand vous les utilisez dans une profil de tolérance de droite.

Sans données de surface

Les logements et les encoches n'ont pas de données de surface quand vous les utilisez dans une tolérance de position ou comme référence.



Faites preuve de précaution avec les logements et les encoches.

Vous devez uniquement les utiliser si vous savez déjà que la forme des éléments est satisfaisante. Si vous pensez que l'erreur de la forme fabriquée peut être importante, n'utilisez pas de commande de logement ou d'encoche. À la place, mesurez un scanning autour du périmètre de l'élément et calculez la tolérance de la forme, de l'orientation et de l'emplacement de l'élément à l'aide d'une tolérance de profil de droite.

Cônes

Avec des données de surface

Les cônes avec des données de surface incluent :

Cônes mesurés, cônes automatiques (n'importe quelle stratégie de mesure),
cônes BF construits et cônes BFRE construits

Sans données de surface

Utilisation de tolérances géométriques

Les cônes de dérivation représentent une surface conique mais n'ont pas de données de surface.

Les cônes génériques n'ont pas de diamètre dans PC-DMIS et représentent un axe sans surface dépourvu de données de surface.

Non autorisés

Les cônes de projection ne sont pas autorisés comme entrées dans la commande de tolérance géométrique et comme éléments considérés ou références.

Sphères

Avec des données de surface

Les sphères avec des données de surface incluent :

Sphères mesurées, sphères automatiques, sphères BF construites et sphères BFRE construites

Sans données de surface

Les sphères sans données de surface incluent :

Sphères de dérivation et sphères génériques

Non autorisés

Les sphères de projection ne sont pas autorisées comme entrées dans la commande de tolérance géométrique et comme éléments considérés ou références.

Types d'éléments de forme libre

La commande de tolérance géométrique autorise les éléments de forme libre comme éléments considérés pour les tolérances de profil. Ces éléments comptent un nombre de points mesurés avec des points nominaux et des vecteurs nominaux correspondants.

En l'absence de modèle CAO ou quand vous n'utilisez pas l'option d'itération et de nouveau perçage, PC-DMIS calcule simplement les écarts en tant qu'écart de vecteur du point mesuré par rapport à la surface plane nominale définie par le point nominal et le vecteur nominal. Il s'agit d'une approximation « plane par morceaux ».

Quand votre routine de mesure utilise un modèle CAO et que vous utilisez l'option d'itération et de nouveau perçage, PC-DMIS calcule les écarts par rapport au modèle CAO (il n'y a pas d'approximation plane par morceaux). Pour plus d'informations, voir « Profil d'une droite » et « Profil d'une surface ».

PC-DMIS considère ces types d'éléments comme des éléments de forme libre considérés :

Commandes de scanning, séries construites, séries filtrées construites, objets de filtre d'ajustement construits, éléments de profils 2D automatiques (Vision) et tores

Données de surface possibles

PC-DMIS considère certains polygones comme des éléments de forme libre (avec des données de surface) quand vous les utilisez dans une tolérance de profil, mais il les considère comme des cercles (sans données de surface) quand vous les utilisez dans une tolérance de position. Ces types d'éléments ne sont pas vraiment conçus pour des tolérances de position, mais ils sont inclus en tant que cercles (sans données de surface) à des fins de migration.

PC-DMIS considère les logements et les encoches comme des éléments de forme libre (avec des données de surface) quand vous les utilisez dans une tolérance de profil, mais il les considère comme des largeurs (sans données de surface) quand vous les utilisez dans une tolérance de position.

Non autorisés

Ces éléments ou types d'éléments ne sont pas autorisés comme entrées dans la commande de tolérance géométrique et comme éléments considérés ou références :

Séries mesurées, scanings de zone, ellipses projetées, encoches projetées, logements projetés, taches automatiques, éléments de niveau et écart, éléments de chargement de montage, éléments de faces, éléments d'objets, éléments de courbes construites, éléments de surfaces construites et éléments de gabarits

Éléments inverses

Plusieurs types d'éléments sont des éléments « inverses ». Par exemple :

Plans inverses, cylindres inverses, etc.

Données de surface possibles

Les éléments inverses peuvent avoir des données de surface. Tout dépend de l'entrée dans l'élément inverse. Si l'entrée a des données de surface, l'élément inverse en a aussi.

Éventuellement autorisés

Vous pouvez utiliser des éléments inverses comme des éléments considérés ou de référence. Tout dépend de l'entrée dans l'élément inverse. La gestion de la surface d'un élément inverse est la même que pour un élément d'entrée. Par exemple, une droite inverse peut être un axe sans surface ou une coupe transversale de plan. Tout dépend de l'entrée dans l'élément inverse.

Non autorisés

Vous ne pouvez pas utiliser des éléments inverses construits à partir d'un type d'élément autre que l'élément inverse comme entrées dans la commande de tolérance géométrique, comme éléments considérés ou comme références. Par exemple, vous ne pouvez pas utiliser une droite inverse construite à partir d'un cylindre comme entrée dans la commande de tolérance géométrique.

Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique

De nombreuses commandes de tolérances géométriques incluent une tolérance de taille. Cette page décrit comment la commande de tolérance géométrique calcule les valeurs de tailles mesurées et les valeurs de tailles locales mesurées.

Spécifications de taille

La commande de tolérance géométrique prend uniquement en charge quelques spécifications de taille. Il existe une commande de taille distincte pour les spécifications de taille plus compliquées. Pour des informations, voir « » dans la documentation PC-DMIS Core.

Sous ASME, la commande de tolérance géométrique utilise la spécification de taille suivante. L'enveloppe de forme parfaite (UAME) détermine la surface de l'élément dans la direction matérielle positive, et les tailles locales déterminent la surface de l'élément dans la direction matérielle négative. Les tailles locales sont des tailles de points opposés, sauf si l'élément est un cylindre et que vous avez l'option de taille locale [CIRCULAR_ELEMENTS](#). Ceci dit, la commande de tolérance géométrique ne signale pas les tailles locales, sauf si vous activez la génération de rapports sur les tailles locales, car de nombreux systèmes de mesure ne sont pas assez précis pour vérifier que les tailles locales sont conformes à la tolérance de taille.

Sous ISO, à compter de PC-DMIS 2025.1, les types mathématiques de taille et d'élément sont indépendants l'un de l'autre (pour des détails, voir « Comparaison avec les pratiques passées - Types mathématiques ISO » dans la rubrique « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques » de la documentation de PC-DMIS Core). La plupart des tolérances de taille sont des tailles d'enveloppes, comme défini dans ISO 14405-1. La direction matérielle positive est alors déterminée par une taille d'enveloppe de forme parfaite, et la direction matérielle négative par des tailles locales de points opposés. Toutefois, quand ISO 17450-3 s'applique, comme expliqué dans « Dérivation de l'élément tolérancé », la tolérance de taille est une taille sans modificateurs (par défaut). La tolérance de taille ne détermine pas l'enveloppe de forme parfaite et les seules tailles sont des tailles locales à deux points.

Taille globale

Chaque fois que la spécification de taille inclut une enveloppe de forme parfaite, la tolérance de taille a une taille globale. Les tolérances ISO appellent cette TAILLE GLOBALE dans la fenêtre de modification, alors que les tolérances ASME appellent cette UAME dans la fenêtre de modification. La seule fois que la tolérance de taille n'a pas de taille globale est quand ISO 17450-3 s'applique comme expliqué plus haut, ou quand vous sélectionnez un modificateur de taille (LP) ISO.

Si votre élément considéré n'a pas de données de surface, la taille globale est la taille [MEAS](#) de l'élément d'entrée. Les modificateurs de taille ISO ne sont pas disponibles pour des éléments sans données de surface.

Si votre élément considéré a des données de surface et que votre option mathématique de taille ISO ou d'élément ASME est **LSQ** (moindres carrés), la taille globale est la taille du best fit moindres carrés (non contraint).

Si votre élément considéré a des données de surface et que votre option mathématique de taille ISO ou d'élément ASME est **PAR DÉFAUT**, la taille globale est la taille du best fit inscrit ou circonscrit, n'importe lequel des deux étant externe au matériel. Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Comme expliqué dans la section « Spécification et vérification » de la rubrique « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments » dans la documentation de PC-DMIS Core, PC-DMIS propose les options mathématiques **LSQ** et **PAR DÉFAUT** car les systèmes de mesure supposent une incertitude de mesure variable. Si votre système de mesure est assez précis et exact pour mesurer l'erreur de forme de l'élément—si l'incertitude de mesure est nettement inférieure à l'erreur de forme—il est logique d'utiliser l'option mathématique **PAR DÉFAUT**. Si l'incertitude de mesure est supérieure à l'erreur de forme, vous devez en revanche utiliser l'option mathématique **LSQ**. Pour plus d'informations, voir « Spécification et vérification ».

Taille locale

Si ISO 17450-3 s'applique comme expliqué plus haut, la spécification de taille est celle ISO par défaut (sans modificateurs), ce qui fait qu'il y a uniquement des tailles locales et pas de tailles globales. La commande de tolérance géométrique signale les tailles locales maximum et minimum.

Si ISO 17450-3 ne s'applique pas et si votre élément considéré a des données de surface, vous pouvez signaler des tailles locales. Ceci s'avère surtout utile quand l'option mathématique de votre élément est **PAR DÉFAUT**, car la commande de tolérance géométrique signale seulement la *pire* taille locale interne à la direction matérielle. Quand vous combinez l'option mathématique de taille **PAR DÉFAUT**, la taille globale détermine la surface externe à la direction matérielle, alors que la taille locale détermine la surface interne à la direction matérielle. Cependant, l'option mathématique de taille **LSQ** a une taille globale moindres carrés, ce qui ne détermine pas les écarts de la surface dans l'une des directions. Dans ce cas, la surface n'est pas contrôlée à l'extérieur dans la direction matérielle.

Pour les tolérances de taille ISO et pour les tolérances de taille ASME sur des sphères et des largeurs, les tailles locales sont évaluées à l'aide de points opposés. Chaque taille locale consiste principalement d'une mesure d'étrier à deux points. Assurez-vous que vos points mesurés ont tous un point directement opposé, sinon la précision de mesure peut se voir affectée. Ceci est notamment délicat sur des sphères.

Pour les tolérances de taille ASME sur des cylindres, vous avez le choix entre l'interprétation [OPPOSED_POINTS](#) et l'interprétation [CIRCULAR_ELEMENTS](#). Ces interprétations sont indiquées dans ASME Y14.5.1 - 2019. L'interprétation des points opposés a le comportement décrit.

L'interprétation des éléments circulaires requiert que les données de surface soient mesurées dans des coupes transversales circulaires. Elle réalise un best fit d'un cercle pour chaque coupe transversale, et les tailles des cercles sont les tailles locales. Quand le type mathématique de l'élément est **LSQ**, les cercles sont calculés à l'aide de moindres carrés. Quand le type mathématique de l'élément est **PAR DÉFAUT**, les cercles sont inscrits ou circonscrits, n'importe lequel des deux étant interne à la matière. Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

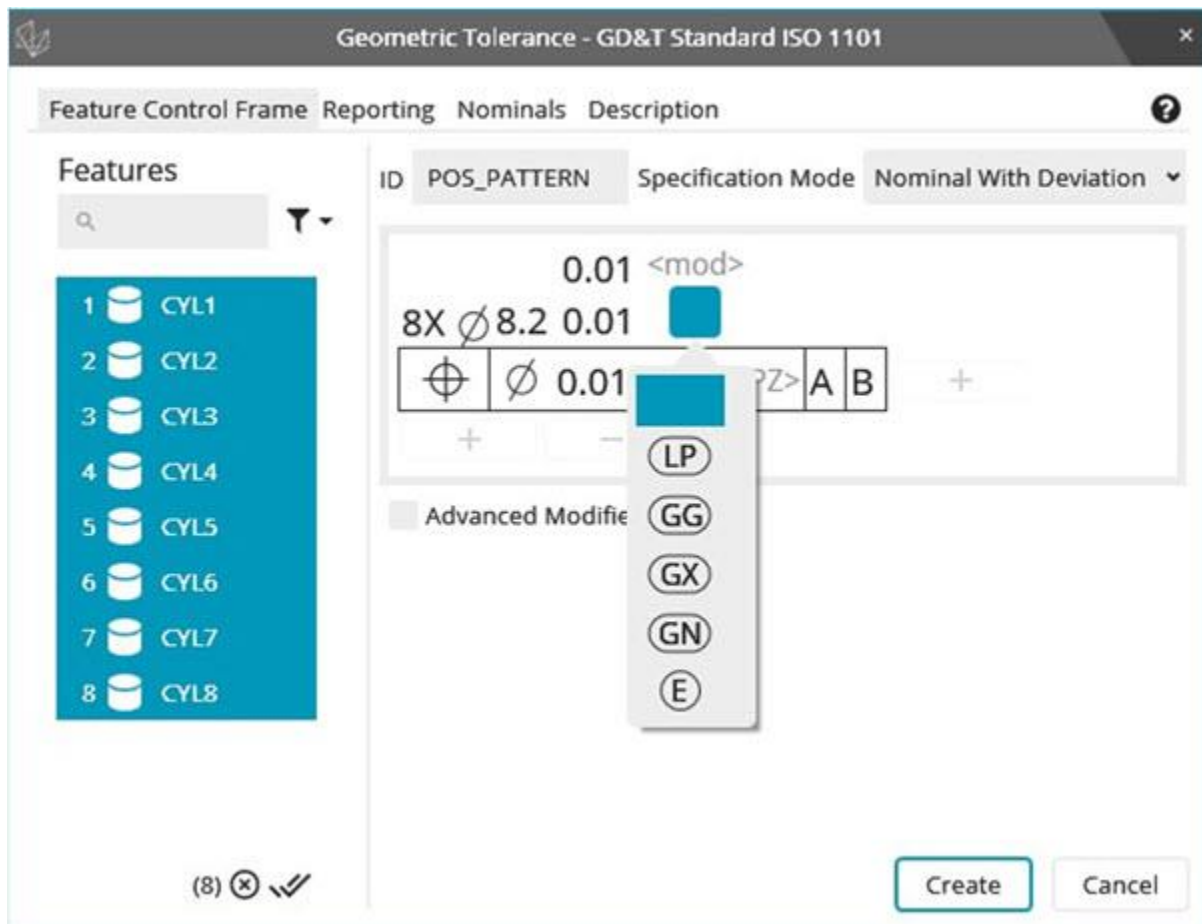
Il n'est pas logique de signaler des tailles locales, sauf si votre système de mesure est assez précis et exact pour mesurer l'erreur de forme de l'élément.

Modificateurs de taille ISO

À compter de PC-DMIS 2025.1, la commande de tolérance géométrique prend en charge certains des modificateurs de taille ISO 14405-1 les plus courants, tels que :

- (LP) - Taille à deux points
- (GG) - Critère d'association moindres carrés
- (GX) - Critère d'association maximum inscrit
- (GN) - Critère d'association minimum circonscrit
- (E) - Enveloppe requise

Ces modificateurs sont disponibles dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique**.



Vous pouvez également ajouter ou supprimer des modificateurs de taille directement dans la fenêtre de modification. Vous pouvez le saisir ou les sélectionner dans une liste comme illustré ci-dessous :

Utilisation de tolérances géométriques

```
POS_PATTERN=GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO 1101,SHOWEXPANDED=YES,
DESCRIPTION=ON,,
FEATURE_MATH=DEFAULT,SIZE_MATH=DEFAULT,DATUM_MATH=DEFAULT,DISPLAY_COORDS=DRF,
UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
SIZE/NOMINAL=0.2,TOLERANCE SPECIFICATION MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
UPPER TOLERANCE=0.01,LOWER TOLERANCE=0.01,
UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=
LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=
CYL1:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL2:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL3:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL4:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL5:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL6:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL7:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL8:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.0,
TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRA
MEASURED:
  CYL1:0.000,
  CYL2:0.000,
  CYL3:0.000,
  CYL4:0.000,
  CYL5:0.000,
  CYL6:0.000,
  CYL7:0.000,
  CYL8:0.000,
ADD
FEATURES/CYL1,CYL2,CYL3,CYL4,CYL5,CYL6,CYL7,CYL8,,
--
(LP)
(LS)
(GG)
(GX)
(GN)
(CC)
(CA)
(CV)
(SX)
(SN)
(SA)
(SM)
(SD)
(SR)
ACS
SCS
LEN
E
--,<dat>,
```



Comme la liste `UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER` et `LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER` pour la commande de tolérance géométrique dans la fenêtre de modification est partagée avec la commande de taille, tous les modificateurs de taille ISO sont affichés. Ceci ne signifie toutefois pas qu'ils sont tous disponibles. Vous pouvez uniquement ajouter des modificateurs pris en charge par la commande de tolérance géométrique. Si vous tentez d'ajouter un modificateur non pris en charge, PC-DMIS ignore votre sélection et conserve la sélection existante de `LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER` ou `UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER`.

Vous voyez un exemple de présentation des informations dans la commande de la fenêtre de modification et dans le rapport quand vous sélectionnez l'option de signaler les modificateurs de taille :


```

FCFLOC1  =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO 1101,SHOWEXPANDED=YES,
          DESCRIPTION=OFF,,
          FEATURE_MATH=DEFAULT,SIZE_MATH=MODIFIER_SELECTED,DISPLAY_COORDS=DRF,
          UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
          SIZE/NOMINAL=20,TOLERANCE SPECIFICATION MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
          UPPER TOLERANCE=0.1,LOWER TOLERANCE=0.1,
          UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=(LP),
          LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=(GX),
          CYL2:
            UPPER SIZE:20.033115,
            LOWER SIZE:19.965135,
          SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.500039,__,__,<len>,<dat>,<dat>,<dat>,
          TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,MULT=10,
          MEASURED:
            CYL2:0.015947,
          ADC
          FEATURES/CYL2,,

```

FCFLOC1 Size		MM	Ø 20 [+0.1 LP] - [-0.1 GX]				MODIFIER	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
CYL2 - LP	20.000000	0.100000	0.100000	20.033115	0.033115	0.000000	<div><div></div></div>	
CYL2 - GX	20.000000	0.100000	0.100000	19.965135	-0.034865	0.000000	<div><div></div></div>	

FCFLOC1		MM	⌀ 0.500039				DEFAULT NONE	ISO 1101
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL2 (LEVEL# 1)	TP	0.000000	0.500039	0.000000	0.015947	0.015947	0.000000	0.000000

Calculs bonus

Certaines tolérances géométriques ont un modificateur de condition au maximum de matière **M** (MMC) ou un modificateur de condition au minimum de matière **L** (LMC). Comme la taille de l'enveloppe de forme parfaite (ou la taille de l'enveloppe au minimum de matière pour LMC) dévie de MMC (ou LMC), une tolérance supplémentaire ou tolérance « bonus » est ajoutée à la tolérance dans le cadre de contrôle d'éléments, ce qui donne une tolérance totale. Pour le type mathématique d'élément **PAR DÉFAUT**, la tolérance bonus mesurée correspond à la différence entre un best fit inscrit ou circonscrit et une des limites de taille. Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable. Pour le type mathématique d'élément **LSQ**, la tolérance bonus mesurée correspond à la différence entre une taille globale moindres carrés et une des limites de taille.

La tolérance bonus mesurée est calculée de la façon suivante.

- Pour les tolérances MMC sur des éléments externes, le bonus correspond à la limite supérieure de taille (la taille MMC) moins la taille circonscrite (externe à l'enveloppe matérielle) ou la taille moindres carrés (en fonction du type mathématique d'élément).

Utilisation de tolérances géométriques

- Pour les tolérances MMC sur des éléments internes, le bonus est la taille inscrite (externe à l'enveloppe matérielle) ou la taille moindres carrés (en fonction du type mathématique d'élément), moins la limite inférieure de taille (la taille MMC).
- Pour les tolérances LMC sur des éléments externes, le bonus est la taille inscrite (interne à l'enveloppe matérielle) ou la taille moindres carrés (en fonction du type mathématique d'élément), moins la limite inférieure de taille (la taille LMC).
- Pour les tolérances LMC sur des éléments internes, le bonus correspond à la limite supérieure de taille (la taille LMC) moins la taille circonscrite (interne à l'enveloppe matérielle) ou la taille moindres carrés (en fonction du type mathématique d'élément).



Dans tous les cas, le bonus est limité : il n'est donc jamais négatif et ne dépasse jamais la tolérance de taille totale (la limite supérieure de taille moins la limite inférieure de taille).

La sélection de modificateurs de taille ISO n'affecte pas le calcul du bonus. Les valeurs de bonus sont toujours calculées comme décrit ci-dessus.

Rapport

Sans taille locale

Quand vous ne signalez pas la taille locale, l'étiquette de taille du rapport ressemble à ce qui suit :

FCFLOC5 Size		MM	S \varnothing 31.75 +0.025/-0.025			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
SPH1	31.750000	0.025000	-0.025000	31.751629	0.001629	0.000000	
SPH2	31.750000	0.025000	-0.025000	31.748836	-0.001164	0.000000	

La barre d'en-tête montre l'ID de dimension de la tolérance, les unités de dimension (MM ou POUCES), la spécification de taille, le type mathématique (**LSQ** dans ce cas), ainsi que le standard (ASME Y14.5 dans ce cas). Le tableau ci-dessous montre les tailles mesurées de chaque sphère.

Avec des tailles globales et locales

Quand vous signalez des tailles globales et locales, l'étiquette de taille inclut des lignes supplémentaires, avec LS ajouté comme suffixe pour les pires tailles locales. Par exemple, « SPH1 - LS ». Pour les tolérances ASME sur des cylindres, la barre d'en-tête indique aussi si l'interprétation de taille locale est OPPOSÉ ou CIRCULAIRE. Quand les tailles globales et locales sont signalées, le rapport ressemble à ce qui suit :

FCFLOC5 Size		MM	SØ 31.75 +0.025/-0.025 OPPOSED			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
SPH1	31.750000	0.025000	-0.025000	31.751629	0.001629	0.000000	
SPH1 - LS	31.750000	0.025000	-0.025000	31.731449	-0.018551	0.000000	
SPH2	31.750000	0.025000	-0.025000	31.748836	-0.001164	0.000000	
SPH2 - LS	31.750000	0.025000	-0.025000	31.734986	-0.015014	0.000000	

Sans taille globale

Quand ISO 17450-3 s'applique, aucune taille globale n'est signalée. À la place, MIN et MAX sont ajoutés comme suffixes pour les pires tailles locales dans les deux directions. Le rapport ressemble à ce qui suit :

LOC12 Size		MM	Ø 152.4 +/- 5			DEFAULT	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2 - MIN	152.400	5.000	-5.000	152.477	0.077	0.000	
CYL2 - MAX	152.400	5.000	-5.000	152.830	0.430	0.000	
CYL3 - MIN	152.400	5.000	-5.000	152.490	0.090	0.000	
CYL3 - MAX	152.400	5.000	-5.000	152.848	0.448	0.000	

Avec des modificateurs de taille ISO 14405

Quand des modificateurs de taille ISO 14405 sont appliqués, les détails sont affichés dans l'en-tête avec le suffixe approprié ajouté au nom de l'élément, comme illustré ci-dessous :

FCFLOC3 Size		MM	Ø 30 [+0.1 LP] - [-0.1 GX]			MODIFIER	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL1 - LP	30.000000	0.100000	0.100000	29.957540	-0.042460	0.000000	
CYL1 - GX	30.000000	0.100000	0.100000	29.919873	-0.080127	0.000000	

Dérivation de l'élément tolérancé

Introduction

Pour la plupart des types de spécifications, l'élément tolérancé correspond aux données de surface de l'élément considéré. Toutefois, avec des tolérances géométriques d'emplacement et d'orientation (position, concentricité, symétrie, perpendicularité, parallélisme et angularité), l'élément tolérancé est dérivé des données de surface de l'élément considéré. Ceci est valable pour les cercles, les cônes, les cylindres, les encoches, les logements, les sphères et les largeurs. Les éléments plats de modificateur de plan tangent sont également concernés. Chaque type d'élément considéré est géré différemment. Cette rubrique présente les éléments qui ont des

données de surface, ceux sans données de surface (y compris des plans médians et des droites médianes), ainsi que le modificateur de plan tangent. Pour des informations sur les types de commandes avec ou sans données de surface, voir « Types d'éléments avec et sans données de surface ».

À plusieurs reprises ci-après, nous parlons du plan exemple. Les cercles, cônes et cylindres automatiques peuvent avoir un plan exemple :

- Quand l'élément a un élément exemple, ce dernier est le plan exemple.
- Quand l'élément a un palpage exemple, le plan exemple le traverse et est nominalement orienté vers les références mesurées.
- Quand l'élément à trois palpages exemples ou plus, le plan exemple est le plan moindres carrés pour ces palpages exemples.
- Quand l'élément n'a pas de palpages exemples et qu'aucun élément exemple n'est sélectionné, il n'y a pas de plan exemple.

Quand existe un plan exemple, il y a également un plan de départ coupant l'axe au point de départ. Le plan exemple nominal peut être décalé par rapport au plan de départ nominal, car ce dernier peut ne pas couper l'axe nominal au point de départ. Le plan de départ mesuré est parallèle au plan exemple mesuré et décalé de façon nominale par rapport à lui.

Modificateurs d'éléments tolérancés associés (ATFM) ISO

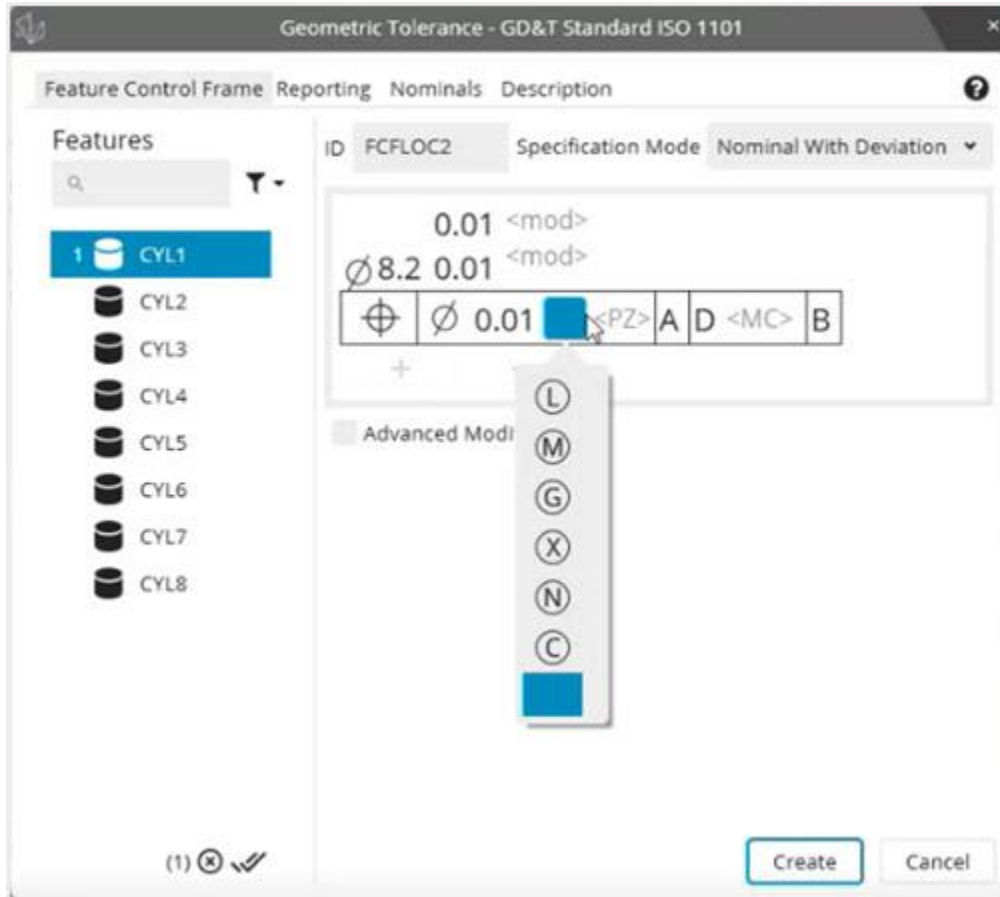


Pour des détails sur la norme ISO ATFM, voir ISO 1101:2017 section 8.2.2.2.2

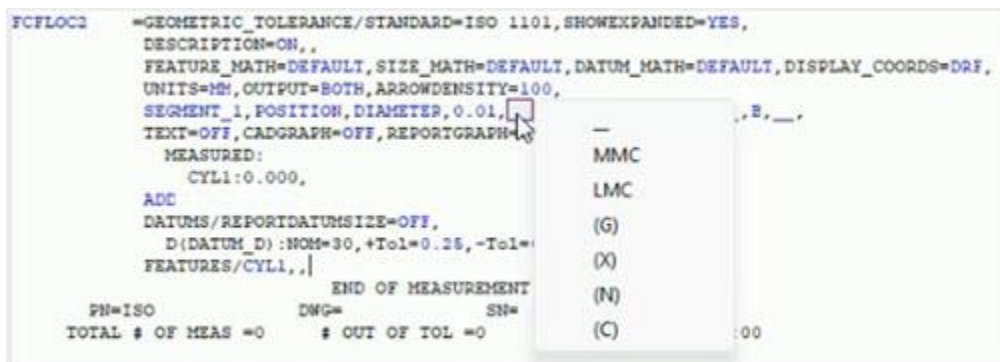
À partir de PC-DMIS 2025.1, la commande de tolérance géométrique prend en charge ces modificateurs d'éléments tolérancés associés (ATFM) ISO :

- Modificateur d'élément **Ⓒ MinMax (Chebyshev)** - Il est disponible pour les types d'éléments pris en compte cercles, cônes, cylindres, droites, plans et largeurs.
- Modificateur d'élément **Ⓖ Moindres carrés (Gaussien)** - Il est disponible pour les types d'éléments pris en compte cercles, cônes, cylindres, droites, plans et largeurs.
- Modificateur d'élément **Ⓐ Minimum circonscrit** - Il est disponible pour les types d'éléments pris en compte cercles, cylindres, droites, plans et largeurs.
- Modificateur d'élément **ⓧ Maximum inscrit** - Il est disponible pour les types d'éléments pris en compte cercles, cylindres, droites, plans et largeurs.
- Modificateur d'élément **Ⓓ Tangente** - Il est uniquement disponible pour les types d'éléments pris en compte plans.

Vous pouvez ajouter le modificateur d'élément tolérancé associé à la section de tolérance du cadre de contrôle d'élément dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique**.



Vous pouvez également sélectionner le modificateur d'élément tolérancé associé dans la fenêtre de modification en mode commande :



Quand vous sélectionnez le modificateur dans la fenêtre de modification, FEATURE_MATH affiche « MODIFIER_SELECTED » et le modificateur sélectionné remplace la valeur d'élément **PAR DÉFAUT** ou **LSQ** habituelle.



Vous ne pouvez pas combiner un modificateur d'élément tolérancé associé à un modificateur de condition matérielle (MMC ou LMC).

Le rapport obtenu montre les modificateurs sélectionnés et les types mathématiques applicables :

FCFLOC2 Size		MM	Ø 8.2 +/- 0.01				DEFAULT	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
CYL1 - MAX	8.200000	0.010000	0.010000	8.200000	0.000000	0.000000		
CYL1 - MIN	8.200000	0.010000	0.010000	8.200000	0.000000	0.000000		

FCFLOC2		MM	Φ 0.1 (G) A D B				MODIFIER	DEFAULT	ISO 1101
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS	
CYL1 (START PT)	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.013112	0.013112	0.000000	0.000000	




Diagram illustrating the relationship between feature names and tolerance specifications in a CAD report. Three blue circles with numbers 1, 2, and 3 point to specific elements:

- 1 points to the tolerance specification $\Phi 8.2 \pm 0.01$ in the first table.
- 2 points to the feature name **CYL1** in the second table.
- 3 points to the modifier **(G)** in the second table.

1. Type math TAILLE
2. Type math ÉLÉMENT (indiquant qu'un modificateur a été sélectionné)
3. Type math RÉFÉRENCE

Modificateurs d'association d'éléments de référence (RFAM) ISO

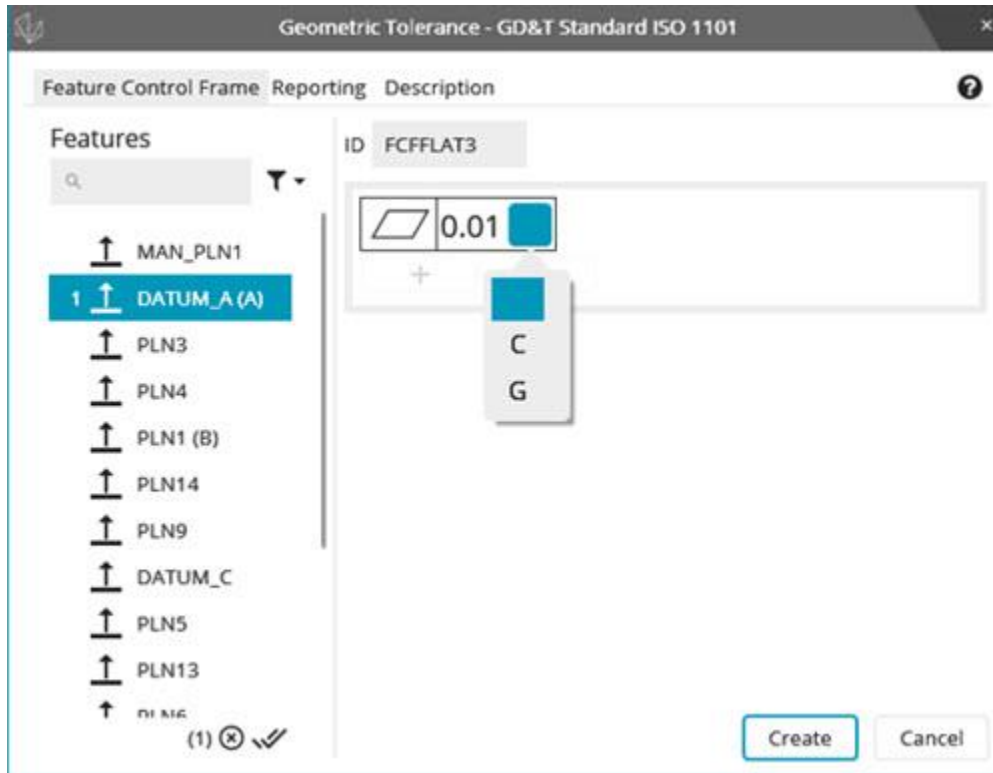


Pour des détails sur les modificateurs d'association d'éléments de référence (RFAM) ISO, voir ISO 1101:2017 section 8.2.2.3.1.

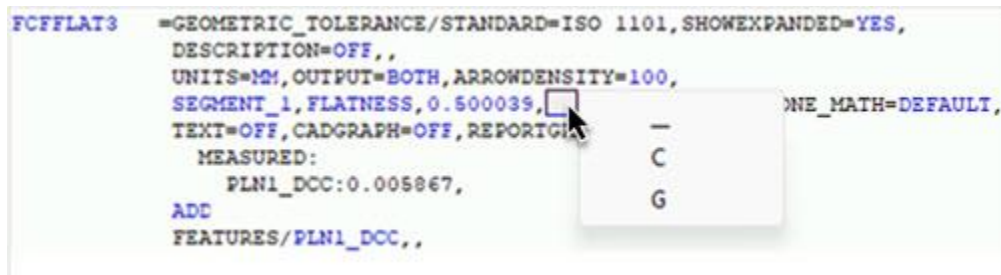
À partir de PC-DMIS 2025.1, la commande de tolérance géométrique prend en charge ces modificateurs d'association d'éléments de référence (RFAM) ISO :

- **C** - Élément **MinMax (Chebyshev)** sans contrainte : ce modificateur d'association d'éléments de référence est disponible pour les tolérances de circularité, cylindricité, planéité et rectitude de surface.
- **G** - Élément **Moindres carrés (Gaussien)** sans contrainte : ce modificateur d'association d'éléments de référence est disponible pour les tolérances de circularité, cylindricité, planéité et rectitude de surface.

Les modificateurs RFAM ISO ne sont pas applicables pour la rectitude d'un axe. Vous pouvez ajouter un modificateur RFAM à la section de tolérance d'un cadre de contrôle d'élément dans la boîte de dialogue **Tolérance géométrique** comme illustré ici :



Vous pouvez également sélectionner le modificateur RFAM associé dans la fenêtre de modification en mode commande :



Quand vous sélectionnez le modificateur dans la fenêtre de modification, TOLERANCE_ZONE__MATH affiche « MODIFIER_SELECTED » et le modificateur sélectionné remplace la valeur d'élément **PAR DÉFAUT** ou **LSQ** habituelle.



Vous ne pouvez pas combiner un modificateur d'élément de référence à un modificateur de condition matérielle (MMC ou LMC).

Le rapport obtenu montre les modificateurs sélectionnés et les types mathématiques applicables :

FCFLAT3	MM	 0.500039 C	MODIFIER	ISO 1101		
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1_DCC	0.000000	0.500039		0.005867	0.005867	0.000000

1. *TOLERANCE_ZONE_MATH* (indiquant qu'un modificateur a été sélectionné)

Types mathématiques d'éléments

Comme expliqué à la section « Spécification et vérification » de la rubrique « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments », nous proposons plusieurs types mathématiques pour le calcul d'éléments tolérancés. PC-DMIS fournit deux types mathématiques pour les éléments avec des données de surface mesurées : **PAR DÉFAUT** et **LSQ**. Leur fonction est détaillée plus loin. Le plus souvent, **PAR DÉFAUT** est un bon choix quand l'incertitude de la mesure des données de surface est inférieure à l'erreur de forme de la surface, car le type mathématique est similaire à la spécification.

L'option mathématique d'élément **LSQ** effectue un best fit moindres carrés complet sur les données de surface. Cet algorithme est mathématiquement assez différent de la spécification, mais reste un meilleur choix que **PAR DÉFAUT** quand l'incertitude de la mesure de chaque point est supérieure à l'erreur de forme de la surface.

Pour plus de détails, voir « Spécification et vérification ».

Éléments sphériques avec des données de surface

L'élément tolérancé est un point 3D quand l'élément considéré est une sphère. Quand l'élément sphérique a des données de surface, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Un type fit est sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) et du modificateur matériel. Le type mathématique **LSQ** effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un best fit inscrit ou circonscrit. Quand le modificateur matériel est RFS (aucun modificateur matériel) ou MMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi externe à la

matière. Quand le modificateur matériel est LMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi interne à la matière. Par conséquent, le type mathématique PAR DÉFAUT génère normalement l'enveloppe de forme parfaite (UAME), sauf si le modificateur est LMC. Dans ce cas, le type mathématique produit l'enveloppe de minimum de matière (UAMME). Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Le point central de la sphère ajustée est l'élément tolérancé.

Éléments cylindriques avec des données de surface soumis à ASME Y14.5

L'élément tolérancé est un axe quand l'élément considéré est un cylindre. Sous ASME Y14.5, quand l'élément cylindrique a des données de surface, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Un type fit est d'abord sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) et du modificateur matériel. Le type mathématique **LSQ** effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un best fit inscrit ou circonscrit. Quand le modificateur matériel est RFS (aucun modificateur matériel) ou MMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi externe à la matière. Quand le modificateur matériel est LMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi interne à la matière. Par conséquent, le type mathématique **PAR DÉFAUT** génère normalement l'enveloppe de forme parfaite (UAME), sauf si le modificateur est LMC. Dans ce cas, le type mathématique produit l'enveloppe de minimum de matière (UAMME). Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Par ailleurs, une extrapolation est sélectionnée. Elle dépend de la disponibilité d'un plan exemple et de la présence d'un modificateur de zone projetée :

- Quand il n'y a pas de plan exemple et de modificateur de zone projetée, l'axe best fit est extrapolé aux extrémités nominales du cylindre. Les extrémités nominales du cylindre sont nominalement orientées et situées par rapport aux références mesurées. S'il y a un modificateur de zone projetée, l'extrapolation débute à la face de départ nominale du cylindre. Elle se poursuit en s'éloignant de l'extrémité jusqu'à atteindre le plan de projection nominal parallèle au plan de départ à la distance projetée à partir de lui.
- Quand il y a un plan exemple, l'extrapolation débute au plan de départ mesuré.

L'axe ajusté extrapolé correspond à l'élément tolérancé.

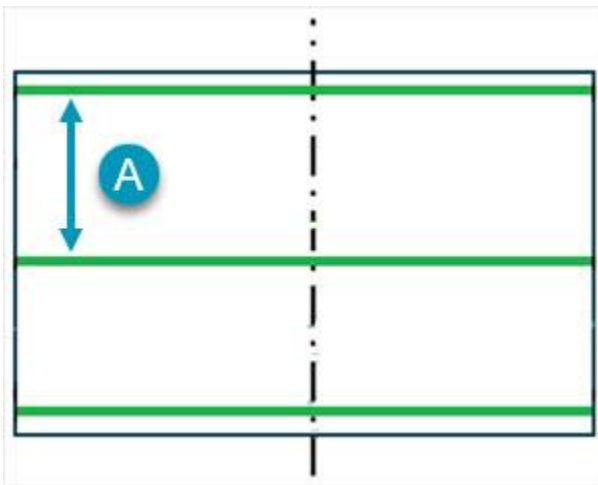
Éléments cylindriques avec des données de surface soumis à ISO 1101

L'élément tolérancé est un axe quand l'élément considéré est un cylindre. Sous ISO 1101, quand l'élément cylindrique a des données de surface, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Tout d'abord, PC-DMIS détermine si ISO 17450-3 : 2016 s'applique ou non. Pour PC-DMIS, cette norme s'applique en l'absence de modificateur matériel, de modificateur d'élément tolérancé associé, de modificateur de zone projetée, et quand le type mathématique d'élément est **DEFAULT**.

Quand ISO 17450-3 s'applique et que les données de surface ont été mesurées dans des coupes transversales, l'élément tolérancé est un axe imparfait. Chaque coupe transversale à un cercle moindres carrés ajusté à elle. Le vecteur de chaque cercle est le vecteur de l'axe moindres carrés du cylindre entier. Les points centraux des cercles forment l'élément tolérancé. Ce processus est très proche de la spécification dans ISO 17450-3. Quand les données de surface n'ont pas été mesurées dans des coupes transversales, PC-DMIS tente de diviser automatiquement ces données comme suit :

- Si le cylindre a été mesuré dans des coupes transversales propres, c'est-à-dire sur plusieurs niveaux avec un écart facilement détectable entre chaque niveau, PC-DMIS se sert de ces coupes transversales propres.

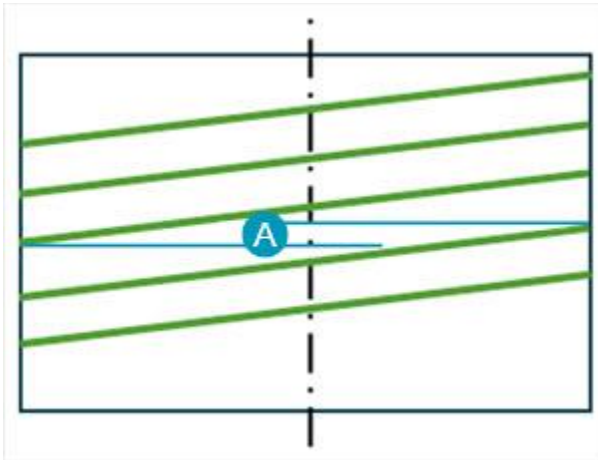


A - Écart

Écart facilement détectable entre la fin du premier niveau et le début du suivant. Trois coupes transversales sont renvoyées.

- Si le cylindre n'a pas été mesuré dans des coupes transversales propres mais que les données suivent un motif de spirale propre, PC-DMIS divise la spirale en

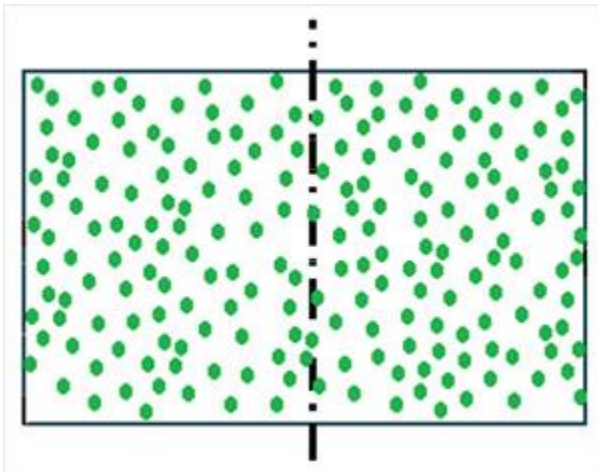
plusieurs coupes transversales (autant que le nombre de révolutions dans cette spirale si elle en inclut plus de deux).



A - Aucun écart

Vous pouvez voir dans cet exemple une spirale continue ou des points de début et de fin se chevauchant. Cinq coupes transversales sont renvoyées.

- Si le cylindre n'a été mesuré ni dans des coupes transversales propres ni dans un motif de spirale propre, PC-DMIS réalise un meilleur effort pour diviser les données en coupes transversales.



Vous pouvez voir dans cet exemple qu'il n'existe pas de motif visible. Le nombre de coupes transversales renvoyées dépend de la distribution et de la densité des points.

Une fois que PC-DMIS a divisé le cylindre en coupes transversales, il rejette toutes les sections ayant moins de 90 degrés d'arc. Le centre du cercle correspondant n'est pas inclus dans l'élément tolérancé.

Dans certains cas, la procédure ci-dessus suppose l'absence de centres de cercle. Par exemple, les scanings en spirale avec deux révolutions ou moins, ou toutes les coupes transversales ayant moins de 90 degrés d'arc. Dans ce cas, il est impossible de suivre si précisément la description dans la norme ISO 17450-3, et PC-DMIS a alors recours à une approximation. À savoir que l'élément tolérancé est l'axe du cylindre moindres carrés, extrapolé aux points de fin des données de surface mesurées.

Quand ISO 17450-3 ne s'applique pas, un type fit est sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) et en fonction du modificateur matériel. Le type mathématique LSQ effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un best fit inscrit ou circonscrit. Quand le modificateur matériel est RFS (aucun modificateur matériel) ou MMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi externe à la matière. Quand le modificateur matériel est LMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi interne à la matière. Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Quand ISO 17450-3 ne s'applique pas et après le calcul d'un fit, une extrapolation est sélectionnée. L'extrapolation dépend de la disponibilité d'un plan exemple et de la présence d'un modificateur de zone projetée :

- Quand il n'y a pas de plan exemple et de modificateur de zone projetée, l'axe best fit est extrapolé aux extrémités nominales du cylindre. Les extrémités nominales du cylindre sont nominalement orientées et situées par rapport aux références mesurées. S'il y a un modificateur de zone projetée, l'extrapolation débute à la face de départ nominale du cylindre. Elle se poursuit en s'éloignant de l'extrémité jusqu'à atteindre le plan de projection nominal parallèle au plan de départ à la distance projetée à partir de lui.
- Quand il y a un plan exemple, l'extrapolation débute au plan de départ mesuré.

L'axe ajusté extrapolé correspond à l'élément tolérancé.

Éléments circulaires avec des données de surface soumis à ASME Y14.5

L'élément tolérancé est un point 2D quand l'élément considéré est un cercle. Sous ASME Y14.5, quand l'élément circulaire a des données de surface, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Un type fit est d'abord sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) et du modificateur matériel. Le type mathématique **LSQ** effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un

best fit inscrit ou circonscrit. Quand le modificateur matériel est RFS (aucun modificateur matériel) ou MMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi externe à la matière. Quand le modificateur matériel est LMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi interne à la matière. Par conséquent, le type mathématique **PAR DÉFAUT** génère normalement l'enveloppe de forme parfaite (UAME), sauf si le modificateur est LMC. Dans ce cas, le type mathématique produit l'enveloppe de minimum de matière (UAMME). Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Une projection est ensuite sélectionnée en fonction de s'il existe un plan exemple :

- Quand il n'y a pas de plan exemple, le point central best fit est projeté sur le plan de départ nominal du cercle. Ce dernier est nominalement orienté et situé par rapport aux références mesurées.
- Quand il y a un plan exemple, le point central best fit est projeté sur le plan de départ mesuré.

Le point projeté est l'élément tolérancé.

Éléments circulaires avec des données de surface soumis à ISO 1101

L'élément tolérancé est un point 2D quand l'élément considéré est un cercle. Sous ISO 1101, quand l'élément circulaire a des données de surface, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Toutes les possibilités impliquent l'ajustement d'un cercle.

Tout d'abord, PC-DMIS détermine si ISO 17450-3 : 2016 s'applique ou non. Pour PC-DMIS, cette norme s'applique en l'absence de modificateur matériel, de modificateur d'élément tolérancé associé, et quand le type mathématique d'élément est **DEFAULT**.

Quand ISO 17450-3 s'applique, l'élément tolérancé est le point central du cercle moindres carrés.

Quand ISO 17450-3 ne s'applique pas, un type fit est sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) et du modificateur matériel. Le type mathématique **LSQ** effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un best fit inscrit ou circonscrit. Quand le modificateur matériel est MMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi externe à la matière. Quand le modificateur matériel est LMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi interne à la matière. Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Utilisation de tolérances géométriques

Le vecteur d'axe du cercle best fit est nominalement orienté vers les références mesurées. S'il existe un plan exemple, il contrôle le vecteur d'axe du cercle best fit de façon à ce que les références mesurées ne contrôlent pas les vecteurs d'axes.

Une projection est ensuite sélectionnée en fonction de s'il existe un plan exemple :

- Quand il n'y a pas de plan exemple, le point central best fit est projeté sur le plan de départ nominal du cercle. Ce dernier est nominalement orienté et situé par rapport aux références mesurées.
- Quand il y a un plan exemple, le point central est projeté sur le plan de départ mesuré. L'orientation du plan de départ mesuré dépend du nombre de palpages exemples. S'il n'y a qu'un seul palpage exemple, le plan de départ mesuré hérite l'orientation nominale. S'il y a trois palpages exemples ou plus, le plan de départ mesuré hérite son orientation du plan exemple mesuré.

Le point projeté est l'élément tolérancé.

Éléments coniques avec des données de surface soumis à ASME Y14.5

L'élément tolérancé est un axe quand l'élément considéré est un cône. Sous ASME Y14.5, quand l'élément conique a des données de surface, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Un type fit est d'abord sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**). Le type mathématique **LSQ** effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un best fit inscrit ou circonscrit, choisi externe à la matière. Par conséquent, le type mathématique **PAR DÉFAUT** génère normalement l'enveloppe de forme parfaite (UAME). Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable. Dans tous ces fits, l'angle de cône est autorisé pour une optimisation depuis l'angle nominal.

Par ailleurs, une extrapolation est sélectionnée. Elle dépend si des palpages exemples sont disponibles :

- Quand il n'y a pas de plan exemple, l'axe best fit est extrapolé aux extrémités nominales du cône. Les extrémités nominales du cône sont nominalement orientées et situées par rapport aux références mesurées.
- Quand il y a un plan exemple, l'extrapolation débute au plan de départ mesuré.

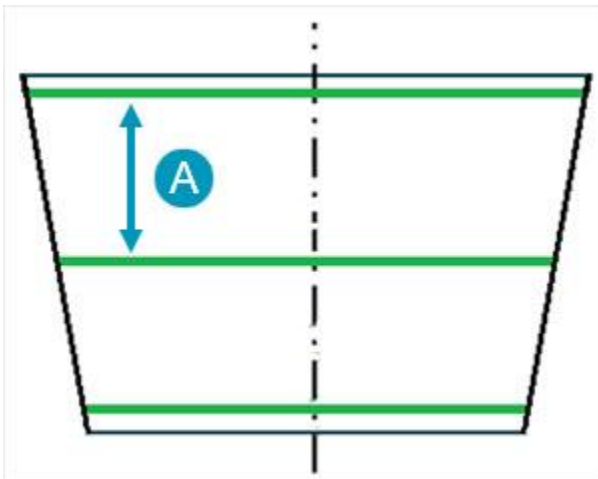
L'axe ajusté extrapolé correspond à l'élément tolérancé.

Éléments coniques avec des données de surface soumis à ISO 1101

L'élément tolérancé est un axe quand l'élément considéré est un cône. Sous ISO 1101, quand l'élément cylindrique a des données de surface, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Quand le type mathématique de l'élément est **PAR DÉFAUT**, PC-DMIS décide qu'une généralisation de la norme ISO 17450-3 : 2016 s'applique afin que l'élément tolérancé soit un axe imparfait dérivé de plusieurs coupes transversales. Chaque coupe transversale à un cercle moindres carrés ajusté à elle. Le vecteur de chaque cercle est le vecteur de l'axe moindres carrés du cône entier. Les points centraux des cercles forment l'élément tolérancé. Ce processus est très proche de la spécification dans ISO 17450-3. PC-DMIS détermine les coupes transversales comme suit :

- Si le cône a été mesuré dans des coupes transversales propres, c'est-à-dire sur plusieurs niveaux avec un écart facilement détectable entre chaque niveau, PC-DMIS se sert de ces coupes transversales propres.

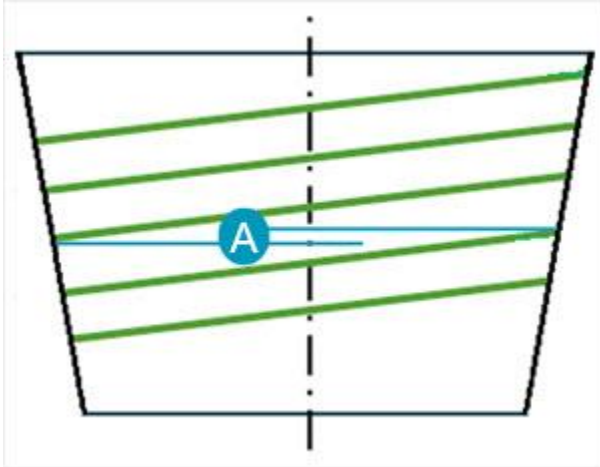


A - Écart

Écart facilement détectable entre la fin du premier niveau et le début du suivant. Trois coupes transversales sont renvoyées.

- Si le cône n'a pas été mesuré dans des coupes transversales propres mais que les données suivent un motif de spirale propre, PC-DMIS divise la spirale en plusieurs coupes transversales (autant que le nombre de révolutions dans cette spirale si elle en inclut plus de deux).

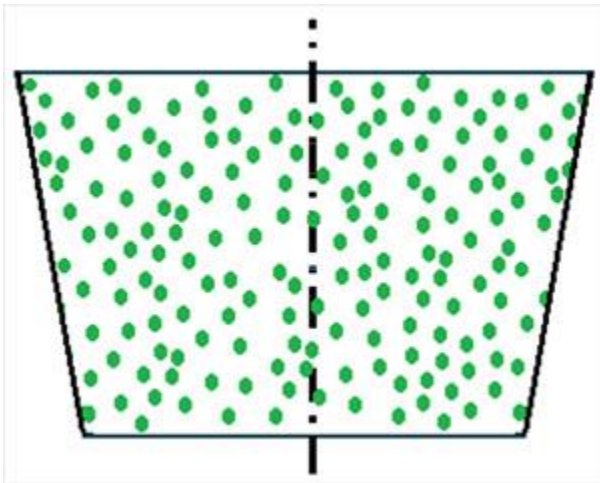
Utilisation de tolérances géométriques



A - Aucun écart

Vous pouvez voir dans cet exemple une spirale continue ou des points de début et de fin se chevauchant. Cinq coupes transversales sont renvoyées.

- Si le cône n'a été mesuré ni dans des coupes transversales propres ni dans un motif de spirale propre, PC-DMIS réalise un meilleur effort pour diviser les données en coupes transversales.



Vous pouvez voir dans cet exemple qu'il n'existe pas de motif visible. Le nombre de coupes transversales renvoyées dépend de la distribution et de la densité des points.

Une fois que PC-DMIS a divisé le cône en coupes transversales, il rejette toutes les sections ayant moins de 90 degrés d'arc. Le centre du cercle correspondant n'est pas inclus dans l'élément tolérancé.

Dans certains cas, la procédure ci-dessus suppose l'absence de centres de cercle. Par exemple, les scanings en spirale avec deux révolutions ou moins, ou toutes les

coupes transversales ayant moins de 90 degrés d'arc. Dans ce cas, il est impossible de suivre si précisément la description dans la norme ISO 17450-3, et une approximation est employée. À savoir que l'élément tolérancé est l'axe du cône moindres carrés, extrapolé aux points de fin des données de surface mesurées.

Quand le type mathématique de l'élément est **LSQ**, PC-DMIS décide que ISO 17450-3 : 2016 ne s'applique pas. Un fit moindres carrés est calculé pour générer un axe moindres carrés. L'angle de cône est autorisé pour une optimisation depuis l'angle nominal. Une extrapolation est ensuite sélectionnée ; elle dépend si des palpées exemples sont disponibles :

- Quand il n'y a pas de plan exemple, l'axe best fit est extrapolé aux extrémités nominales du cône. Les extrémités nominales du cône sont nominalement orientées et situées par rapport aux références mesurées.
- Quand il y a un plan exemple, l'extrapolation débute au plan de départ mesuré.

L'axe ajusté extrapolé correspond à l'élément tolérancé.

Éléments de largeur avec des données de surface soumis à ASME Y14.5

L'élément tolérancé est un plan quand l'élément considéré est une largeur. Notez que tous les éléments de largeur PC-DMIS ont des données de surface. Sous ASME Y14.5, quand l'élément considéré est une largeur, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Un type fit est d'abord sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) et du modificateur matériel. Le type mathématique **LSQ** effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un best fit inscrit ou circonscrit. Quand le modificateur matériel est RFS (aucun modificateur matériel) ou MMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi externe à la matière. Quand le modificateur matériel est LMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi interne à la matière. Par conséquent, le type mathématique **PAR DÉFAUT** génère normalement l'enveloppe de forme parfaite (UAME), sauf si le modificateur est LMC. Dans ce cas, le type mathématique produit l'enveloppe de minimum de matière (UAMME). Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Les points de surface points sont ensuite tous projetés sur le plan central de la largeur ajustée. L'élément tolérancé est alors un polygone convexe qui décrit le périmètre de ces points de surface projetés. En termes mathématiques, l'élément tolérancé est l'enveloppe des points de surface projetés.

Éléments de largeur avec des données de surface soumis à ISO 1101

L'élément tolérancé est un plan quand l'élément considéré est une largeur. Notez que tous les éléments de largeur PC-DMIS ont des données de surface. Sous ISO 1101, quand l'élément considéré est une largeur, l'élément tolérancé est construit de la façon suivante :

Tout d'abord, PC-DMIS détermine si ISO 17450-3 : 2016 s'applique ou non. Pour PC-DMIS, ISO 17450-3 : 2016 s'applique en l'absence de modificateur matériel et quand le type mathématique de l'élément est **PAR DÉFAUT**.

Quand ISO 17450-3 s'applique, l'élément tolérancé est un plan imparfait. L'élément tolérancé correspond aux points centraux des tailles à deux points opposés, comme décrit dans ISO 17450-3 et ISO 14405-1. Ce processus est très proche de la spécification dans ISO 17450-3.

Quand ISO 17450-3 ne s'applique pas, un type fit est sélectionné en fonction du type mathématique de l'élément (**PAR DÉFAUT** ou **LSQ**) et du modificateur matériel. Le type mathématique **LSQ** effectue toujours un best fit moindres carrés. Le type mathématique **PAR DÉFAUT** réalise un best fit inscrit ou circonscrit. Quand le modificateur matériel est RFS (aucun modificateur matériel) ou MMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi externe à la matière. Quand le modificateur matériel est LMC, le best fit inscrit ou circonscrit est choisi interne à la matière. Sachant que les fits inscrits et circonscrits traditionnels sont connus pour leur instabilité, PC-DMIS se sert d'un algorithme moindres carrés contraint pour calculer le fit inscrit ou circonscrit de façon stable.

Quand ISO 17450-3 ne s'applique pas et une fois un fit calculé, les points de surface sont tous projetés sur le plan ajusté. L'élément tolérancé est alors un polygone convexe qui décrit le périmètre de ces points de surface projetés. En termes mathématiques, l'élément tolérancé est l'enveloppe des points de surface projetés.

Éléments sans données de surface

Plusieurs types d'éléments considérés n'ont pas de données de surface (pour des informations, voir « Types d'éléments avec et sans données de surface »). Quand l'élément considéré n'a pas de données de surface, son type mathématique n'est pas disponible dans la commande de tolérance géométrique. Le plus souvent, vous ne devez pas utiliser des éléments qui n'ont pas de données de surface. En effet, la commande de tolérance géométrique est alors incapable de construire l'élément tolérancé à partir de données de surface de façon à ce qu'il soit conforme à ASME Y14.5 ou ISO 1101. Il vous revient dans ce cas de définir l'élément tolérancé selon les standards applicables.

Pour les éléments axiaux ou linéaires sans données de surface, l'élément tolérancé est le segment de droite allant du point de départ mesuré au point de fin mesuré. Pour les éléments circulaires, sphériques et de point sans données de surface, l'élément tolérancé est le barycentre mesuré de l'élément.

La gestion des droites BF construites 3D est plus complexe. PC-DMIS les interprète comme des éléments sans données de surface. Il interprète à la place les points d'entrée comme des centres de cercle de coupes transversales circulaires. Sous ISO 1101, cette interprétation est conforme à ISO 17450-3 : 2016, et l'élément tolérancé est l'ensemble des barycentres. Sous ASME Y14.5 toutefois, PC-DMIS interprète les droites BF construites 3D de la même façon que d'autres éléments axiaux ou linéaires sans données de surface. Dans ce cas, l'élément tolérancé est le segment de droite du point de départ à celui de fin (sauf pour la planéité des tolérances d'un axe qui utilisent tous les barycentres d'entrée).

Le plan médian est le seul élément plat sans données de surface qui est autorisé comme élément considéré. Le plus souvent, vous devez utiliser des largeurs 3D au lieu de plans médians (et des largeurs 2D à la place de droites médianes, ainsi que des largeurs 1D à la place de points médians). La commande de plan médian est encore prise en charge pour que les anciens programmes fonctionnent après leur migration à PC-DMIS 2020 R2 ou ultérieur. Sachant que PC-DMIS prend toujours en charge les plans médians pour ces applications, son interprétation dans la commande de tolérance géométrique est similaire à celle de XactMeasure. PC-DMIS interprète en effet les plans médians avec quatre coins y figurant, et l'élément tolérancé est formé par le rectangle entre ces quatre coins.

Logements et encoches

Les logements et les encoches sont traités comme des largeurs 2D sans données de surface. L'élément tolérancé est alors une droite centrée par rapport au barycentre de l'élément. Pour les logements, les utilisateurs peuvent choisir si le logement est considéré en largeur ou en longueur, comme expliqué dans « Logements en longueur et en largeur » :

Pour un logement en largeur, sa taille correspond à sa largeur, et la zone de tolérance détermine la position dans le sens de la largeur. Dans ce cas, la ligne de l'élément tolérancé est parallèle à la longueur du logement et est aussi longue que la longueur de ce dernier.

Pour un logement en longueur, sa taille correspond à sa longueur, et la zone de tolérance détermine la position dans le sens de la longueur. Dans ce cas, la ligne de l'élément tolérancé est parallèle à la largeur du logement et est aussi longue que la largeur de ce dernier.

Pour une encoche, sa taille correspond à sa longueur, et la zone de tolérance détermine la position dans le sens de la longueur. Dans ce cas, la ligne de

l'élément tolérancé est parallèle à la largeur de l'encoche et est aussi longue que la largeur de cette dernière.

Modificateur du plan tangent

Le plus souvent, pour les éléments considérés de type plan, l'élément tolérancé correspond aux données de surface de l'élément considéré. Toutefois, le modificateur du plan tangent fait varier l'élément tolérancé des données de surface. Les tolérances d'angularité, de parallélisme, de perpendicularité et de position sur des plans sont autorisées à utiliser le modificateur du plan tangent. L'élément tolérancé est dérivé de la façon suivante.

Tout d'abord, un plan moindres carrés contraint et externe à la matière est ajusté de façon à éliminer l'influence des vides de surface. De la même manière, les plans de référence primaire sont ajustés sous ASME Y14.5 avec le type mathématique **PAR DÉFAUT**, et les plans de référence primaire sont ajustés sous ISO 1101 avec le type mathématique **CL2**. Nous utilisons ce type mathématique car (1) il est externe à la matière, (2) il imite assez bien le comportement d'une plaque de surface et (3), il est stable comparé aux autres fits externes à la matière.

Ensuite, les points de surface sont tous projetés sur le plan moindres carrés contraint. L'élément tolérancé est alors un polygone convexe qui décrit le périmètre de ces points de surface projetés. En termes mathématiques, l'élément tolérancé est l'enveloppe des points de surface projetés.

Tolérances simultanées

De nombreuses tolérances géométriques sont pensées pour être considérées simultanément. Par exemple, quand des spécifications de position et/ou de profil de surface renvoient au même cadre de tolérance partiellement contraint, vous devez normalement les considérer simultanément. Pour plus de détails, voir les standards suivants :

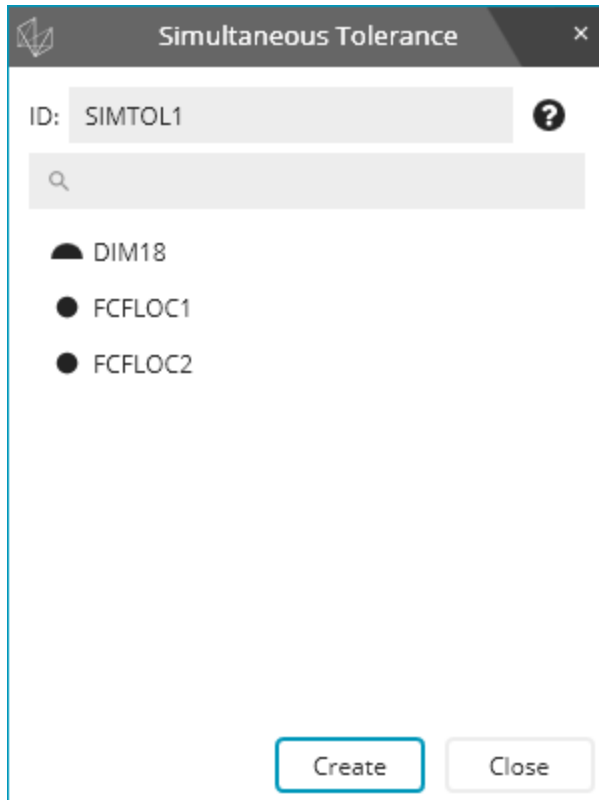
- ASME Y14.5 - 1994 sections 4.5.12 et 5.3.6
- ASME Y14.5 - 2009 section 4.19
- ASME Y14.5 - 2018 section 7.19
- ISO 5458 - 1998

Il vous revient de choisir les tolérances géométriques à considérer simultanément. Pour ce faire, vous créez une commande de tolérance simultanée pour chaque ensemble de tolérances géométriques simultanées.

PC-DMIS peut prendre simultanément en compte des spécifications de profil de droite à condition qu'elles aient au moins une référence, mais cette approche n'est pas conseillée. Pour plus de détails, voir « Profil d'une droite ».

Définition d'une tolérance simultanée

1. Dans le menu, choisissez **Insérer | Dimension | Tolérance simultanée** pour ouvrir la boîte de dialogue **Tolérance simultanée** :



2. Modifiez l'ID de dimension si besoin est.
3. Sélectionnez les commandes de tolérances géométriques appartenant à la tolérance simultanée.
4. Une fois la commande de tolérance géométrique sélectionnée, la liste est automatiquement filtrée et vous ne voyez que les dimensions avec le même cadre de tolérance que la première commande de tolérance sélectionnée.

Syntaxe du mode commande

La syntaxe du mode commande dans la fenêtre de modification ressemble à ce qui suit :



SIMTOL2

=SIMULTANEOUS_TOLERANCE/FCFLOC2,FCFLOC5,FCFPROF12,,

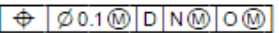


Comme dans la boîte de dialogue, les seuls contrôles dans la fenêtre de modification concernant l'ID de dimension et les commandes de tolérances géométriques appartenant à la tolérance simultanée.

Comportement

Considérez la commande de tolérance simultanée comme une annotation ou une instruction. Rien ne se passe si vous l'exécutez. Elle n'apparaît pas non plus dans le rapport. À la place, la commande de tolérance simultanée change la façon dont les tolérances géométriques sont évaluées.

Au cours de l'exécution, les commandes de tolérances géométriques savent qu'elles appartiennent à la commande de tolérance simultanée. Elles savent aussi quelles autres commandes de tolérances géométriques font partie de la commande de tolérance simultanée. Si vous avez mesuré toutes les entrées de toutes les tolérances simultanées (afin que la tolérance soit prête à être évaluée), le calcul simultané a lieu. Si vous n'avez pas mesuré tous les éléments d'entrée en revanche, la tolérance n'est pas prête pour évaluation. Dans ce cas, PC-DMIS affiche temporairement un message « En attente d'évaluation » dans toutes les commandes de tolérances géométriques dans l'ensemble simultané. Le message identifie la tolérance géométrique à l'origine du retard et les éléments non mesurés. Votre rapport affiche aussi temporairement le message « Attente » au lieu d'une valeur mesurée. Lorsque tous les éléments d'entrée sont mesurés, PC-DMIS met à jour la fenêtre de modification et le rapport avec les valeurs mesurées.

Le rapport pour une tolérance appartenant à un ensemble simultané ressemble à ceci :

FCFLOC8		MM	 : SIMTOL2				LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	BONUS	OUTTOL	
DAT_Y1_Z1	X	57.150000			57.211490	0.061490			
	Z	101.600000			101.529825	-0.070175			
	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.186606	0.186606	0.024326	0.062280	
DAT_Y2	X	-209.550000			-209.559500	-0.009500			
	Z	-25.400000			-25.493130	-0.093130			
	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.187227	0.187227	0.024740	0.062487	

Le rapport est fondamentalement le même que pour toute autre tolérance géométrique. PC-DMIS montre l'étiquette dans le rapport à la même place qu'il le ferait s'il n'y avait pas de tolérance simultanée. Vous pouvez savoir si une tolérance a été considérée simultanément par le texte dans l'en-tête de l'étiquette. Par exemple, dans l'image ci-dessus, ce texte est SIMTOL2. Il indique donc la commande de tolérance simultanée à laquelle appartient la commande de tolérance géométrique.

PC-DMIS ne considère pas simultanément les segments inférieurs de tolérances de profil ou de position composite. Le segment supérieur est simultanément à d'autres commandes de tolérance, mais PC-DMIS considère les segments inférieurs indépendamment du reste.

Recommandations de structuration des routines de mesure

Sachez que lors de l'exécution, quand PC-DMIS exécute chaque tolérance géométrique dans l'ensemble simultané, il affiche un message temporaire « En attente » jusqu'à ce que toutes les tolérances appartenant à cet ensemble simultané aient été exécutées. La façon la plus simple d'éviter ce message temporaire « En attente » est de mesurer d'abord tous vos éléments, puis de placer toutes vos tolérances après ces éléments. Toutes les tolérances sont ainsi prêtes à être évaluées et le message « En attente » ne s'affiche pas.

Si vous utilisez des expressions avec vos commandes de tolérances géométriques, placez-les suffisamment tard dans votre routine de mesure pour ne pas obtenir un message « En attente ».

Enfin, lorsque votre routine de mesure n'a pas besoin de structure spéciale pour utiliser des tolérances simultanées, le plus sécurisé est d'avoir le même alignement actif pour toutes les commandes de tolérance géométrique et la commande de tolérance simultanée. Si possible, placez la commande de tolérance simultanée directement après la dernière commande de tolérance géométrique pour ce groupe de FCF (n'attendez pas la fin de la routine de mesure). S'il y a des changements d'alignement dans la routine de mesure, les valeurs mesurées ne sont pas affectées, mais il est nécessaire d'ajouter des commandes de rappel d'alignement pour éviter des problèmes avec les informations récapitulatives XYZ.

Comparaison avec la pratique antérieure

PC-DMIS 2020 R2 a introduit la commande de tolérance simultanée ([SIMULTANEOUS_TOLERANCE](#)). Cette commande fonctionne avec la nouvelle commande de tolérance géométrique. Avant cela, PC-DMIS proposait la commande d'évaluation simultanée ([SIMULTANEOUS_EVALUATION](#)). Elle était conçue pour fonctionner avec la commande XactMeasure. La nouvelle commande de tolérance simultanée fonctionne différemment de la commande d'évaluation simultanée :

Évaluation simultanée	Tolérance simultanée
(Comportement des versions 2020 R1 et antérieures)	(Comportement des versions 2020 R2 et ultérieures)

Les tolérances XactMeasure ont été désélectionnées pour exécution (en bleu dans la fenêtre de modification en mode commande).	Les tolérances géométriques sont sélectionnées pour exécution (en blanc dans la fenêtre de modification en mode commande).
Les tolérances XactMeasure n'avaient rien dans le rapport.	Les tolérances géométriques sont signalées comme d'habitude, et une petite note dans le rapport indique qu'elles appartiennent à un ensemble simultané.
Le rapport d'évaluation simultanée incluait tous les résultats de toutes les tolérances dans l'ensemble simultané.	La tolérance simultanée ne produit rien dans le rapport.

Migration

Si vous ouvrez un programme depuis la version 2020 R1 ou une version antérieure, PC-DMIS effectue ce qui suit :

- Il convertit les commandes d'évaluation simultanée en commandes de tolérance simultanée
- Il convertit les tolérances XactMeasure en commandes de tolérances géométriques
- Il sélectionne les commandes de tolérances géométriques pour exécution (en blanc dans la fenêtre de modification en mode commande)
- Si des spécifications de profil de droite sont incluses dans une commande d'évaluation simultanée ne renvoyant à aucune référence, PC-DMIS les convertit en profil de surface.

Pour des informations supplémentaires sur la migration, voir « Migration depuis des versions antérieures de PC-DMIS ».

Sortie de résultats de tolérances géométriques

Les sorties de résultats de commandes de tolérances géométriques peuvent se faire de diverses façons.

Données statistiques

Les données statistiques est l'une des façons les plus courantes d'accéder aux résultats de tolérances géométriques. Pour plus d'informations, voir le chapitre « Suivi des données statistiques ».



Seules les méthodes [STATS/ON, Datapage+](#) et [STATS/ON, QDAS](#) de sortie statistique prennent en charge les commandes de tolérance géométrique.

Sortie Excel

La sortie Excel est une autre façon courante d'accéder aux résultats de tolérances géométriques. Pour plus d'informations, voir « Sortie vers un fichier Excel » au chapitre « Utilisation des options de fichier de base » de la documentation PC-DMIS Core.



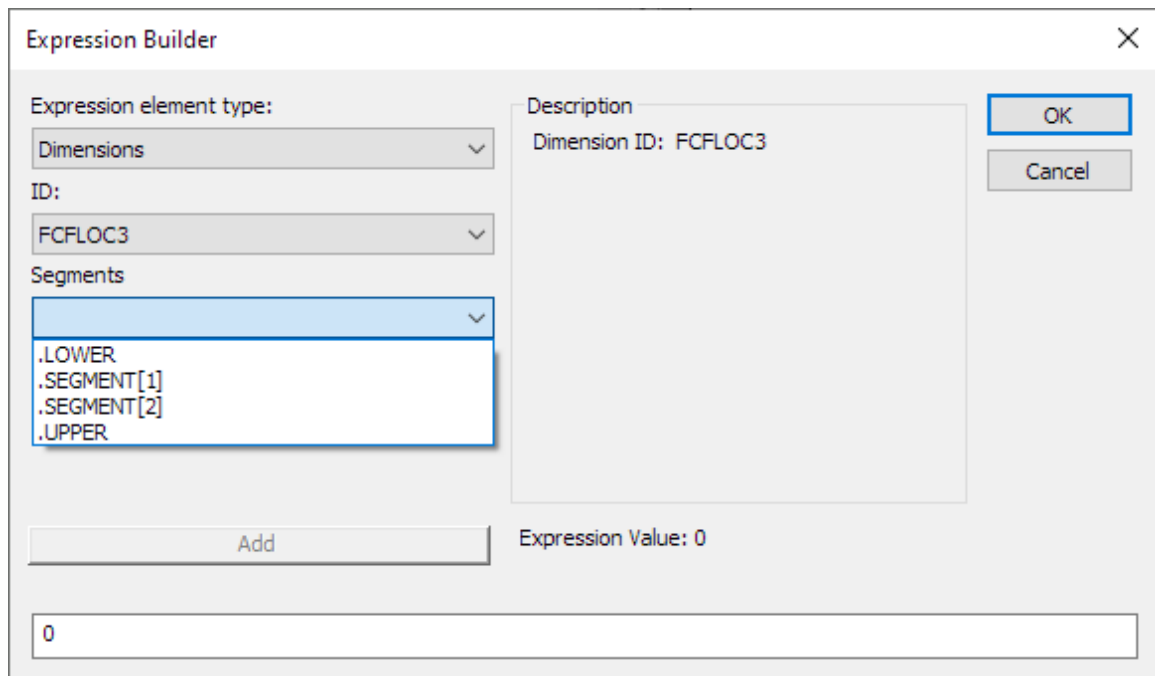
Vous pouvez également exporter du contenu avec le rapport de formulaire Excel (**Insérer | Commande de rapport | Rapport de formulaire Excel**). Pour des détails, voir la section « Utilisation de la commande de rapport de formulaire Excel » de la documentation PC-DMIS Toolkit Modules.

Expressions

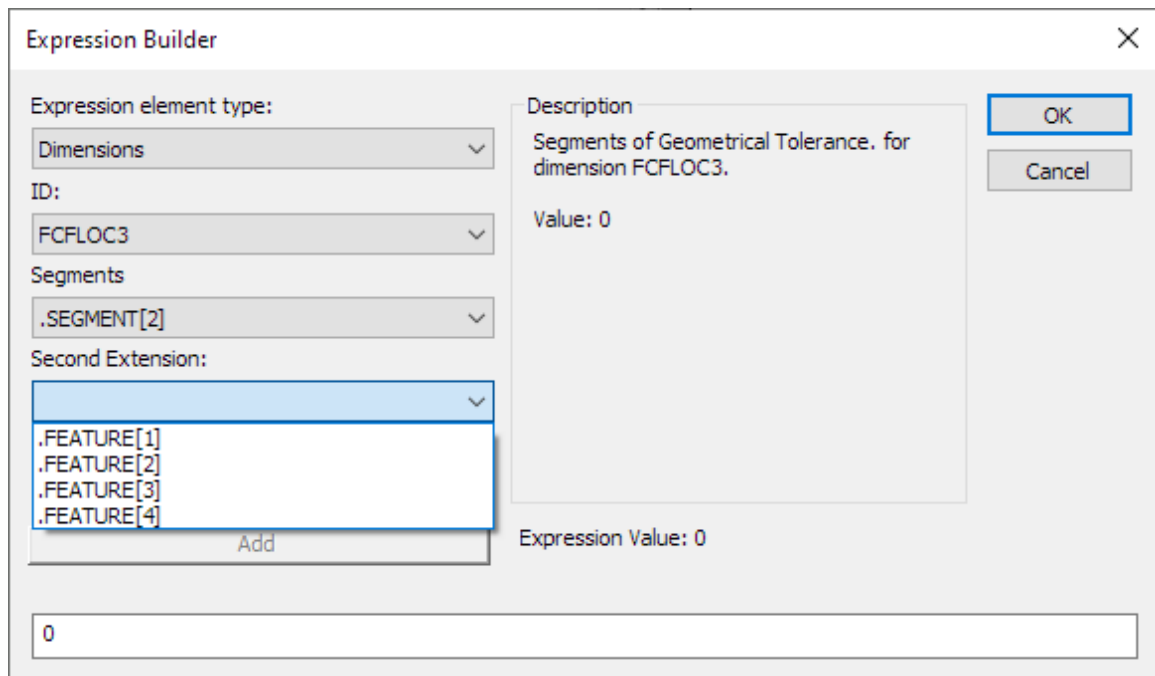
Les expressions sont également une façon courante d'accéder aux résultats de tolérances géométriques. Pour une présentation générale du fonctionnement des expressions, voir le chapitre « Utilisation d'expressions et de variables ».

La façon la plus simple de construire une expression faisant référence à une tolérance géométrique est à l'aide de la boîte de dialogue **Construction d'expressions**.

1. Choisissez l'option de menu **Modifier | Expression** pour accéder à la boîte de dialogue **Construction d'expressions**. Si l'option n'est pas visible, le curseur dans votre fenêtre de modification doit être sur une zone pouvant accepter une expression, telle que la valeur d'une affectation de variable.
2. Dans la liste **Type d'élément d'expression**, sélectionnez **Dimensions**.
3. Dans la liste **ID**, choisissez le nom d'ID de la dimension.
4. Dans la liste **Segments**, choisissez le segment à utiliser dans votre expression. Vous voyez les segments de toutes les commandes de tolérances géométriques répertoriés ici :

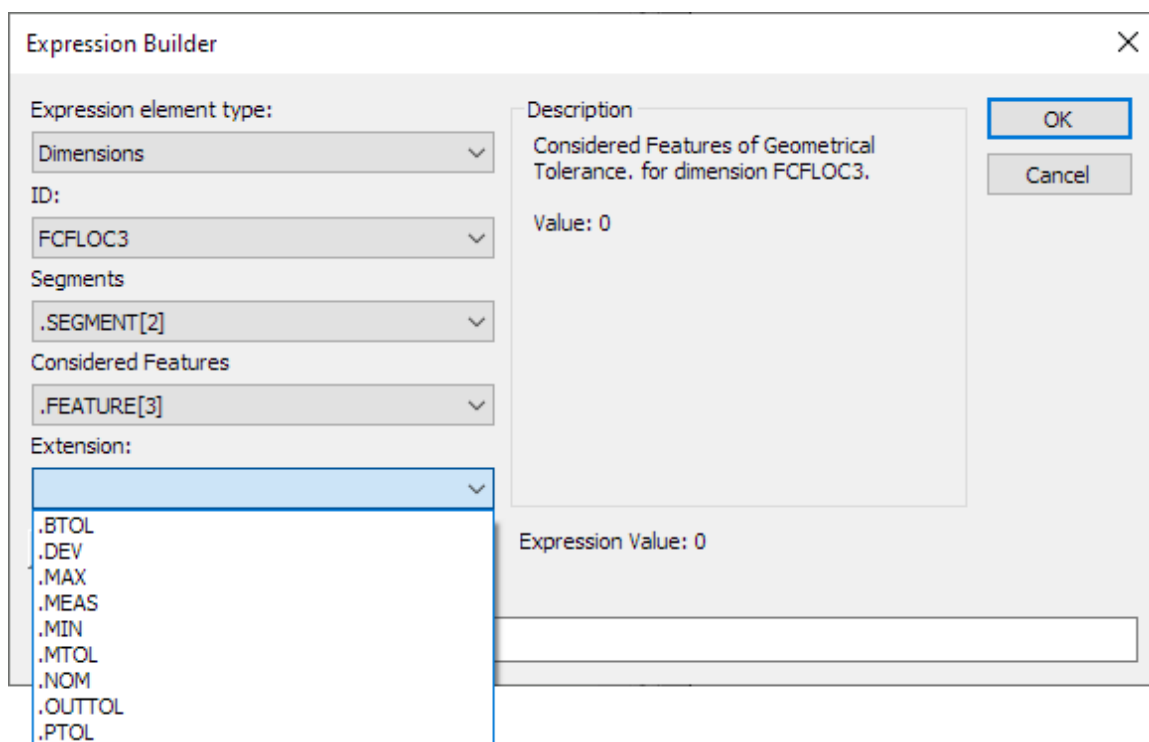


- **.LOCAL_SIZE** accède à la taille locale
 - **.UAME** accède à la taille d'enveloppe de forme parfaite
 - **.SEGMENT[1]** accède au premier segment
 - **.SEGMENT[2]** accède au second segment
5. Quand vous avez sélectionné votre segment, la liste **Seconde extension** s'affiche. Dans cette liste, choisissez l'élément dont vous voulez connaître les résultats :



PC-DMIS montre tous les éléments de la commande de tolérance géométrique répertoriés ici.

6. Quand vous avez choisi votre élément, la liste **Extension** s'affiche. Dans cette liste, choisissez l'extension.



Pour en savoir plus ces extensions et les informations qu'elles contiennent, voir « Extensions valides pour la référence de dimension de type double par exemple » dans « Références de type double » au chapitre « Utilisation d'expressions et de variables ».

7. Cliquez sur **OK** pour insérer l'expression dans la fenêtre de modification.

Remarques sur les étiquettes de rapport de tolérance géométrique

Étiquettes GEOTOL_SUMMARY

En raison de la conception des étiquettes GEOTOL_SUMMARY de tolérance géométrique (GEOTOL_SUMMARY.lbl, GEOTOL_SUMMARY1.lbl, GEOTOL_SUMMARY2.lbl, GEOTOL_SUMMARY3.lbl et GEOTOL_SUMMARY4.lbl), vous ne devez pas personnaliser l'alignement vertical et horizontal.

La raison de ne pas personnaliser les étiquettes GEOTOL_SUMMARY est qu'elles utilisent une seule ligne pour chaque élément. C'est pourquoi le contenu (par exemple X, Y, Z, PR, PA et TP) contient des retours à la ligne non ajustables pour définir chaque ligne de données. Si vous tentez de définir un alignement horizontal à l'étiquette GEOTOL_SUMMARY, seule la première ligne est affectée. Si vous tentez de définir un

alignement vertical à l'étiquette GEOTOL_SUMMARY, il génère un rapport en escalier car Tol+ et Tol- ne sont pas affichées pour X, Y, Z, PR et PA.

Étiquette SIZE_GEOTOLERANCE.LBL

Le contenu dans les étiquettes SIZE_GEOTOLERANCE.LBL de tolérance géométrique sont des lignes individuelles, mais elles sont uniques car elles regroupent les tailles supérieures et inférieures pour chaque élément. C'est pourquoi vous ne devez pas personnaliser l'étiquette SIZE_GEOTOLERANCE.LBL.



La génération de rapports de dimension en mode texte ne prend pas en charge les commandes de tolérance géométrique. Pour des détails sur la modification de texte dans des rapports de tolérance géométrique, voir « Modifier les rapports de texte » dans la section « Modification du contenu de la fenêtre de rapport » de la documentation PC-DMIS Core.

Migration depuis XactMeasure

Dans cette rubrique *AfficherMasquer*

Introduction

Quand vous ouvrez une routine de mesure depuis une version antérieure, PC-DMIS tente de migrer les commandes. En fonction de la version dans laquelle la routine a été enregistrée auparavant, les types de commandes de tolérance géométrique qu'elle contient et les éléments auxquels elle fait référence, un rapport de migration peut être généré. Le rapport de migration montre en détail toutes les erreurs rencontrées, ainsi que tous les changements ayant dû être appliqués pour rendre votre routine compatible avec PC-DMIS 2026.1.



Avant la migration, quand vous ouvrez votre routine dans cette version de PC-DMIS, le logiciel crée une sauvegarde de votre routine de mesure dans ce dossier :

`C:\Users\Public\Documents\Hexagon\PC-DMIS\2026.1\MigrationBackup`

N'ouvrez jamais cette routine de mesure depuis son emplacement de sauvegarde. Pour utiliser la routine de mesure sauvegardée, copiez-la d'abord dans un autre dossier.

Si vous cliquez sur le bouton **Annuler** dans le rapport de migration, PC-DMIS ignore la routine de mesure migrée et restaure automatiquement la version originale.

Vous pouvez contrôler si PC-DMIS crée ou non une sauvegarde de la routine de mesure avec le réglage `MigrationBackup` de l'éditeur de réglages. Ce réglage est par défaut défini à **True**. Si vous le définissez à **False**, PC-DMIS vous présente toujours un rapport de migration, mais il ne crée pas de sauvegarde de la routine de mesure. Par conséquent, PC-DMIS n'affiche pas l'option **Annuler** dans le rapport de migration car aucune sauvegarde n'est disponible pour réaliser une restauration.

Pour des détails sur le réglage `MigrationBackup`, voir la rubrique « MigrationBackup » dans la section « FileMan » de la documentation de l'éditeur de réglages PC-DMIS.

Flux de travail suggéré

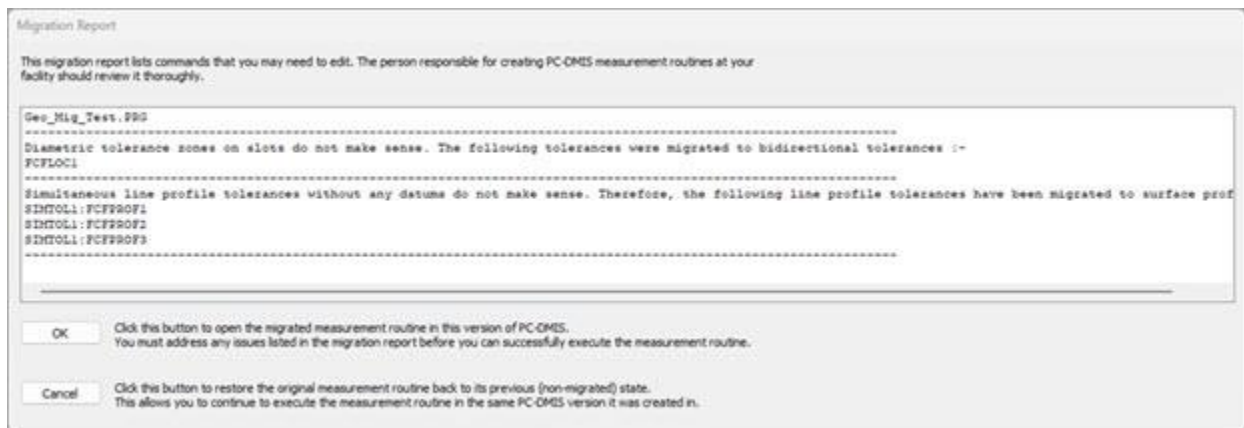
La migration est principalement automatique mais dans certains cas, vous devez personnaliser la migration à vos besoins. Vous pouvez utiliser des options pour déterminer comment se déroule la migration. Nous suggérons le flux de travail suivant pour migrer vos routines de mesure PC-DMIS depuis une version antérieure :

- Sauvegardez vos anciennes routines de mesure à un emplacement sécurisé et ne les ouvrez jamais avec 2020 R2 ou ultérieur.
- Faites une copie de vos routines de mesure sauvegardées dans un dossier où faire des essais.
- Ouvrez les copies de test de vos routines de mesure dans cette version de PC-DMIS.
- Observez attentivement les résultats de la migration. Vérifiez que la migration a abouti comme souhaité et que les nouvelles valeurs mesurées répondent à vos besoins.

- Dans de rares cas, une migration peut ne pas fonctionner dans un petit nombre d'endroits. Dans ces cas, modifiez manuellement ces endroits dans votre programme afin de mettre à jour les commandes.
- Dans de rares cas, les types mathématiques migrés peuvent ne pas fonctionner dans un grand nombre d'endroits. Si ceci se produit, ajustez vos options de migration, faites de nouvelles copies à partir de vos routines de mesure sauvegardées et placez ces copies dans le dossier de test. Ouvrez ensuite ces nouvelles copies avec cette version.
- Répétez ce flux de travail jusqu'à ce que toutes vos routines de mesure marchent pour vous.

Rapport de migration

Quand PC-DMIS détecte des problèmes lors de la migration, l'outil de migration génère un rapport dans une boîte de dialogue **Rapport de migration**. Le rapport de migration ressemble à ce qui suit :



Boîte de dialogue Rapport de migration avec un rapport de migration

PC-DMIS enregistre automatiquement le rapport de migration au même emplacement que la routine de mesure du même nom mais avec `_migratedReport.txt` ajouté à la fin.

La plupart des rapports de migration sont plus simple que l'exemple dans l'image ci-dessus. Dans cette image, le rapport inclut ces informations principales :

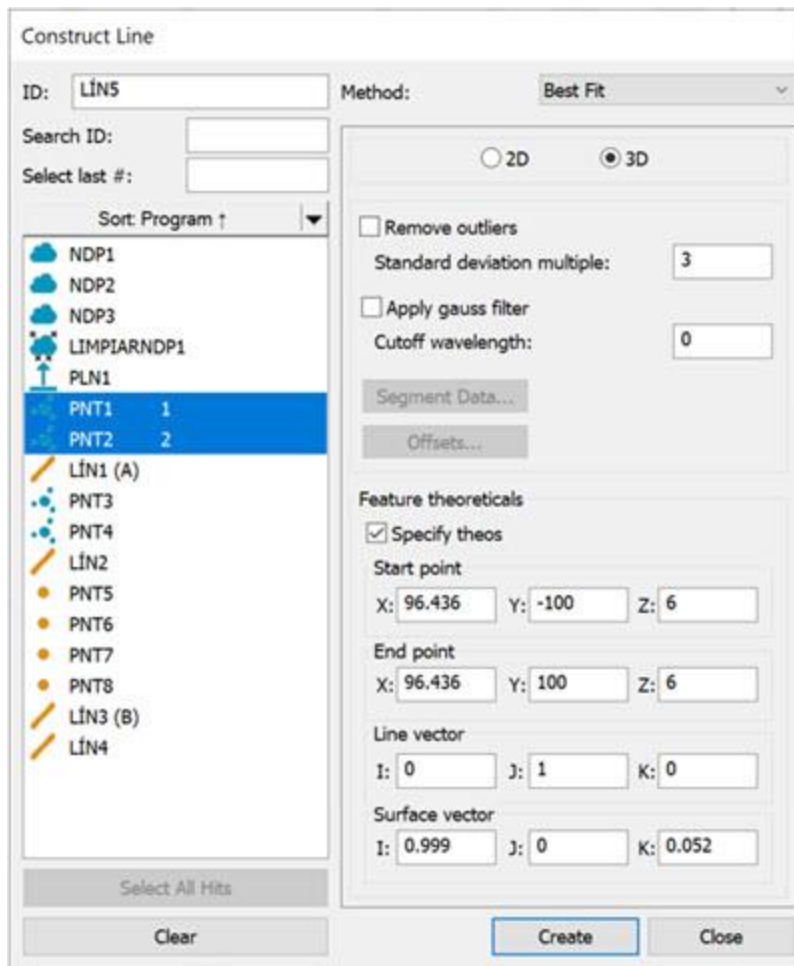
- PC-DMIS a changé FCFLOC1, remplaçant une position diamétrale unique d'un logement par deux positions planes distinctes du logement : une pour l'orientation dans la longueur du logement, une autre pour l'orientation dans sa largeur. La raison est que la prise en charge d'une position diamétrale des logements a été supprimée dans PC-DMIS 2020 R2 SP1.

- PC-DMIS a détecté plusieurs tolérances de profil de droite sans références qui étaient auparavant évaluées en simultané. La prise en charge de tolérances de profil de droite simultanées sans références a été supprimée dans PC-DMIS 2022.1 et les paquets de service suivants : 2020 R2 SP11, 2021.1 SP8 et 2021.2 SP3. Pour des détails, voir la section « Tolérances de profil de droite simultanées » dans cette rubrique.

Remarques importantes :

Vecteurs de surface de droites construites

Toutes les droites BF et BFRE construites possèdent un vecteur de droite et un vecteur de surface qui sont importants pour la commande de tolérance géométrique. Toutefois, même si vous voyez le vecteur de droite dans la fenêtre de modification en mode commande, les informations sur le vecteur de surface sont uniquement accessibles dans la section **Indiquer valeurs théoriques** de la boîte de dialogue **Construire droite**.



Si vous modifiez manuellement le vecteur de droite, PC-DMIS ajuste automatiquement le vecteur de surface pour qu'il reste orthogonal. Dans les versions plus anciennes de PC-DMIS, ceci n'était pas toujours le cas, et le vecteur de surface était éventuellement incorrect (quand les vecteurs de droites THEO étaient corrigés dans la fenêtre de modification après l'apprentissage manuel de points sur la machine, ou quand une routine de mesure était créée sans modèle CAO par exemple). XactMeasure ne se servait pas du vecteur de surface de la droite, ce qui ne posait alors pas de problème. Pour la commande de tolérance géométrique toutefois, les vecteurs de surface corrects sont très souvent importants. C'est pourquoi à compter de PC-DMIS version 2024.1, PC-DMIS recherche à présent les droites avec des vecteurs de droite et de surface non orthogonaux quand il ouvre des routines de mesure. S'il trouve une erreur, PC-DMIS normalise automatiquement le vecteur de surface et vous en informe par un message d'avertissement dans le rapport de migration.

Profil simultané des tolérances d'une droite

Si un ensemble de profils de tolérances de droite font partie d'une commande d'évaluation simultanée, et si ces profils ne renvoient pas à des références, ils sont migrés vers un profil d'une surface. Il n'est en effet pas logique (en termes de

conformité aux normes) d'évaluer simultanément un profil de tolérances de droite. Le rapport de migration annonce la migration quand elle se produit. Pour plus de détails, voir « Profil d'une droite » et « Tolérances simultanées ».

Options pour contrôler la migration

Quand vous migrez des routines de mesure depuis des versions antérieures de PC-DMIS qui contiennent des commandes de tolérance géométrique, PC-DMIS tente de sélectionner automatiquement le standard GD&T approprié avec les règles suivantes :

- Si le total combiné de commandes de tolérance géométrique et de taille ISO **est supérieur** au total combiné de commandes de tolérance géométrique et de taille ASME, **toutes** les commandes de tolérance géométrique et de taille migrées utilisent ISO 1101 (voir remarque).
- Si le total combiné de commandes de tolérance géométrique et de taille ISO **est inférieur** au total combiné de commandes de tolérance géométrique et de taille ASME, **toutes** les commandes de tolérance géométrique et de taille migrées utilisent ASME Y14.5, et elles sont sujettes à d'autres règles pour la sélection de l'année (voir remarque).
- Si le total combiné de commandes de tolérance géométrique et de taille ISO **est égal** au total de commandes de tolérance géométrique et de taille ASME, **toutes** les commandes de tolérance géométrique et de taille migrées utilisent l'entrée GDTStandard dans la section Dimensions de l'éditeur de réglages PC-DMIS. Pour des détails, voir « GDTStandard » dans la documentation de l'éditeur de réglages PC-DMIS (voir remarque).

Autres règles déterminant l'année de ASME Y14.5 à laquelle une routine doit migrer :

- Si les commandes de tolérance géométrique ASME incluent des tolérances de concentricité ou de symétrie, la routine de mesure migrée utilise ASME Y14.5 – 2009.
- Si les commandes de tolérance géométrique ASME n'incluent pas de tolérances de concentricité ou de symétrie, la routine de mesure migrée utilise ASME Y14.5 – 2018.



À partir de PC-DMIS version 2023.2, vous ne pouvez pas avoir des standards GD&T différents dans une même routine de mesure. PC-DMIS ne permet alors pas de migrer une routine de mesure 2023.2 (ou plus récente) de ISO vers ASME et inversement.

ASME Y14.5 – 1994 ne permet pas d'utiliser le modificateur de translation, le modificateur de profil dynamique, des cadres de tolérance personnalisés ou une taille de limite matérielle indiquée. Il utilise également la définition de profil plus ancienne à deux valeurs (voir ASME Y14.5.1M – 1994).

ASME Y14.5 – 2009 ne permet pas d'utiliser le modificateur de profil dynamique.

ASME Y14.5 2018 ne permet pas d'utiliser la concentricité ou la symétrie.

Dans certains cas, vous pouvez ne pas utiliser les types mathématiques ou le standard que PC-DMIS choisit lors de la migration. Vous pouvez contrôler le standard migré à appliquer. Pour ce faire, créez un fichier nommé *fcfMigrationPreferences.json* et placez-le dans *C:\ProgramData\Hexagon\PC-DMIS\2026.1*. Notez que le dossier *C:\ProgramData* est par défaut masqué.

Le fichier *fcfMigrationPreferences.json* doit être au format JSON (voir <https://en.wikipedia.org/wiki/JSON>).

Voici un fichier exemple :



```
"default standard migrates to": "ASME Y14.5"
}
```

"default standard migrates to" est la seule clé valide pour le fichier *fcfMigrationPreferences.json*. Quand le fichier *fcfMigrationPreferences.json* n'existe pas (ou s'il existe mais n'est pas un fichier JSON valide), PC-DMIS sélectionne les options mathématiques migrées en fonction des règles décrites ci-dessus. Quand le fichier *fcfMigrationPreferences.json* existe, que PC-DMIS détermine qu'il s'agit d'un fichier JSON valide et qu'il a la clé et les valeurs valides pour contrôler la migration, PC-DMIS utilise les options mathématiques définies par le fichier *fcfMigrationPreferences.json*.

Les clés non valides dans le fichier *fcfMigrationPreferences.json* sont autorisées, mais elles sont ignorées. Si le fichier *fcfMigrationPreferences.json* existe, que PC-DMIS détermine qu'il s'agit d'un fichier JSON valide mais qu'il ne possède pas la clé ou la valeur valide, le comportement pour cette clé est le même qu'en l'absence de fichier *fcfMigrationPreferences.json*.

Les valeurs valides pour la clé "custom standard migrates to" pour le fichier *fcfMigrationPreferences.json* sont :

- "ASME Y14.5-1994"
- "ASME Y14.5-2009"
- "ASME Y14.5-2018"
- "ISO 1101"

Les clés et valeurs valides dans le fichier *fcfMigrationPreferences.json* doivent être en anglais.

Utilisation de la commande de taille

La commande de taille (**Insérer | Dimension | Taille**) facilite le calcul et les rapports de tailles locales et globales selon les normes ISO 14405-1 et ASME Y14.5. Les normes ISO 14405-1 et ASME Y14.5 définissent les tailles locales et globales réelles.

Pour ASME Y14.5, les éléments autorisés sont les cylindres, les plans parallèles opposés (également appelés largeurs 3D), les sphères, les cercles (coupes transversales de cylindres) et les largeurs 2D (coupes transversales de largeurs 3D). ASME Y14.5 définit l'enveloppe correspondante réelle non associée et la taille locale.

Pour ISO 14405-1, les éléments autorisés sont les cylindres, les largeurs 3D et leurs coupes transversales. Plus de vingt modificateurs sont définis dans ISO 14405-1. Vous pouvez combiner ces modificateurs de diverses façons afin de créer un opérateur de spécification pour la taille. D'autres opérateurs de spécification sont autorisés pour les limites de taille supérieure et inférieure. Des milliers de types de calculs différentes sont ainsi possibles.

Modes commande

La commande de taille définit quatre modes distincts. Ces modes vous permettent de saisir, de calculer et de signaler différents types de calculs de taille :

1. **ASME Y14.5**

Dans ce mode, cette commande effectue ce qui suit :

- Elle enregistre une taille nominale, une limite d'écart supérieure et une limite d'écart inférieure.

- Elle calcule l'enveloppe correspondante actuelle non associée. Elle calcule aussi une longue liste de tailles locales.
- Elle signale l'enveloppe correspondante actuelle. Elle indique aussi la pire des tailles locales.

2. **ISO 14405-1, valeur nominale avec écart**

Dans ce mode, la commande de taille enregistre une taille nominale, une limite d'écart supérieure et une limite d'écart inférieure.

- S'il y a un seul opérateur de spécification, il s'applique aux deux limites.
- S'il y a deux opérateurs de spécification, chacun s'applique à une seule limite.
- Si un opérateur de spécification est une taille globale, cette taille est calculée et le rapport la compare à la ou aux limites applicables.
- Si un opérateur de spécification est une taille locale, une longue liste de ces tailles locales est calculée et la pire taille locale est signalée pour chaque limite applicable.

3. **ISO 14405-1, code ISO**

Dans ce mode, la commande de taille enregistre une taille nominale et un code ISO. Associées à la norme ISO 286-1, ces informations définissent les limites de taille.

La norme ISO 286-1 définit des centaines de codes de tolérance qui ressemblent à « E9 » et « H7 ». Ces codes de tolérance sont tous pris en charge par la commande de taille. Les rapports s'apparentent au mode ISO de valeurs nominales avec des écarts.

4. **ISO 14405-1, plage de tailles**

Vous devez utiliser ce mode avec le modificateur de plage de tailles défini par ISO 14405-1 (le texte SR dans un ovale).

Dans ce mode, cette commande effectue ce qui suit :

- Elle enregistre un seul opérateur de spécification.
- Elle n'enregistre pas de taille nominale ou de limites sur les écarts.
- Elle enregistre une valeur de tolérance car le modificateur de plage de tailles génère des opérateurs de spécification semblables aux tolérances de forme. Pour un exemple, voir la figure 17 dans la norme ISO 14405-1.

Les rapports dans ce mode s'apparentent à ceux pour les tolérances de forme.

Éléments d'entrée

La commande de taille autorise un seul élément d'entrée à la fois.

Dans mes modes ASME Y14.5 et ISO 14405-1, les types d'éléments valides sont les largeurs 1D, 2D et 3D, les cercles, les cylindres et les sphères.

Tous les éléments d'entrées utilisés avec la commande de taille doivent contenir assez de points pour représenter correctement la surface réelle. Pour faire aussi bien que les normes, il doit s'agir de points opposés.

Limites sur les éléments d'entrée pour les tailles de sections

Plusieurs opérateurs de spécification ISO pour la taille sont appelés « tailles de sections ». Par exemple, « (GG) ACS » et « (LP) ACS (SX) » sont des tailles de sections. Il s'agit de tailles locales dans lesquelles chaque coupe transversale du cylindre ou de la largeur 3D possède une taille. La pire taille de section est signalée pour chaque limite applicable.

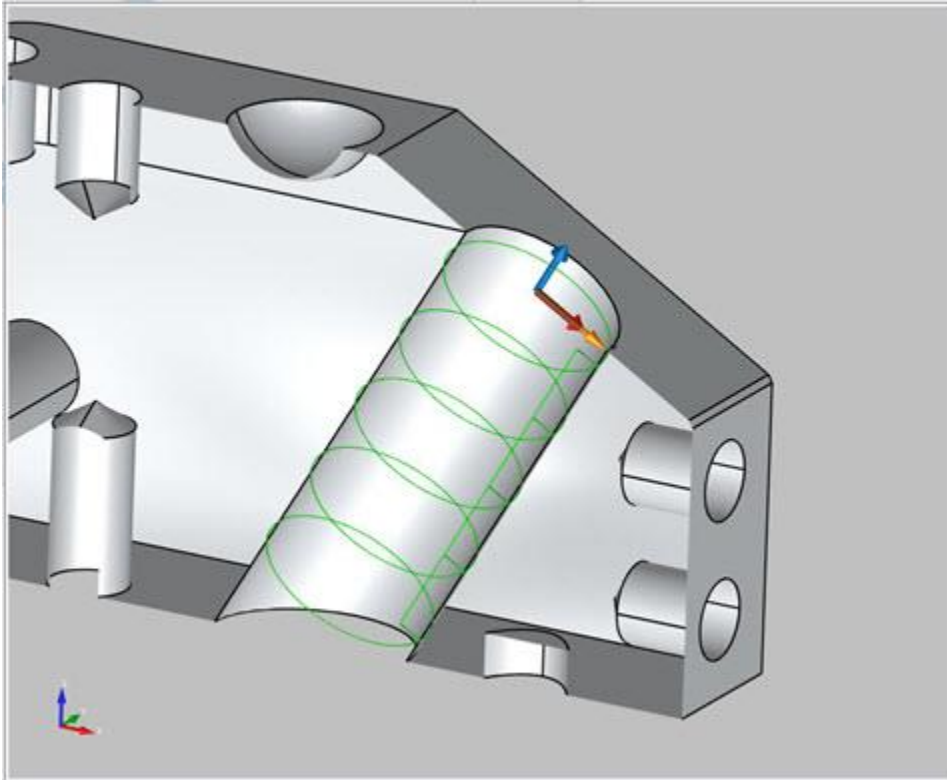
Une solution pour générer des données dans les sections consiste à utiliser des coupes transversales 2D comme des cercles et des largeurs 2D. Une autre solution est d'employer une stratégie de mesure générant des données dans les sections, comme « Stratégie de mesure PC-DMIS par défaut » ou « Scanning adaptatif de cercle concentrique de cylindre ». Pour plus d'informations sur ces stratégies de mesure, voir la rubrique « Utilisation de stratégies de mesure » dans la documentation « PC-DMIS CMM ».

Lors de l'évaluation des tailles de sections, la commande partitionne les données en sections, selon les règles suivantes :

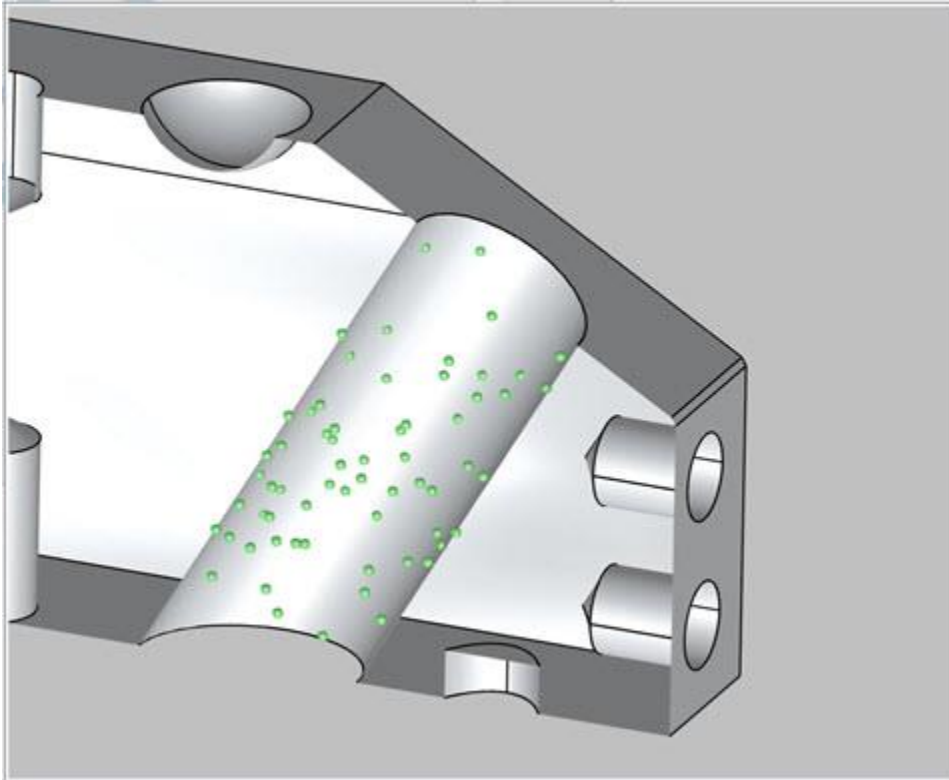
- Pour les cercles et les largeurs 2D, la commande utilise les données sans partitionnement, car l'élément est déjà une coupe transversale.
- Pour les cylindres, la commande tente de partitionner les données en coupes transversales circulaires. Les données doivent être organisées en cercles pour que la commande n'échoue pas.
- Pour les largeurs 3D, la commande échoue.

Lors du partitionnement des données cylindriques, la commande projette d'abord les points sur l'axe du cylindre. Il identifie ensuite les clusters des points projetés appartenant à la même coupe transversale.

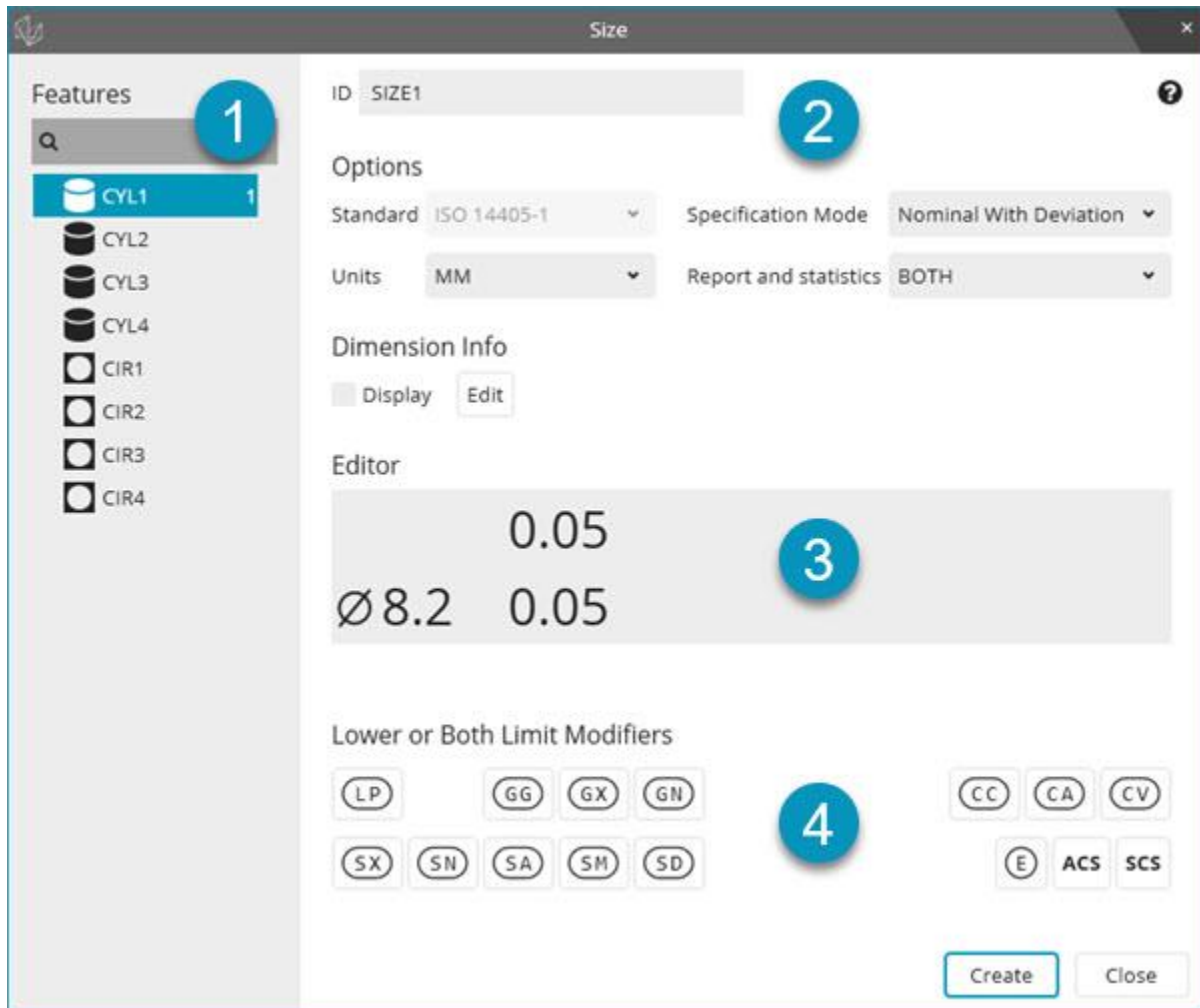
Exemple d'entrées correctes



Exemple d'entrées incorrectes



Cotation d'un élément à l'aide de l'option TAILLE



Les principaux composants de la boîte de dialogue Cotation de taille sont :

- 1 - Zone Liste d'éléments
- 2 - Zone Options
- 3 - Zone Éditeur
- 4 - Zone Modificateur de limite



Pour des informations sur l'affichage d'informations sur les dimensions, voir la rubrique « Afficher les informations sur les dimensions » dans la documentation PC-DMIS Core.

Pour la cotation d'un élément avec l'option TAILLE, procédez comme suit :

1. Sélectionnez **Insérer | Dimension | Taille** pour ouvrir la boîte de dialogue **Taille**.
2. La liste **Standard** dans la zone **Options** montre le standard actuel à utiliser dans la tolérance. Il doit correspondre au standard employé dans votre impression. PC-DMIS prend en charge les impressions basées sur ASME Y14.5 et ISO 1101.
3. Dans la zone **Options**, choisissez vos options :
 - a. Dans la liste **Standard**, sélectionnez le standard à employer pour calculer la taille.
 - b. Si vous utilisez le standard ISO 14405-1, dans la liste **Mode spécification**, sélectionnez le mode commande. Pour des informations, voir « Modes commande ». La condition d'impression détermine la sélection à faire.
 - c. Si vous utilisez la norme ASME Y14.5, une liste **Options de taille locale** apparaît à l'endroit où se trouve **Mode spécification**. Choisissez le type de taille locale, soit **Points opposés** ou **Éléments circulaires** (par défaut).



Vous trouverez des détails sur les interprétations de points opposés et d'éléments circulaires de la taille locale dans la section « Taille locale » de la rubrique « Évaluation de la taille avec la commande de tolérance géométrique » dans la documentation PC-DMIS Core.

- d. Renseignez les zones **Unités** et **Rapport et Statistiques** comme requis. Pour des informations sur ces options, voir la rubrique « Options courants de la boîte de dialogue Dimension » au chapitre « Utilisation des dimensions existantes ».
4. Dans la zone **Éditeur**, suivez les étapes ci-dessous pour définir la tolérance.



La zone **Éditeur** fait des ajustements pour inclure les conditions du mode choisi dans les listes **Norme** et **Spécification**. Tous les changements effectués dans cette boîte de dialogue sont donc perdus quand vous sélectionnez un nouveau mode de spécification.

- Sélectionnez la région à éditer et entrez la valeur.
- Pour ajouter un opérateur de spécification supérieur, cliquez sur la valeur de tolérance supérieure. Dans la zone **Modificateurs de limite inférieure ou les deux**, vous pouvez cliquer sur les boutons de modificateurs pour ajouter des modificateurs dans l'opérateur de spécification supérieur.
- Pour ajouter un opérateur de spécification inférieur, cliquez sur la valeur de tolérance inférieure. Dans la zone **Modificateurs de limite inférieure ou les deux**, vous pouvez cliquer sur les boutons de modificateurs pour ajouter des modificateurs dans l'opérateur de spécification inférieur. Quand il n'y a qu'un opérateur de spécification, placez les modificateurs dans celui inférieur.
- Pour supprimer un modificateur, cliquez à nouveau sur le bouton afin qu'il ne soit plus activé.



Exemple montrant les modificateurs sélectionnés

- Cliquez sur le bouton **Créer** pour créer la commande de taille dans la fenêtre de modification.

Lecture du rapport

ISO 14405-1 : valeurs nominales avec écarts

Avec le mode NOMINAL_WITH_DEVIATIONS, PC-DMIS compare la taille mesurée de l'opérateur de spécification supérieur à la limite supérieure de taille. Il compare aussi la taille mesurée de l'opérateur de spécification inférieur à la limite inférieure de taille. Par conséquent, la commande de taille génère deux valeurs mesurées pour un élément donné de taille :

SIZE1-CYL1			MM	ϕ 25.4 [+0.15 GN] - [-0.15 GX]		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
GN	25.500	25.400	0.150		0.100	0.000
GX	25.300	25.400		0.150	-0.100	0.000

ISO 14405-1 : codes de tolérance

Avec le mode TOLERANCE_CODE, le rapport PC-DMIS imite le mode NOMINAL_WITH_DEVIATIONS, sauf qu'il présente le code de tolérance dans l'en-tête de dimension :

SIZE2-CYL1			MM	ϕ 25.4 JS14 [GN] - [GX]		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
GN	25.500	25.400	0.260		0.100	0.000
GX	25.300	25.400		0.260	-0.100	0.000

ISO 14405-1 plage de tailles

Avec le mode RANGE_OF_SIZES, PC-DMIS compare une taille mesurée maximum à une taille mesurée minimum et signale la différence. Ce mode requiert une seule valeur mesurée. Le logiciel compare cette valeur mesurée à une tolérance supérieure.

SIZE3-CYL1			MM	ϕ 0.25 SR		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
SR	0.200	0.000	0.250		0.200	0.000

ASME Y14.5 - Taille locale

Avec ASME Y14.5, deux caractéristiques de taille sont signalées, l'enveloppe correspondante réelle non associée (UAME) et la taille locale.

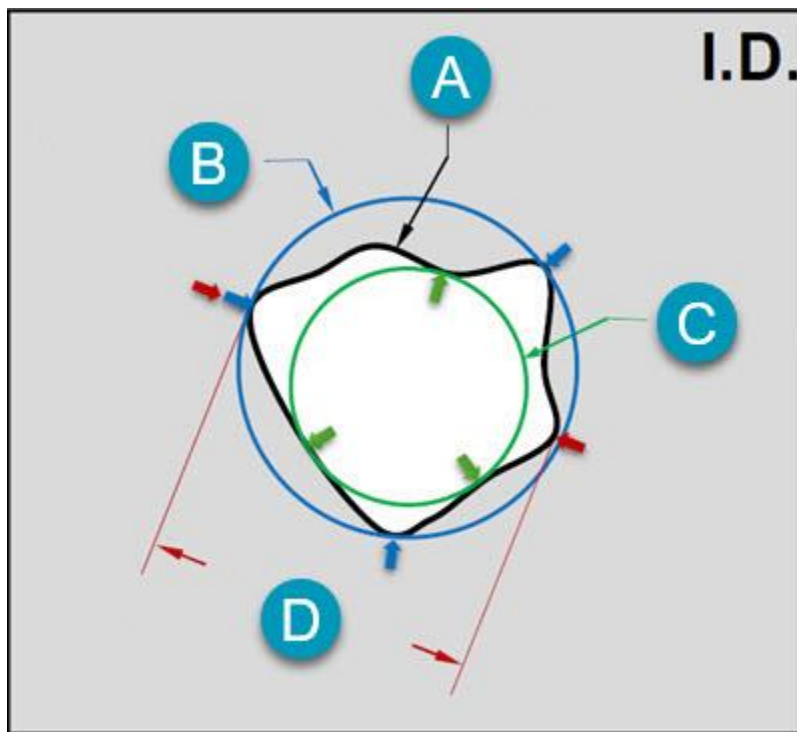
La UAME est la taille circonscrite minimum pour les éléments externes (par ex. goupille) et la taille inscrite maximum pour les éléments internes (par ex. alésage).

Taille locale :

1. **Éléments circulaires** (par défaut) indique le plus petit élément circulaire circonscrit (élément interne/alésage) ou le plus grand élément circulaire inscrit (élément externe/goupille) parmi toutes les tailles locales.
2. **Points opposés** indique la distance la plus grande de points opposés (élément interne/alésage) et la distance la plus courte de points opposés (élément externe/goupille) parmi toutes les tailles locales.

SIZE4-CYL1			MM	\varnothing 25.4 +0.15/-0.15 OPPOSED POINTS		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
UAME	25.300	25.400	0.150	0.150	-0.100	0.000
Local Size	25.500	25.400	0.150	0.150	0.100	0.000

Exemple de taille locale ASME Y14.5



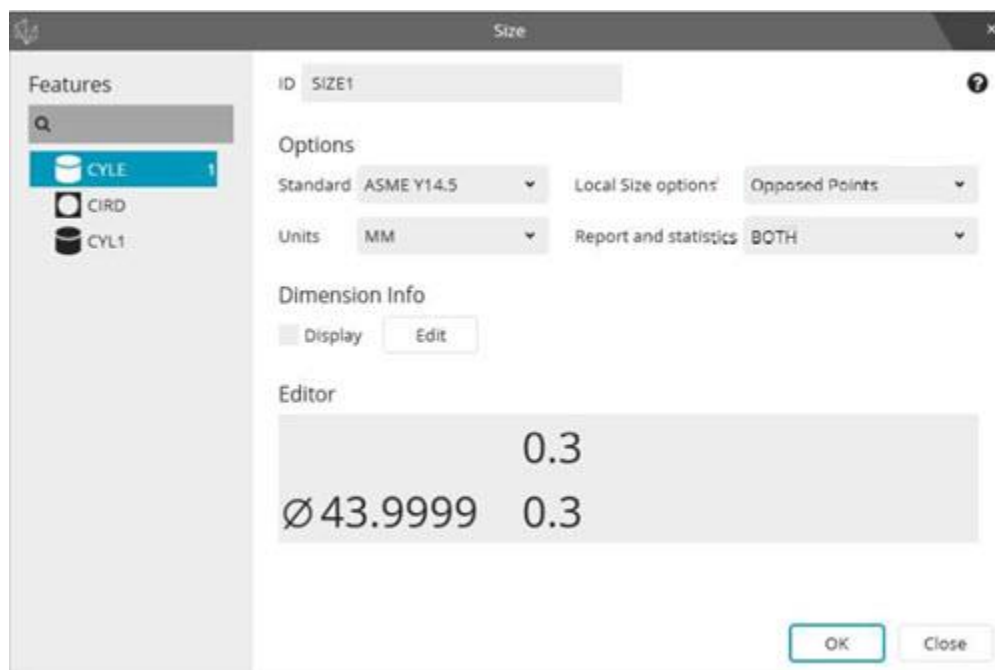
- A. Véritable forme de la coupe de l'élément
- B. Taille locale (éléments circulaires) - \varnothing 44.2659
- C. UAME - \varnothing 43.8849
- D. Taille locale (points opposés) - \varnothing 44.2656



Le symbole « \varnothing » signifie **diamètre**.

Pour un élément de diamètre interne (ID) utilisant le standard ASME Y14.5, vous pouvez voir dans l'image ci-dessus que :

- L'enveloppe correspondante réelle non associée (UAME) est le cercle inscrit le plus grand possible.
- La taille locale se base sur l'option que vous sélectionnez dans la liste **Options de taille locale** de la boîte de dialogue **Taille** de tolérance géométrique (voir les descriptions ci-dessus).



Si vous sélectionnez **Points opposés** dans la liste **Options de taille locale** comme illustré dans l'image ci-dessus de la boîte de dialogue **Taille** de tolérance géométrique, PC-DMIS indique le résultat comme suit :

SIZE1-CYL1			MM		Ø 43.9999 +0.3/-0.3 OPPOSED POINTS		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	
UAME	-43.8849	43.9999	0.3000	0.3000	-0.1150	0.0000	<div><div></div></div>
Local Size	44.2656	43.9999	0.3000	0.3000	0.2656	0.0000	<div><div></div></div>

Si vous sélectionnez l'option **Éléments circulaires**, PC-DMIS indique le résultat comme suit :

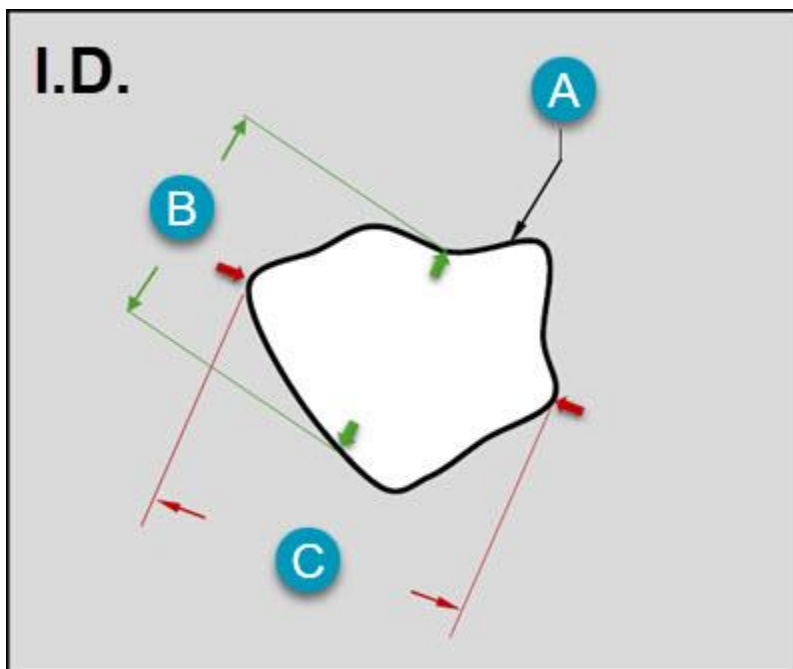
SIZE10-CYLE			MM		43.9999 +0.3/-0.3 CIRCULAR ELEMENTS	
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DCV	OUTTOL
LIAME	43.8849	43.9999	0.3000	0.3000	-0.1150	0.0000
Local Size	44.2659	43.9999	0.3000	0.3000	0.2660	0.0000



Dans tous les cas où des détails liés aux normes ASME sont concernés, vous devez consulter la source principale sur le site Web de The American Society of Mechanical Engineers (ASME).

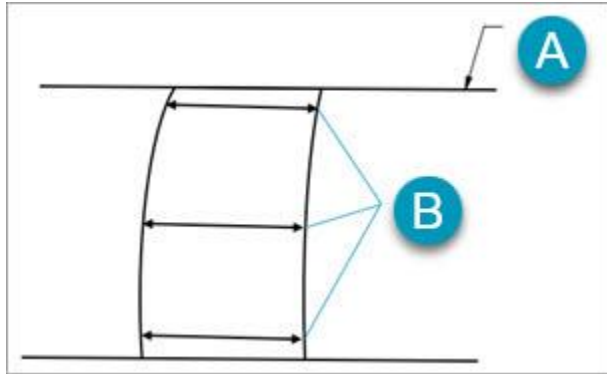
ISO 1101 - Taille locale

Quand PC-DMIS indique la taille à l'aide de la norme ISO, elle se base sur la taille locale uniquement. En raison de la règle d'indépendance, elle ne se base pas sur l'enveloppe correspondante réelle associée ou non associée. Pour des détails sur la règle d'indépendance ISO, voir la ISO 8015: 2011 section 5.5 « Principe d'indépendance ».



- A. **Véritable forme de la coupe de l'élément**
- B. **Taille locale minimum de 2 points**
- C. **Taille locale maximum de 2 points**

Par exemple, quand vous mesurez un cylindre à plusieurs niveaux, PC-DMIS évalue chaque coupe individuellement et indique la taille minimum et maximum de 2 points, ce qui est semblable à une vérification d'étrier.



A. Simulateur de l'élément de référence A (Plan)

B. Tailles locales réelles (toute distance individuelle à une coupe d'un élément de taille)



Dans tous les cas où des détails liés aux normes ISO 1101 sont concernés, vous devez consulter la source principale sur le site Web de The International Organization for Standardization (ISO).

Modificateurs ISO 14405-1 pris en charge


La commande de taille prend en charge les modificateurs suivants définis dans la norme ISO 14405-1 :

- (LP) - Taille deux points
- (GG) - Critère d'association moindres carrés
- (GX) - Critère d'association inscrite maximum
- (GN) - Critère d'association circonscrite minimum
- (CC) - Diamètre de circonférence (taille calculée)
- (CA) - Diamètre de zone (taille calculée)
- (CV) - Diamètre de volume (taille calculée)
- (SX) - Taille maximum
- (SN) - Taille minimum
- (SA) - Taille moyenne
- (SM) - Taille médiane
- (SD) - Taille milieu
- (SR) - Plage de tailles
- (E) - Enveloppe requise


- ACS - Toute coupe transversale
- SCS - Coupe transversale fixe

Utilisation de modes de sélection GD&T pour créer des FCF

PC-DMIS fournit des façons d'obtenir des cadres de contrôle d'éléments (FCF) dans PC-DMIS à partir de tolérances GD&T dans d'autres sources :

Mode sélection GD&T (depuis CAO) () - Vous permet d'importer des références GD&T intégrées dans votre modèle CAO. Dans ce mode, vous pouvez tracer un cadre de sélection ou cliquer sur des rappels pour les importer. Pour plus d'informations sur cette option, voir « Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis CAO) ».


Vous pouvez accéder à **Mode sélection GD&T (depuis CAO)** depuis la barre d'outils **Modes graphiques** ou la barre d'outils **QuickMeasure**.

Mode sélection GD&T (depuis fichier) () - PC-DMIS vous permet d'importer un dessin et de décider quelles tolérances GD&T importer. Ce processus utilise la reconnaissance optique de caractères (ROC). Pour des informations sur cette option, voir « Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis fichier) ». Pour plus d'informations, voir « À propos de la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour créer des FCF » ci-dessous.

Vous pouvez accéder à **Mode sélection GD&T (depuis fichier)** depuis l'une de ces options :

- Barre d'outils **Modes graphiques**
- Barre d'outils **QuickMeasure**
- Menu **Fichier | Importer**

Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis CAO)

Mode sélection GD&T (depuis CAO) () importe les références GD&T sélectionnées à partir de modèles CAO les contenant sous forme de dimensions FCF générées dynamiquement ou de définitions de références.

Pour des informations sur la façon de procéder, voir l'en-tête « Importation de références GD&T CAO » dans la rubrique « Utilisation de références GD&T CAO » au chapitre « Modification de l'affichage CAO ».

Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis fichier)

PC-DMIS peut reconnaître et importer des tolérances GD&T dans des blueprints dans

vos routines de mesure avec l'option **Mode sélection GD&T (depuis fichier)** () option.

PC-DMIS utilise la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour importer les tolérances GD&T. PC-DMIS peut importer un fichier .pdf ou un fichier image.




Vous trouverez des exemples de fichiers .pdf de blueprints correspondant aux modèles CAO de démonstration Hexagon dans la sous-dossier **Training** du dossier d'installation de PC-DMIS.

Quand vous importez un fichier de blueprint, le logiciel analyse le contenu de ce fichier. Il ouvre la fenêtre **GD&T depuis capture** et applique une mise en évidence en orange à tous les éléments pris en charge que vous pouvez importer.

Vous décidez ensuite quels éléments pris en charge importer :

- Un élément à la fois - Pour ce faire, cliquez sur une tolérance de couleur orange.
- Plusieurs éléments - Pour ce faire, tracez un cadre de sélection autour de plusieurs tolérances de couleur orange.
- Tous les éléments dans une page - Pour ce faire, dans la barre d'outils de la

fenêtre **GD&T depuis capture**, cliquez sur **Traiter la page entière** (option ).

Si vous choisissez de traiter plusieurs ou tous les éléments pris en charge dans une page, le logiciel ouvre le widget ROC et passe par chaque tolérance GD&T de la sélection.


Sachez que la reconnaissance ROC ne gère pas tous les éléments dans votre fichier. Pour des informations sur les éléments pris en charge et non pris en charge, voir la rubrique « À propos de la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour créer des FCF » dans la documentation de PC-DMIS Core.

PC-DMIS analyse également les unités de mesure et les tolérances par défaut du bloc de titre et leur applique une mise en évidence en bleu clair. Pour plus d'informations sur le bloc de titre, voir « À propos de la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour

créer des FCF » ci-dessous. Si PC-DMIS ne détermine pas correctement les valeurs de tolérances par défaut à partir du bloc de titre, vous pouvez cliquer sur le bouton Interrompre sur le widget et corriger manuellement une tolérance dans un élément créé. Pour des informations sur l'utilisation du bouton Interrompre, voir « Widget ROC ».

Procédure

Cette procédure explique comment importer une ou plusieurs références.

1. Dans la barre d'outils **Modes graphiques** ou **QuickMeasure**, cliquez sur **Mode sélection GD&T (depuis fichier)** (option ) afin d'afficher l'outil Capture.
2. Importez un modèle CAO dans la fenêtre d'affichage graphique qui correspond à votre blueprint.
3. Dans la boîte de dialogue **Ouvrir**, accédez à un fichier de blueprint électronique. Il peut s'agir d'un fichier image ou d'un fichier .pdf. La détection ROC fonctionne le mieux avec une image d'au moins 300 ppp. Les résolutions inférieures peuvent donner des résultats moins précis.
4. Sélectionnez le fichier et cliquez sur **Ouvrir** pour l'analyser et afficher tout le contenu reconnu sous forme d'éléments de couleur orange dans la fenêtre **GD&T depuis capture**.



Quand cette fenêtre est ouverte, la fenêtre de modification n'est pas disponible pour sélection. Vous ne pouvez donc pas supprimer des éléments que vous créez, sauf si vous les créez avec le widget ROC ou que vous cliquez sur le bouton Interrompre sur le widget afin d'interrompre le processus d'importation.

5. Procédez de l'une des façons suivantes pour importer un ou plusieurs éléments dans PC-DMIS et afficher le widget ROC :
 - Cliquez sur une référence. Il peut s'agir d'une tolérance GD&T ou d'une distance linéaire, d'une distance d'angle ou d'une dimension d'emplacement.
 - Sélectionnez dans un cadre plusieurs références dans la page.
 - Dans la barre d'outils de la fenêtre GD&T depuis capture, cliquez sur



Traiter la page entière ().

6. Suivez les instructions dans le widget ROC.



Lors de la procédure, vous devez choisir des éléments pour les références ou des éléments d'entrée pour les tolérances géométriques. Vous pouvez créer ces éléments à l'aide de la fonctionnalité QuickFeature. Vous pouvez aussi sélectionner des éléments existants dans la fenêtre d'affichage graphique si vous cliquez sur leurs ID d'éléments. PC-DMIS ne prend pas en charge les clics dans la fenêtre de modification pour sélectionner des éléments.

ID de caractéristiques

Si votre fichier importé a des ID de caractéristiques et que vous avez coché la case **Utiliser l'intitulé d'ID de caractéristique** dans l'onglet **Général** de la boîte de dialogue **Options de configuration**, PC-DMIS attribue automatiquement un ID dans le widget ROC qui correspond à l'ID de caractéristique. Tous les éléments que vous définissez avec le widget ROC pour la référence en regard de cet ID suivront alors cette convention de dénomination :

<BalloonID>__1, <BalloonID>__2, etc.

Par exemple, si vous avez un ID de caractéristique 3 dans votre fichier et devez créer deux éléments pour la tolérance avec cet ID, PC-DMIS attribue à l'élément que vous créez les ID 3__1 et 3__2.



Si une référence possède un multiplicateur, comme une référence pour une modèle de trou d'écrou, PC-DMIS attribue l'ID de caractéristique pour le premier élément ou la première dimension dans le modèle. Tous les autres éléments ou dimensions dans ce modèle suivent la convention de dénomination par défaut pour cet élément ou cette dimension.

Définition de cibles de référence

Si le widget ROC vous demande de définir des points cible de référence, suivez cette procédure :


1. Appuyez sur les touches Ctrl + Maj et cliquez sur la CAO pour créer un point de vecteur QuickFeature pour chaque cibler.
2. Quand vous définissez chaque cible de référence, l'élément de point de vecteur apparaît dans la fenêtre de modification.
3. Quand vous avez défini les cibles pour un élément de référence, l'intitulé « Terminé » s'affiche pour cet élément. L'analyse ROC du fichier peut ne

pas déterminer toutes les cibles requises. Dans ce cas, vous pouvez créer d'autres points de vecteur même si les cibles pour un élément de référence montrent « Terminé ».

4. Quand vous avez créé tous les points pour une cible, cliquez sur **Suivant** pour passer à l'ensemble suivant de cibles de référence.
5. Poursuivez la définition des cibles de référence jusqu'à ce que le texte dans le widget soit « Définition des cibles de référence terminée ».
6. À ce point, vous pouvez cliquer sur le bouton **Interrompre** () dans le widget pour interrompre le processus d'importation GD&T et employer PC-DMIS pour terminer la définition des références. Ce processus peut s'avérer complexe et implique des alignements, des éléments construits ou d'autres tâches à exécuter dans PC-DMIS.
7. Utilisez la fenêtre de modification et appuyez sur F9 pour chaque définition de référence (commande DATDEF en mode commande) afin d'ouvrir la boîte de dialogue **Définition des références**.
8. Associez les cibles de référence à la lettre de référence.
9. Quand vous utilisez PC-DMIS pour définir des références à partir de cibles, cliquez sur **Reprendre** () sur le widget.

Définition des références



Si le widget ROC affiche **Définition de références**, vous devez utiliser des éléments QuickFeature pour créer des éléments de référence pour ces commandes de tolérance géométrique. (Si vous avez déjà créé un élément de référence, vous pouvez cliquer sur son ID dans la fenêtre d'affichage graphique pour le sélectionner.)



10. Créez ou sélectionnez un élément de référence, ou cliquez sur **Ignorer la définition d'élément en cours** () si vous voulez ignorer la définition de référence pour l'instant.
11. Cliquez sur **Suivant** et sélectionnez d'autres éléments de référence.
12. Répétez les étapes ci-dessus jusqu'à ce que le widget affiche « Définition des références terminée ».
13. Cliquez ensuite sur **Appliquer** pour définir les informations GD&T restantes.

Définition des tolérances

Si le widget ROC affiche **GEOTOL1**, vous devez définir le reste des informations GD&T. Si vous avez ignoré des définitions de références de la précédente procédure, le widget vous demande de les définir lors de la définition GD&T.

14. Quand les références sont définies, vous devez créer ou sélectionner le ou les éléments considérés réels. Utilisez des éléments QuickFeature pour créer le nombre minimum d'éléments dans le modèle CAO pour cette étape. (Si vous avez déjà créé un élément considéré, vous pouvez cliquer sur son ID dans la fenêtre d'affichage graphique pour le sélectionner.)
15. Si vous ne voulez pas importer une tolérance GD&T, cliquez sur **Ignorer**





GEOTOL1 (). Vous pouvez revenir à un élément ignoré avec le bouton **Retour** () s'il ne se trouve pas dans une page .pdf antérieure.

16. Quand vous avez défini un ou des éléments depuis le modèle CAO pour une étape, dans le widget, cliquez sur **Suivant** (). Vous passez alors à l'étape suivante de la définition GD&T. Le bouton **Suivant** s'active quand vous avez défini le nombre minimum d'éléments.
17. Quand vous avez défini les éléments et que le widget vous informe que la définition des tolérances est terminée, cliquez sur **Appliquer** (). Vos changements sont acceptés et vous passez à la tolérance GD&T suivante dans la fenêtre GD&T depuis capture.
18. Répétez ces étapes précédentes jusqu'à définir toutes les tolérances GD&T sélectionnées.

Définitions de distances linéaires, de distances d'angle ou d'emplacements de base

Quand vous importez des dimensions de base, comme une distance linéaire, une distance d'angle ou un emplacement, vous devez sélectionner ou créer des éléments comme d'habitude pour respecter les exigences de définition pour ces dimensions de base.

Pour les dimensions de distance linéaire ou de distance d'angle, ce processus peut s'avérer complexe et implique des alignements, des éléments construits ou d'autres tâches à exécuter dans PC-DMIS. Dans ces cas, utilisez le bouton **Interrompre**. Ci-après la procédure à suivre :

19. Pour ces deux types de dimensions, sélectionnez les éléments de distance ou d'angle.
20. Sur le widget, cliquez sur **Suivant** () . Vous passez à l'étape suivante de la définition et le widget affiche le message « Définition des tolérances terminée ».
21. À ce point, si vous devez exécuter une tâche dans PC-DMIS pour réaliser la définition, cliquez sur le bouton **Interrompre** () sur le widget ROC. Le processus d'importation s'arrête temporairement et vous disposez d'un contrôle presque absolu sur PC-DMIS.
22. Effectuez tout ce que vous avez à faire dans PC-DMIS pour réaliser la définition de la référence.
23. Sur le widget, cliquez sur le bouton **Reprendre** () afin de reprendre le processus d'importation et cliquez sur **Appliquer** () pour accepter la définition. Si les références ont des valeurs de tolérances définies dans le schéma, ces valeurs sont aussi analysées et attribuées aux dimensions créées dans la fenêtre de modification.

Meilleures pratiques

La détection ROC fonctionne le mieux avec une image d'au moins 300 ppp. Les résolutions inférieures peuvent donner des résultats moins précis.

Quand vous avez importé les tolérances GD&T souhaitées, double-cliquez sur les commandes de tolérance géométrique que PC-DMIS a générées.

Rubriques connexes :

À propos de la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour créer des FCF

Fenêtre GD&T depuis capture

Widget ROC

À propos de la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour créer des FCF

La méthode **Mode de sélection GD&T (depuis fichier)** () utilise la ROC pour identifier les informations de tolérance GD&T à importer.

Utilisation de tolérances géométriques

Pour plus d'informations, voir la rubrique « Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis fichier) ».

Résolution

La détection ROC fonctionne le mieux avec une image d'au moins 300 ppp. Les résolutions inférieures peuvent donner des résultats moins précis.

Types de tolérances géométriques pris en charge


Les méthodes ROC décrites prennent en charge ces types de tolérances géométriques :

- Les 14 symboles caractéristiques
- Le symbole de diamètre
- M, L, P et autres symboles de modificateur délimités par des cercles
- Les données dans les zones et les données de taille au-dessus des zones
- Les tolérances d'une seule ligne, les tolérances non composites de plusieurs lignes, les tolérances composites
- Dimensions linéaires, angulaires et d'emplacement

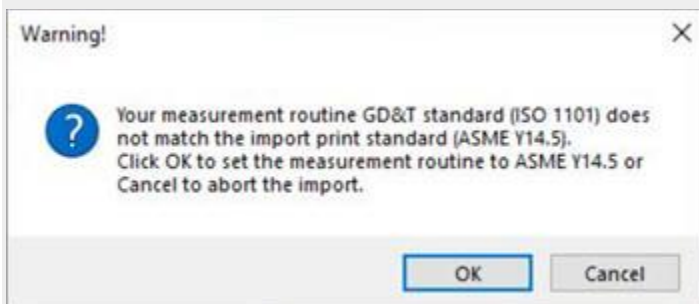
PC-DMIS indique en orange les éléments pris en charge avec lesquels vous pouvez interagir.



Quand vous importez GD&T via la ROC, PC-DMIS vérifie le texte du bloc de titre pour voir si un standard GD&T est déclaré.

UNLESS OTHERWISE STATED, ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.		 HEXAGO MANUFACTURING INTELLIGENCE 250 CIRCUIT DRIVE, N. KINGSTOWN	
TOLERANCES ARE: $x = \pm 0.4$ $x.x = \pm 0.25$ $x.xx = \pm 0.1$ ANGLES = $\pm 0.5^\circ$			
DIMENSIONS & TOLERANCES PER ASME Y14.5-2009		HEXAGON DEMO BL DTBlock - Large (FOR TRAINING USE ON	
CREATED BY:	DATE:	SIZE:	DWG NO:
DAT	30-OCT-2014	ANSI A	H009945

Si tel est le cas, PC-DMIS le compare à ce qui est défini dans la routine de mesure. Si les standards ne correspondent pas, PC-DMIS affiche un message d'avertissement demandant si vous voulez continuer ou annuler l'importation.

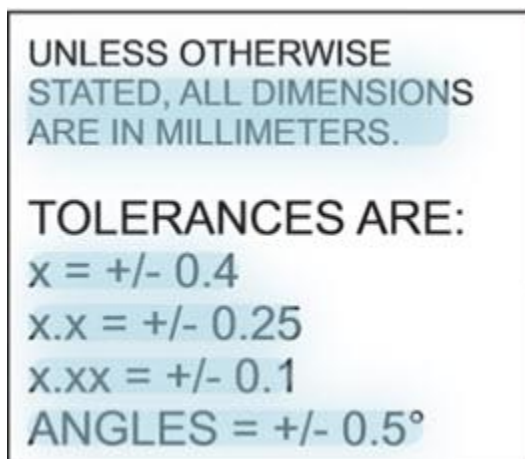


Exemple de message d'avertissement montre la divergence entre les standards GD&T actuel et importé

- Si vous cliquez sur **OK**, PC-DMIS applique le standard GD&T appelé dans le bloc de titre et définit toutes les commandes de tolérance géométrique existantes dans la routine de mesure comme non valides. Vous pouvez utiliser les commandes non valides pour créer à nouveau des versions des commandes en fonction du standard GD&T mis à jour. Vous pouvez ensuite supprimer les commandes non valides après avoir recréé les nouvelles commandes.
- Si vous cliquez sur **Annuler**, PC-DMIS annule l'importation et rien ne change dans votre routine de mesure.

Autres éléments pris en charge

- La détection ROC analyse aussi les tolérances par défaut et les unités de mesure du bloc de titre. Cette opération est automatique et PC-DMIS indique visuellement qu'il a été analysé en mettant en évidence en bleu clair le bloc de titre, comme suit :



Exemple d'un bloc de titre avec du texte analysé (mis en évidence en bleu)

PC-DMIS compare les unités de mesure du schéma à celles de la routine. Si elles sont différentes, PC-DMIS convertit les valeurs de tolérances du schéma dans les unités employées par la routine. Si le schéma n'indique pas clairement les unités de mesure, PC-DMIS suppose que les tolérances correspondent aux unités de mesure de la routine. PC-DMIS applique les tolérances par défaut analysées à n'importe quelle dimension sur le dessin n'ayant pas de tolérances déjà explicitement définies.

- La détection ROC peut aussi prendre en charge les ID de caractéristiques. Pour que ceci fonctionne, vous devez cocher la case **Utiliser l'intitulé d'ID de caractéristique** dans l'onglet **Général** de la boîte de dialogue **Options de configuration** afin d'exécuter la détection ROC. Pour plus d'informations sur cette case à cocher, voir « Utiliser l'intitulé d'ID de caractéristique » au chapitre « Définition des préférences ». Pour des informations sur la détection ROC d'ID de caractéristiques, voir « Utilisation du mode de sélection GD&T (depuis fichier) » où sont présentés les ID de caractéristiques.

Éléments non pris en charge

Les méthodes ROC ci-dessus ne prennent pas en charge certains éléments complexes. Tel est le cas des crochets, des caractères étendus, des doubles flèches, etc.

FAQ

Question : que se passe-t-il si ma routine de mesure possède déjà une référence définie avec la même étiquette qu'une référence définie dans le dessin ?

Réponse : si une définition de référence portant le même nom existe déjà dans votre routine de mesure, PC-DMIS ne vous demande pas de créer un nouvel élément de référence de ce nom. À la place, PC-DMIS se sert de l'élément de référence existant dans votre routine de mesure.

Question : dois-je utiliser la ROC pour reconnaître une référence ?

Réponse : non. Sachant que les références sont toujours définies pour une tolérance GD&T, la ROC ne les reconnaît comme des notes GD&T distinctes. Vous devez seulement définir les tolérances GD&T, et PC-DMIS vous demande de sélectionner les éléments de référence requis.

Question : que se passe-t-il si un texte de taille figure juste au-dessus de la tolérance GD&T ?


Réponse : PC-DMIS analyse cette ligne supplémentaire et attribue les données à la tolérance géométrique créée.

Question : que se passe-t-il pour les tolérances GD&T non composites de plusieurs lignes ?

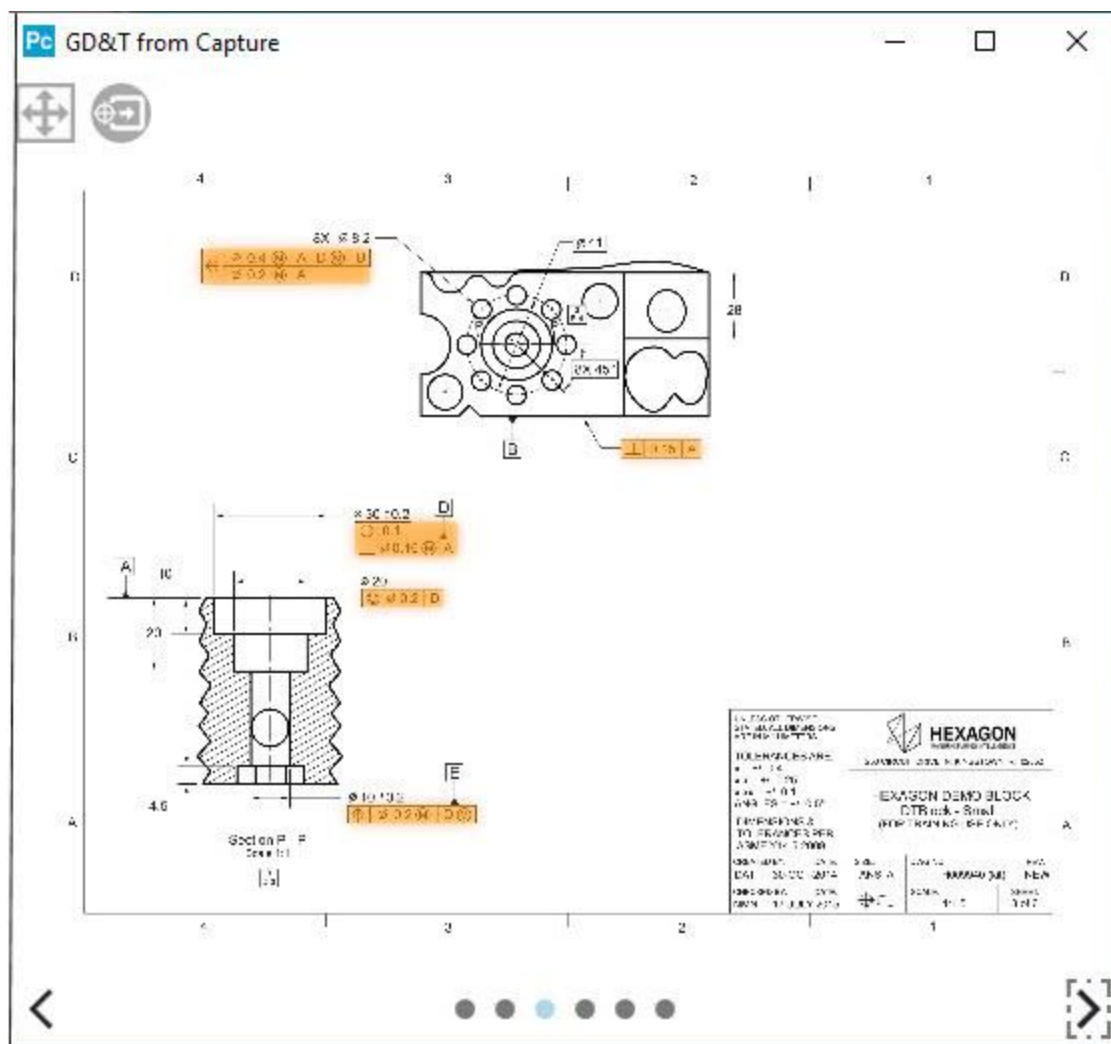
Réponse : PC-DMIS les importe comme deux commandes de tolérance géométrique distinctes.

Fenêtre GD&T depuis capture

Quand vous importez une image ou un fichier .pdf contenant des informations sur les

tolérances GD&T avec l'option **Mode de sélection GD&T (depuis fichier)** () , PC-DMIS se sert de la reconnaissance optique de caractères (ROC) pour traiter le fichier.

PC-DMIS affiche ensuite la fenêtre **GD&T depuis capture** et les tolérances détectées :



Fenêtre GD&T depuis capture avec les tolérances GD&T détectées en orange

Cette fenêtre peut être redimensionnée et déplacée. Vous pouvez double-cliquer sur la barre de titre pour agrandir la fenêtre ou pour la restaurer à sa taille antérieure. L'image dans chaque page du fichier est cadrée dans la fenêtre.

Éléments de l'écran



Adapter à la page - Cette option adapte la taille du contenu de la page actuelle aux dimensions de la fenêtre.



Traiter la page entière - Cette option traite toutes les tolérances GD&T en orange dans toutes les pages.

Surbrillance en orange - Si une tolérance GD&T est dans cette couleur, elle a été identifiée par la ROC et peut être importée dans la routine.

Surbrillance en jaune - Si une tolérance GD&T est dans cette couleur, elle est active et le widget ROC attend une action de votre part pour poursuivre. Le logiciel crée une référence GD&T temporaire dans la fenêtre d'affichage graphique et le widget ROC fournit de brèves instructions sur la façon de procéder.

Surbrillance en vert - Si une tolérance GD&T est dans cette couleur, elle a été traitée et une tolérance géométrique ou une autre commande similaire existe pour la routine.

● ● ● ● ● ● - Les points gris au bas de la fenêtre montre le total de pages. Le point bleu indique la page actuelle.



- Les boutons au bas de la fenêtre permettent de passer aux pages suivantes et précédentes.

Panorama et zoom

Comme dans la fenêtre d'affichage graphique, vous pouvez utiliser la molette de la souris pour faire un zoom avant ou arrière dans le dessin. Vous pouvez cliquer avec le bouton droit pour faire un panoramique du dessin.

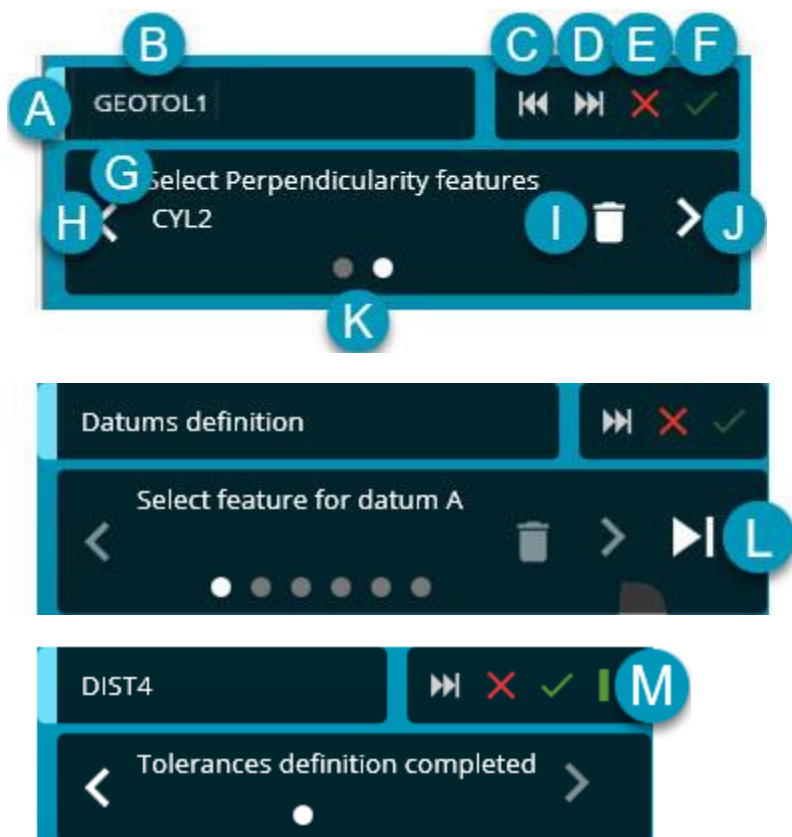
Widget ROC

PC-DMIS utilise ce widget pour importer les tolérances GD&T d'un dessin à l'aide de la reconnaissance optique de caractères (ROC). Le widget apparaît si vous sélectionnez



Mode sélection GD&T (depuis fichiers) (), puis choisissez une ou plusieurs tolérances GD&T à importer de la fenêtre GD&T depuis capture.

Il existe souvent plusieurs étapes avec des instructions sur le widget ROC pour une définition de tolérance GD&T donnée. Par exemple, vous devez souvent d'abord sélectionner un ou des éléments de référence dans le modèle CAO, puis le ou les éléments considérés. Ces instructions et vos sélections se font à travers plusieurs étapes.

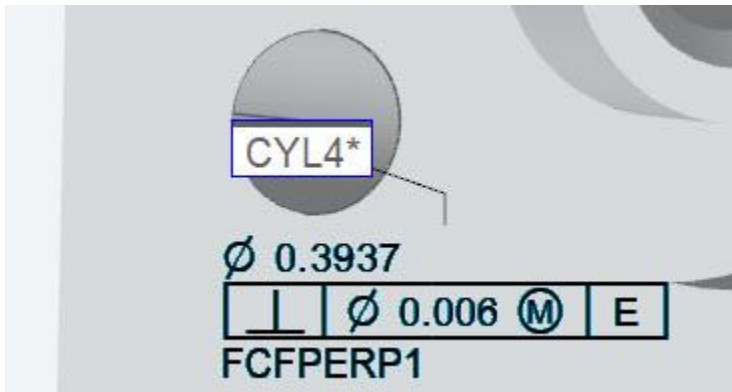


Exemple de widget ROC pour la tolérance GD&T mise en évidence


- A. Cette poignée vous permet de faire glisser le widget pour le repositionner.
- B. **Élément** - Cette zone définit le nom de la tolérance ou de l'étape GD&T.
- C. **Retour** - Ce bouton apparaît uniquement s'il existe plusieurs tolérances GD&T dans une page .pdf ou une capture de plusieurs tolérances, et que vous en avez ignoré une ou plusieurs à l'aide du bouton **Ignorer**. Si vous cliquez ensuite sur **Retour**, le logiciel revient à la tolérance ignorée et la met en évidence dans la fenêtre [Aperçu de la sélection](#).
- D. **Ignorer** - Ce bouton apparaît avec l'importation d'une page .pdf ou la capture de plusieurs tolérances GD&T. Par défaut, pour chaque tolérance, vous définissez d'abord les références (ou les cibles de référence). Dans ce cas, le bouton ignore la définition actuelle des références (ou de cibles de référence). Quand vous procédez à la définition du reste des tolérances GD&T, ce bouton ignore la tolérance GD&T mise en évidence. Il met ensuite en évidence la tolérance GD&T disponible suivante dans une page .pdf ou une capture. Pour l'importation d'un fichier, s'il n'y a qu'une tolérance GD&T dans une page, le logiciel demande si vous voulez passer à la page suivante. S'il n'y a pas d'autres pages avec des tolérances GD&T, le logiciel demande si vous voulez quitter le processus d'importation GD&T. Pour un fichier importé, si vous devez revenir à un élément

ignoré dans une page antérieure, vous devez recommencer l'importation du fichier.

- E. **Annuler** - Ce bouton annule le processus ROC et ferme le widget ROC et la fenêtre **Aperçu de la sélection**.
- F. **Appliquer** - Ce bouton accepte les éléments ou les cibles de référence sélectionnés pour la tolérance GD&T et passe à la partir suivante de l'importation ou à la tolérance suivante.
- G. Cette zone contient les instructions pour l'étape actuelle. Vous devez utiliser des éléments QuickFeature pour sélectionner l'élément indiqué dans la fenêtre d'affichage graphique.
- H. **Précédent** - Ce bouton recule d'une étape.
- I. **Supprimer** - Ce bouton supprime l'élément sélectionné de l'étape actuelle.
- J. **Suivant** - Ce bouton accepte la sélection pour l'étape et passe à l'étape suivante dans la définition. Le logiciel active ce bouton quand vous définissez le nombre minimum d'éléments. La référence temporaire dans la fenêtre d'affichage graphique est mise à jour quand vous progressez dans la définition :



Exemple de référence temporaire

- K. Ces points montrent le nombre d'étapes pour définir une ou plusieurs références ou une seule tolérance GD&T. Le point blanc signale l'étape en cours.
- L. **Ignorer la définition d'élément en cours** - Ignore la définition de référence en cours.
- M. **Interrompre / Reprendre** - Le bouton **Interrompre** () est uniquement visible si vous traitez ces types de références :
 - Cibles de référence
 - Dimensions de distance linéaires
 - Dimensions de distance d'angle

Le processus de définition de ces éléments peut s'avérer complexe. Vous devez éventuellement travailler avec des alignements, des éléments construits ou effectuer d'autres tâches dans PC-DMIS. Le bouton **Interrompre** est utile pour interrompre le processus d'importation et profiter ainsi d'un accès quasiment complet à PC-DMIS afin de finaliser la définition de la référence.

Pour les cibles de référence, le logiciel active ce bouton quand vous avez défini tous les points des diverses cibles de référence et que le widget affiche le message « Définition des cibles de référence terminée ».

Pour les dimensions de distance, il apparaît quand vous avez défini les deux éléments et que le widget affiche le message « Définition des tolérances terminée ».

Quand vous avez renseigné la définition de la référence, vous pouvez cliquer sur

Reprendre () pour poursuivre le processus d'importation.

Dépannage de messages d'erreur et d'avertissements

PC-DMIS vous aide à créer correctement votre commande de tolérance géométrique en fournissant des messages d'erreur et des avertissements. Ces messages peuvent vous aider à comprendre des problèmes concernant votre routine de mesure. Cette rubrique apporte plus de détails sur un grand nombre de ces messages.

Message	Description	Solution
Avertissement : les références primaires 2D ne contraignant pas l'orientation, la vue de l'élément de référence sera utilisée comme une référence primaire implicite.	<p>Il s'agit d'un message d'avertissement, non d'une erreur.</p> <p>Les cercles, les droites et les largeurs 2D sont des éléments 2D, et ils ne peuvent pas contraindre suffisamment l'orientation. Ils ne sont pas conseillés</p>	<p>Ce message d'avertissement ne vous empêche pas de continuer à utiliser normalement des tolérances géométriques. Nous vous recommandons toutefois d'utiliser à la place une référence primaire 3D, comme un</p>

	<p>comme références primaires.</p> <p>Quand vous utilisez un élément 2D comme référence primaire, PC-DMIS nivelle à la vue de la référence primaire. En d'autres termes, la vue devient une référence primaire implicite, et la référence primaire indiquée devient une référence secondaire.</p> <p>Pour plus d'informations, voir « Comment PC-DMIS résout et utilise des références ».</p>	<p>plan, un cylindre, une largeur 3D ou une sphère.</p>
<p>Avertissement : ce type de point construit n'a pas d'informations de surface. Il est par conséquent traité comme le centre d'une sphère. Utilisez-le avec prudence pour que les résultats représentent la spécification.</p>	<p>Il s'agit d'un message d'avertissement, non d'une erreur.</p> <p>Cet avertissement est visible dans ces conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quand le point construit est traité comme un point 3D sans surface. • Quand le point est utilisé comme référence ou 	<p>Ce message d'avertissement ne vous empêche pas de continuer à utiliser normalement des tolérances géométriques. Nous recommandons toutefois les plus souvent d'utiliser un élément conservant les informations de surface. De cette façon, la commande de tolérance géométrique peut</p>

	<p>comme élément considéré.</p> <p>Comme expliqué dans « Structuration de votre routine de mesure pour des tolérances géométriques », nous déconseillons le plus souvent d'utiliser des points 3D sans surface, car vous abordez les phases 2 et 3 du processus d'évaluation conceptuelle.</p> <p>Si vous procédez ainsi, il vous revient de construire l'élément selon les standards appropriés. Comme le point est traité comme un centre de sphère, il est facile d'avoir le comportement non souhaité.</p> <p><i>(Plus d'infos)</i></p> <p>Pour plus d'informations sur la gestion des références avec des points 3D sans surface, voir Comment PC-DMIS résout des références.</p>	<p>garantir la conformité à la norme applicable.</p>
--	--	--


	<p>Pour plus d'informations sur la gestion d'éléments considérés avec des points 3D sans surface, voir Dérivation de l'élément tolérancé.</p> <p>Pour plus d'informations sur le processus d'évaluation conceptuelle, voir « Introduction aux tolérances géométriques et aux cadres de contrôle d'éléments ».</p>	
<p>Avertissement : un profil simultané de tolérances de droite est traité comme un profil de surface.</p>	<p>Il s'agit d'un message d'avertissement, non d'une erreur.</p> <p>Les tolérances de profil de droite et celles de profil de surface n'ont pas la même signification, et il n'est en cela pas logique en soi de prendre simultanément en compte des tolérances de profil de droite. Pour plus d'informations, voir « Profil d'une droite ».</p> <p>PC-DMIS permet cependant aux tolérances de profil de droite d'être incluses dans des tolérances simultanées.</p>	<p>Ce message d'avertissement ne vous empêche pas de continuer à utiliser normalement des tolérances géométriques. Nous vous conseillons toutefois ce qui suit dans la plupart des cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lorsque des coupes transversales sont prises en compte individuellement, utilisez des spécifications de profil de droite.

	<p>Pour ce faire, il les traite comme celles de profil de surface.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Quand plusieurs tolérances de profil doivent être prises en compte simultanément, utilisez un profil de surface.
<p>Avertissement : le modificateur [DF] n'existe pas dans ISO 5459:2011. Le modificateur [DF] (distance fixe) ajoute une contrainte d'emplacement à la référence. Aucun modificateur [DF] ne supprime la contrainte d'emplacement.</p>	<p>Il s'agit d'un message d'avertissement, non d'une erreur.</p> <p>Le modificateur [DF] n'est pas normalisé, comme décrit dans « Modificateurs de références ». Il est toutefois fonctionnellement nécessaire dans certains types de cadres de référence, et PC-DMIS permet l'utilisation de ce modificateur non normalisé. Pour plus de détails sur le comportement du modificateur [DF], voir « Modificateurs de références ».</p>	<p>Ce message d'avertissement ne vous empêche pas de continuer à utiliser normalement des tolérances géométriques. Nous vous conseillons toutefois de faire ce qui suit dans la plupart des cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> Contactez les représentants de votre pays concernant la famille de normes ISO TC/213 en leur expliquant que vous avez besoin que le modificateur [DF] soit normalisé dans ISO 5459. Vérifiez que la fonctionnalité obtenue avec le modificateur [DF]

		répond à vos besoins fonctionnels.
Les spécifications de positions composites requièrent plusieurs éléments.	Les spécifications de positions composite ont pour but de contrôler l'emplacement d'un modèle. Il n'est pas justifié de spécifier la position composite d'un seul élément.	<p>Nous vous suggérons ce qui suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifiez que votre spécification de position composite inclut au moins deux éléments. • Changez votre spécification de position composite pour en faire deux spécifications distinctes. • Ou remplacez le segment inférieur de la spécification de position composite par une spécification d'orientation, sachant que les segments inférieurs des spécifications de positions composites n'ont pas de


		contraintes d'emplacement par rapport au cadre de référence.
Un profil simultané d'une tolérance de droite sans références n'est pas pris en charge.	Comme expliqué dans « Profil d'une droite », il n'est pas logique en soi d'inclure des tolérances de profil de droite dans des commandes de tolérances simultanées. Si aucune référence n'est mentionnée, ceci est encore moins justifié vous ne pouvez sélectionner aucune référence ou aucun plan de travail pour contrôler l'orientation des coupes transversales. C'est pourquoi les spécifications de profil de droite sans références à l'intérieur de commandes de tolérances simultanées ne sont pas prises en charge.	<p>Nous vous suggérons ce qui suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Changez votre spécification de profil de droite pour en faire un profil de surface. • Ou vérifiez que vos spécifications de profil de droite ne sont pas prises en compte de façon simultanée.
L'élément de référence <nom_élément> est 2D. Il a besoin d'une référence de précedence supérieure	Cas 1 : comme expliqué dans « Comment PC-DMIS résout et utilise des références », certains types d'éléments sont 2D et leur plan de travail doit	<p>Pour le cas 1, les deux solutions les plus courantes à ce problème sont :</p> <p>(1) mesurer l'élément de référence comme un</p>

<p>pour restreindre son plan de travail.</p>	<p>être des références contraintes de priorité plus élevée.</p> <p>Cas 2 : cette erreur se produit parfois car une droite BFRE 3D construite a été utilisée comme référence secondaire. Il est très fréquent que le vecteur de droite théorique de ces droites ne soit pas parallèle au plan de référence primaire. Le plan de travail nominal de la droite n'est pas parallèle au plan de référence primaire, et ce dernier ne contraint pas le plan de travail dans la droite de référence secondaire.</p>	<p>élément 3D et (2) utiliser une ou plusieurs références de priorité plus élevée pour contraindre le plan de travail de l'élément de référence.</p> <p>Pour le cas 2, changez la droite BFRE 3D construite en droite BFRE 2D construite pour que le plan de travail nominal de la droite soit parallèle au plan de référence primaire.</p>
--	---	--

		<div>  <p>Pour des constructions Best Fit (BF) ou Best Fit Recompensate (BFRE), quand vous utilisez un type d'élément pour vos éléments d'entrée, les types BF et BFRE sont en général utilisés pour des points ou des ensembles de points (un scanning de points, un ensemble d'éléments avec des points ou une expression résolvant un regroupement de points).</p> <p>Pour des détails sur l'utilisation des méthodes Best Fit et Best Fit Recompensate pour construire des éléments, voir la rubrique « Constructions Best Fit (BF) et Best Fit Recompensate (BFRE) » dans la documentation de PC-DMIS Core.</p> </div>
L'élément <nom_élément> n'a pas assez de points pour s'ajuster de façon unique.	Cette erreur indique que l'élément considéré n'a pas assez de points pour une forme ajustée unique. Par exemple, PC-DMIS ne peut pas ajuster de façon unique un cylindre	Augmentez le nombre de points mesurés.

	<p>avec seulement quatre points de surface.</p> <p>Les éléments avec moins du nombre minimum absolu de points entraînent cette erreur.</p> <p><i>(Plus d'infos)</i></p> <p>Nous conseillons en général de mesurer des éléments d'une façon aussi dense que pratique. Le nombre minimum absolu de points pour chaque type d'élément est toutefois indiqué ici :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan : 3 points • Droite de surface : 2 points • Cercle de surface : 3 points • Cylindre : 5 points • Cône : 6 points • Sphère : 4 points • Largeur 3D : 4 points • Largeur 2D : 3 points <p>Les éléments avec le nombre minimum absolu de points ont tous les écarts égaux à zéro (avec</p>	
--	--	--

	des exceptions trop rares et complexes pour être expliquées ici). Ces éléments ont donc aucune erreur de forme mesurée.	
La référence <données de référence> n'a pas assez de points pour s'ajuster de façon unique.	<p>La façon la plus courante d'obtenir cette erreur est quand les points de surface de l'élément ne sont pas placés de façon à contraindre des degrés de liberté.</p> <p><i>(Plus d'infos)</i></p>	<p>Mesurez l'élément de référence comme un élément 3D complet (plan, cylindre, cône, sphère, largeur 3D, etc.) au lieu d'un élément 2D ou 1D (droite de surface, cercle de surface, largeur 2D, point de surface, largeur 1D).</p> <p>Si ce n'est pas possible, vérifiez que l'élément de référence et ses points de surface ne contraignent pas les degrés de liberté nécessaires.</p>

	 <p>Imaginez un cadre de tolérance avec un plan de référence primaire et une normale à la surface Z-plus. La référence secondaire est un cylindre avec le vecteur d'axe Z-plus, et la référence tertiaire un point de surface. L'orientation du point de surface tertiaire détermine si cette erreur se produit ou non. Si la normale à la surface du point est parallèle au vecteur entre le cylindre et le point de surface, vous obtenez cette erreur car le point ne contraint pas la rotation autour du cylindre. Cependant, si la normale à la surface du point est une autre direction, cette erreur n'a pas lieu.</p> <p>Cette erreur peut aussi se produire si votre élément de référence a moins que le nombre minimum absolu de points, mais ce cas n'est pas courant.</p>	
<p>Les éléments de forme libre ont besoin de points à plus d'endroits pour s'ajuster de façon unique</p>	<p>Vous obtenez cette erreur quand la commande de tolérance géométrique ne peut pas déterminer les degrés de liberté pouvant être optimisés pour les</p>	<p>Vous pouvez résoudre l'erreur des façons suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prenez un échantillon plus grand de la

	<p>éléments considérés de forme libre, sujets au cadre de tolérance.</p> <p>Pour savoir quels types de commandes d'éléments sont considérés de forme libre, voir la rubrique « Types d'éléments avec et sans données de surface » de la documentation PC-DMIS Core.</p> <p>L'une des façons d'obtenir cette erreur est si vous ne mesurez pas assez de la surface entière pour aider la commande de tolérance géométrique à comprendre cette surface. Vous n'avez peut-être mesuré qu'un point sur la surface ou une seule coupe transversale.</p> <p>Autre façon d'obtenir cette erreur : quand les vecteurs nominaux de vos points mesurés ne sont pas théoriquement corrects. Par exemple, si vous mesurez un plan mais que les vecteurs nominaux ne sont pas</p>	<p>surface. Par exemple, si vous avez seulement mesuré dans une coupe transversale, mesurez dans d'autres.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assurez-vous que tous les vecteurs nominaux de vos points mesurés sont tout à fait corrects. • Si la surface nominale est quasiment symétrique, de façon que les degrés de liberté ne sont pas clairs, contraignez les degrés de liberté incertains avec d'autres références dans le cadre de tolérance. • S'il n'y a aucun renvoi à des références, vérifiez que le plan de travail
--	--	---

	<p>exactement plats. Dans ce cas, la commande de tolérance géométrique détermine que la surface n'est pas totalement plane, mais elle n'est pas en mesure de déterminer si elle est cylindrique, sphérique, conique ou complexe.</p> <p>Troisième façon d'obtenir cette erreur : quand la surface nominale est quasiment symétrique. Par exemple, elle peut être presque plane ou cylindrique. Dans ces cas, la commande de tolérance géométrique ne peut pas déterminer les degrés de liberté optimaux.</p> <p>Enfin, cette erreur peut aussi se produire pour le profil d'une droite sans références quand vous sélectionnez un plan de travail incorrect.</p>	<p>choisi (sous l'onglet Génération de rapports de la boîte de dialogue Tolérance géométrique) correspond au plan de travail de l'élément considéré 2D.</p>
<p>Les éléments de forme libre ont besoin de points à plus d'endroits pour s'ajuster de façon unique.</p>	<p>Vous obtenez cette erreur quand la commande de tolérance géométrique ne peut pas déterminer les degrés de liberté pouvant</p>	<p>Vous pouvez résoudre l'erreur des façons suivantes :</p>

	<p>être optimisés pour les éléments considérés de forme libre, sujets au cadre de tolérance.</p> <p>Pour savoir quels types de commandes d'éléments sont considérés de forme libre, voir la rubrique « Types d'éléments avec et sans données de surface ».</p> <p>L'une des façons d'obtenir cette erreur est si vous ne mesurez pas assez de la surface entière pour aider la commande de tolérance géométrique à comprendre cette surface. Vous n'avez peut-être mesuré qu'un point sur la surface ou une seule coupe transversale.</p> <p>Autre façon d'obtenir cette erreur : quand les vecteurs nominaux de vos points mesurés ne sont pas théoriquement corrects. Par exemple, si vous mesurez un plan mais que les vecteurs nominaux ne sont pas exactement plats. Dans</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prenez un échantillon plus grand de la surface. Par exemple, si vous avez seulement mesuré dans une coupe transversale, mesurez dans d'autres. • Assurez-vous que tous les vecteurs nominaux de vos points mesurés sont tout à fait corrects. • Si la surface nominale est quasiment symétrique, de façon que les degrés de liberté ne sont pas clairs, contraignez les degrés de liberté incertains avec d'autres références dans le cadre de tolérance.
--	--	---

	<p>ce cas, la commande de tolérance géométrique interprète que la surface n'est pas totalement plane, mais elle n'est pas en mesure d'indiquer si elle est cylindrique, sphérique, conique ou complexe.</p> <p>Troisième façon d'obtenir cette erreur : quand la surface nominale est quasiment symétrique. Par exemple, elle peut être presque plane ou cylindrique. Dans ces cas, la commande de tolérance géométrique ne peut pas déterminer les degrés de liberté optimaux.</p>	
Le profil d'une tolérance de droite a besoin d'un plan de travail défini par le cadre de référence.	Le profil d'une tolérance de droite a des éléments considérés 2D. Leur plan de travail doit être contraint par le cadre de tolérance.	<p><i>En cas de renvois à une ou plusieurs références, vérifiez que le cadre de tolérance contraint le plan de travail des éléments considérés 2D.</i></p> <p><i>S'il n'y a aucun renvoi à des références, vérifiez que le plan de travail choisi (sous l'onglet Génération de rapports</i></p>

		dans la boîte de dialogue) correspond au plan de travail des éléments considérés 2D.
Cette tolérance requiert la mesure des données dans des coupes transversales circulaires.	Certaines tolérances, comme la circularité d'un cylindre, ou l'interprétation de taille locale CIRCULAR_ELEMENTS, doivent avoir leurs données mesurées dans des coupes transversales circulaires.	Remesurez l'élément considéré pour que les données soient organisées en cercles. Une stratégie de mesure peut vous sembler utile, mais vous n'avez pas besoin d'en utiliser une.
Cette tolérance de taille locale requiert la mesure des données dans des coupes transversales circulaires. Pour corriger ceci, mesurez l'élément à l'aide de coupes transversales circulaires ou désactivez la taille locale dans l'onglet Rapport.	Lorsque la position est signalée, l'orientation et la battement de certaines tolérances de taille locale (comme ASME CIRCULAR_ELEMENTS) vous obligent à mesurer les données dans des coupes transversales circulaires.	Désactivez la taille locale (si elle n'est pas requise) ou remesurez l'élément pris en compte afin que les données soient organisées dans des coupes transversales circulaires.
La tolérance a besoin d'au moins une référence.	Plusieurs tolérances, comme celles de perpendicularité, requièrent au moins une référence.	Ajoutez une référence primaire à la tolérance.

<p>Une référence de plusieurs éléments ne peut pas mélanger des éléments avec des données de surface et d'autres sans.</p>	<p>Les références de plusieurs éléments incluent des modèles de références et des références courantes. Elles doivent toutes avoir des données de surface ou ne pas en avoir du tout.</p> <p>Pour des informations sur les types de commandes d'éléments avec ou sans données de surface, voir « Types d'éléments avec et sans données de surface ».</p>	<p>Choisissez des références ayant toutes des données de surface ou des références n'ayant aucune donnée de surface.</p>
<p>L'orientation des éléments doit être compatible avec les zones de tolérances polaires.</p>	<p>Les zones de tolérances polaires incluent des zones de tolérances d'arc radial et perpendiculaires à radial. Les éléments considérés doivent être nominalement parallèles à l'axe polaire défini par le cadre de tolérance.</p>	<p>Vérifiez que tous vos éléments considérés sont nominalement parallèles à l'axe polaire, ou cessez d'utiliser des zones de tolérances polaires.</p>
<p>Les éléments avec des zones de tolérances polaires peuvent ne pas être centrées par rapport à l'origine polaire.</p>	<p>Les zones de tolérances polaires incluent des zones de tolérances d'arc radial et perpendiculaires à radial.</p>	<p>Les éléments considérés ne doivent pas être coaxiaux par rapport à l'axe polaire.</p> <p>Si vous avez un élément considéré coaxial par rapport à l'axe de référence, vous</p>

		devez normalement utiliser une zone de tolérance diamétrale au lieu d'une zone de tolérance polaire.
Le cadre de référence doit définir une origine polaire précise.	Les zones de tolérances polaires incluent des zones de tolérances d'arc radial et perpendiculaires à radial. Elles sont uniquement justifiées quand le cadre de tolérance définit un axe polaire clair.	Vérifiez que le cadre de tolérance définit un axe polaire clair.
Les références de plusieurs éléments à RMB doivent avoir des données de surface.	Les références de plusieurs éléments incluent des modèles de références et des références courantes. Si la référence de plusieurs éléments n'a pas de modificateur matériel, les éléments de référence doivent avoir des données de surface.	Remesurez les éléments de référence pour qu'ils aient des données de surface.
Pour les tolérances de perpendicularité, les éléments nominaux pris en compte doivent être perpendiculaires à la référence nominale primaire.	La cause la plus courante de cette erreur est la présence de valeurs théoriques incorrectes dans les éléments considérés et/ou les éléments de référence.	Vérifiez que les éléments considérés sont nominalement perpendiculaires à la référence primaire.

Pour les tolérances de parallélisme, les éléments nominaux pris en compte doivent être parallèles à la référence nominale primaire.	La cause la plus courante de cette erreur est la présence de valeurs théoriques incorrectes dans les éléments considérés et/ou les éléments de référence.	Vérifiez que les éléments considérés sont nominalement parallèles à la référence primaire.
L'orientation d'une zone de tolérance plane doit être entièrement définie par le cadre de référence.	<p>Vous obtenez cette erreur avec des zones de tolérances planes sur des éléments axiaux comme des cylindres, des cônes et des cercles.</p> <p>Notamment, quand le cadre de tolérance ne contraint pas l'orientation de la zone de tolérance, la valeur réelle n'est pas bien définie.</p>	<p>Vous pouvez résoudre l'erreur des façons suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifiez que le cadre de tolérance contraint totalement l'orientation de la zone de tolérance. • Utilisez une zone de tolérance diamétrale.
Ces tolérances simultanées doivent utiliser le type mathématique de la zone de tolérance PAR DÉFAUT.	<p>Vous obtenez cette erreur quand toutes ces conditions sont remplies :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vous avez plusieurs tolérances de profil. • Aucune référence n'appartient à une commande de 	Définissez tous les types mathématiques de zone de tolérance de profil à PAR DÉFAUT .

	<p>tolérance simultanée.</p> <ul style="list-style-type: none"> Les tolérances de profil ont des types mathématiques différents de zone de tolérance. 	
<p>Les références à RMB sans données de surface qui viennent après des données à MMB ou LMB ne sont pas prises en charge.</p>	<p>La commande de tolérance géométrique n'autorise pas les références sans modificateur matériel à suivre des références qui en ont un. La référence dépourvue de modificateur matériel doit toutefois avoir des données de surface.</p>	<p>Remesurez la référence de priorité inférieure pour qu'elle ait des données de surface.</p>
<p>Quand une tolérance indique plusieurs éléments pris en compte, tous doivent tous être compatibles avec le modèle. Ils doivent par conséquent avoir le même type de forme, la même taille nominale et le même intérieur/extérieur.</p>	<p>Quand il y a plusieurs éléments considérés, ils doivent être identiques, mais ils peuvent avoir des emplacements et des orientations différents. Par exemple, des cylindres doivent tous être internes ou externes et avoir la même taille nominale.</p>	<p>Utilisez des commandes de tolérances géométriques distinctes pour des éléments non identiques. Si besoin est, utilisez une commande de tolérance simultanée pour considérer tous les éléments simultanément.</p>

<p>L'élément est utilisé deux fois de façon totalement différente, et la forme nominale (ou son absence) doit être considérée différemment dans les deux contextes.</p>	<p>Il s'agit d'une erreur très rare. La façon la plus courante de l'obtenir est avec une position et un profil simultanés d'un logement, d'une encoche ou d'une ellipse :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La position traite l'élément comme un cercle sans données de surface. • Le profil traite l'élément comme un élément de forme libre sans données de surface. <p>L'erreur se produit car la tolérance simultanée doit traiter le même élément de deux façons différentes à la fois.</p>	<p>Vous pouvez résoudre l'erreur des façons suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisez seulement le profil sans la position pour contrôler la position du logement. • Créez un cercle formé ou générique à partir de votre logement, encoche ou ellipse, et appliquez une position simultanée du cercle formé avec le profil du logement.
<p>Les tolérances simultanées doivent avoir des cadres de référence identiques.</p>	<p>Cette erreur se produit si des tolérances géométriques dans votre tolérance simultanée ont différents cadres de référence, ou si les références dans ces tolérances ne sont pas identiques, sont dans le</p>	<p>Vérifiez que toutes les tolérances géométriques dans votre commande de tolérance simultanée ont des cadres de tolérance identiques. Les références doivent être identiques, dans le</p>

	désordre ou utilisent différents modificateurs.	même ordre et avec les mêmes modificateurs.
Les tolérances simultanées doivent être des tolérances de position ou de profil.	Vous obtenez cette erreur si vous n'utilisez pas les tolérances géométriques correctes pour la tolérance simultanée.	Vérifiez que toutes les tolérances géométriques dans votre commande de tolérance simultanée sont de position ou de profil.
Erreur de référence d'éléments multiples. Cette erreur peut se produire en raison de valeurs nominales incorrectes (vecteurs X, Y, Z ou I, J, K) ou d'une combinaison non prise en charge d'éléments.	Vous obtenez cette erreur quand vous tentez de faire référence à une combinaison d'éléments non prise en charge comme référence courante.	Reportez-vous au tableau de combinaisons d'éléments prises en charge et aux instructions générales pour les références courantes. Vérifiez par ailleurs les valeurs nominales d'éléments pour la référence d'éléments multiples en question et faites les corrections nécessaires.
La spécification requiert une zone de tolérance totalement restreinte.	Certaines tolérances, comme celles de symétrie et de concentricité, requièrent que la zone de tolérance soit totalement contrainte par le cadre de tolérance.	Vérifiez que le cadre de tolérance contraint totalement la zone de tolérance.
Le modificateur de translation n'est pas valide car la référence	Dans de nombreuses circonstances, la commande de tolérance	Supprimez le modificateur de

n'a pas de degrés de liberté de translation pouvant être déverrouillés.	géométrie vous permet de placer un modificateur de translation sur une référence où il n'est pas justifié.	translation de la référence.
La référence n'est pas valide car elle ne restreint aucun degré de liberté.	Si votre référence secondaire ou tertiaire ne contraint aucun degré de liberté, cette erreur se produit. La raison la plus probable est que (a) votre impression est incorrecte ou que (b) il y a une erreur dans votre routine de mesure.	Si cette erreur se produit avec une nouvelle tolérance géométrique, vérifiez à nouveau votre impression et vos types d'éléments. Soyez notamment attentif aux droites best fit, comme expliqué dans « Types d'élément avec et sans données de surface ».
Les tolérances de battement requièrent des éléments concentriques avec le cadre de référence.		Vérifiez que tous les éléments considérés sont nominalement concentriques avec le cadre de tolérance.
Il existe trop de points pour ce type de calcul.	Cette erreur se produit quand vous utilisez l'option mathématique PAR DÉFAUT avec trop de points. Elle peut se produire en raison de l'option mathématique de l'élément, celle de la référence ou celle de la zone de tolérance. Le seuil indiquant que les points sont « trop	Vous pouvez résoudre l'erreur des façons suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • N'utilisez que quelques milliers de points. • Utilisez l'option mathématique LSQ.

	nombreux » est plusieurs dizaines de milliers.	
Les tolérances de concentricité requièrent des éléments d'entrée concentriques avec le cadre de référence.		Vérifiez que tous les éléments considérés sont nominalement concentriques avec le cadre de tolérance.
Les tolérances de symétrie requièrent des éléments d'entrée symétriques avec le cadre de référence.		Vérifiez que tous les éléments considérés sont nominalement symétriques au cadre de tolérance.
Étendue par unité non valide.		Vérifiez que la longueur par unité et/ou la largeur par unité sont correctes.
La densité de points est insuffisante pour la tolérance par unité.		Remesurez l'élément considéré avec une densité de points supérieure.
La personnalisation de la référence n'est pas valide.	La commande de tolérance géométrique autorise des cadres de tolérance ASME personnalisés. Cette erreur se produit quand la personnalisation n'est pas justifiée en termes mathématiques. Il est très fréquent de se tromper avec des cadres de tolérance personnalisés et d'obtenir cette erreur.	<p>Vous pouvez résoudre l'erreur des façons suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arrêtez de recourir à la personnalisation de références. • Pour chaque référence dans le cadre de tolérance, vérifiez que la

		personnalisation donne un invariant unique et totalement défini.
Les cercles employés pour calculer la ligne médiane extraite doivent inclure au moins 90 degrés de l'arc.	<p>Comme expliqué dans « Dérivation de l'élément tolérancé », plusieurs tolérances géométriques ISO utilisent l'élément tolérancé. Toutes les coupes transversales circulaires doivent avoir au moins 90 degrés d'arc.</p> <p>Cette erreur peut également se produire avec la rectitude d'un axe (ASME ou ISO). Comme expliqué dans la rubrique « Rectitude », la rectitude d'un axe requiert que vous mesuriez les données de surface dans des coupes transversales circulaires. Si l'une des coupes transversales a moins de 90 degrés d'arc, PC-DMIS affiche ce message d'erreur.</p>	Vérifiez que chaque coupe transversale circulaire dans votre élément considéré contient au moins 90 degrés d'arc.
Quand vous utilisez un exemple de plan, il doit être nominale		Vérifiez que le plan exemple de l'élément est nominale

orthogonal à l'élément pris en compte.		de l'élément considéré. Pour des informations sur la définition du plan exemple, voir « Dérivation de l'élément tolérancé ».
L'élément <nom_élément> et ses éléments enfants sont hors synchronisation. Faites une nouvelle exécution pour les resynchroniser.	Si vous changez la stratégie de mesure d'un élément, ou si vous changez le nombre de lignes dans la stratégie de mesure, l'élément peut perdre la synchronisation avec ses éléments enfants jusqu'à ce qu'il soit exécuté.	Exécutez l'élément.
Le segment <numéro du segment> contient un cadre de référence non valide pour le segment inférieur d'une tolérance composite.	Comme expliqué dans « Position », « Profil d'une droite » et « Profil d'une surface », les segments inférieurs des tolérances composites ont des règles strictes pour gérer leur cadre de tolérance.	Vérifiez que les cadres de tolérance de tous les segments inférieurs respectent les règles.
Les références à MMB/LMB doivent avoir été tolérancées à MMC/LMC à leurs références de priorité maximum. Si cette tolérance est introuvable, la valeur zéro sera appliquée à MMC/LMC.	Avertissement : vous devez déjà avoir créé les commandes de tolérance géométrique applicables avec un modificateur de condition matérielle. Si vous n'avez pas créé les tolérances géométriques applicables pour les données référencées avec un modificateur de condition matérielle, PC-	Ce message d'avertissement ne vous empêche pas de continuer à utiliser normalement des tolérances géométriques. Vous devez toutefois vérifier le dessin et vous assurer que votre routine inclut déjà toutes les tolérances

	DMIS utilise une tolérance géométrique de 0,0 MMC pour déterminer la valeur MMB/LMB (condition matérielle maximum/moindre condition matérielle).	<p>géométriques concernant les éléments de référence.</p> <p>Voir la section « Messages de référence » de la rubrique « Comment PC-DMIS résout et utilise des références » pour plus de détails.</p>
Le calcul de la tolérance géométrique a échoué.	<p>Ceci indique un problème interne dans le calcul.</p> <p>Faites une demande pour ouvrir un ticket de support auprès du support technique d'Hexagon (support.hexagonmi.com).</p>	<p>Dans votre demande de ticket, fournissez ce qui suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les étapes pour reproduire le message d'erreur • Votre routine de mesure (fichier .prg) • Votre modèle CAO (fichier .cad) • Une copie du dessin et de la référence que vous tentez de vérifier • Tous les fichiers palpeur utilisés (fichier .prb) • Le fichier de débogage

