

# PARTIE 4 : CE QUI MANQUE

---

1. AVERTISSEMENT .....	2
2. REPETITION D'UNE SPECIFICATION .....	2
2.1 Principe de répétition .....	2
2.2 Répétition d'un motif .....	4
2.3 Répétition d'une spécification sans référence .....	5
2.4 Répétition d'une spécification par rapport à une seule référence.....	5
2.5 Répétition de n surfaces spécifiées par rapport à p références. ....	5
2.6 Répétition issue de mises en position multiples .....	6
2.7 Exemple .....	6
3. SPECIFICATIONS COMPOSITES .....	7
3.1 Spécification composite .....	7

## 1. AVERTISSEMENT

Cette partie est totalement hors norme et ne doit pas être employée sur un dessin.

Elle a pour but de montrer des fonctionnalités non prises en compte par les normalisateurs à ce jour et les concepts nécessaires à chaque fonction.

## 2. REPETITION D'UNE SPECIFICATION

### 2.1 Principe de répétition

#### 2.1.1 Contraintes historiques et nouvelles contraintes

La définition de la répétition impose de prendre en compte 4 types de contraintes :

Désignation d'une référence sous un cadre de référence : Pour permettre la superposition des cadres de tolérance portant sur les mêmes surfaces spécifiées, la désignation d'une surface par un cadre de référence sous un cadre de tolérance ne dépend que des surfaces spécifiées et des indications au-dessus du cadre de tolérance (Autrement dit, la signification de la lettre ne doit pas dépendre du contenu du cadre de tolérance).

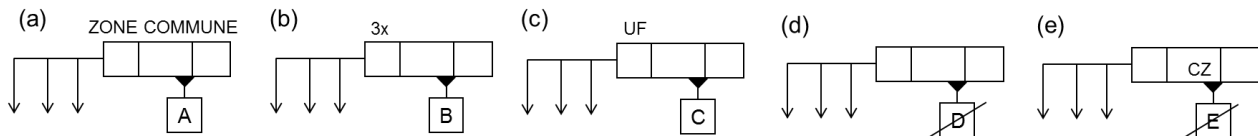
Changement d'écriture de la zone commune : Jusqu'en 2005, les normes indiquaient clairement que l'indication ZONE COMMUNE au-dessus du cadre (figure a) imposait que toutes les surfaces tolérancées soient simultanément dans une seule zone commune. La lettre A désignait l'ensemble des 3 surfaces spécifiées.

Avec la norme 5458 (toujours valide à ce jour), l'indication nx (figure b) définit un groupe tel que les n éléments tolérancés soient simultanément dans les n zones de tolérance. La lettre B désigne l'ensemble des n surfaces spécifiées.

Dans la figure (c), l'indication UF constitue une seule surface avec les 3 surfaces spécifiées. Cette surface doit être dans sa zone de tolérance. La lettre C désigne cette surface composée des 3 surfaces spécifiées.

Les anciennes normes disaient très clairement que dans la figure (d), la spécification était équivalente à la recopie de la spécification sur chaque surface spécifiée. L'usage d'un cadre de référence sous le cadre de tolérance n'était donc pas recommandé, car il y aurait plusieurs surfaces D distinctes et potentiellement différentes sur la même pièce.

La nouvelle écriture (e) avec le modificateur CZ dans le cadre de tolérance impose clairement que toutes les surfaces tolérancées soient simultanément dans une seule zone commune. Par contre, l'usage d'un E sous le cadre est problématique, car le modificateur CZ ne peut pas être lu. E ne désigne plus l'ensemble des surfaces (comme figure a), mais chaque surface. Cet usage est donc à bannir, car la signification a changé.



Association de surfaces en une seule opération : Les modificateurs ® et © par exemple imposent d'associer en une seule opération toutes les surfaces regroupées en une seule surface par UF. Par contre, dans un groupe avec nx, chaque entité du groupe est associée indépendamment des autres entités. Dans les autres cas, les associations sont également indépendantes.

Zones de tolérance d'orientation : Le modèle nominal est positionné sur la pièce réelle par le système de références en laissant éventuellement des degrés de liberté ou du flottage. Pour un groupe avec Nx, il y a N zones de tolérance.

Pour une spécification de position, chaque zone de tolérance est centrée sur le modèle nominal.

Pour une spécification d'orientation, chaque zone de tolérance est construite centrée sur le modèle nominal, puis peut-être translatée pour placer si-possible l'élément tolérancé dans la zone de tolérance.

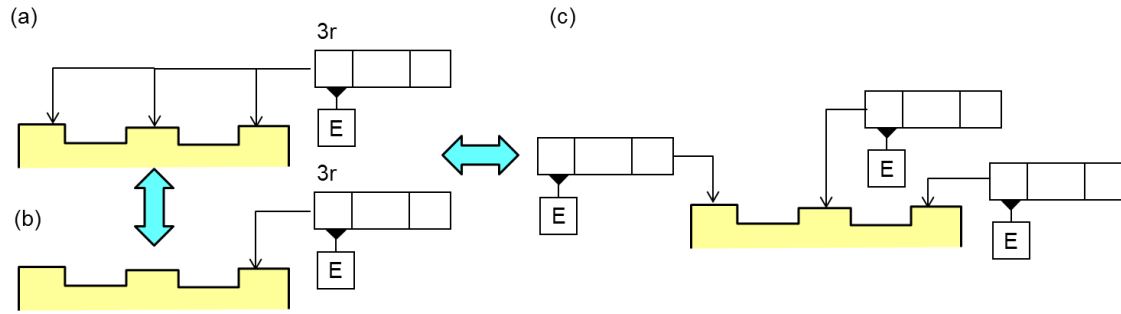
#### 2.1.2 Equivalence d'écriture

Les trois figures suivantes sont équivalentes.

Figure (a) : Les 3 flèches désignent les 3 surfaces spécifiées identiques. L'indication 3r indique que la spécification doit être recopiée 3 fois, sur chacune des surfaces spécifiées (figure c).

Il y a 3 références E. E désigne chacun des plans. (La définition de E ne dépend pas de ce qu'il y a à l'intérieur du cadre).

Figure (b) : l'emploi d'une seule flèche est possible s'il n'y a pas d'ambiguïté pour identifier les deux autres surfaces identiques à la première surface.



NOTE : habituellement, il est interdit de désigner par la même lettre des surfaces distinctes. La répétition dans un motif est une exception à condition que les surfaces E soient parfaitement superposables (mêmes caractéristiques et mêmes étendues)

La spécification suivante s'applique à un profil constitué de 3 cylindres et de deux plans. Dans un cas plus général, il peut être difficile d'identifier les 5 surfaces concernées, par exemple s'il y a un congé de raccordement dans le profil. Il est aussi très curieux que la même spécification s'applique à des surfaces d'étendues différentes avec la même tolérance. La lettre E désigne chacune des surfaces, c'est-à-dire soit un plan soit un cylindre, ce qui n'est pas normal. Face à ces difficultés, il faut réserver cette notion de répétition à des surfaces identiques. Sinon, il faut dupliquer la spécification.



Cette équivalence permet donc de définir très facilement une répétition sous deux conditions :

- Il ne doit pas y avoir d'ambiguïté sur la signification de la spécification à dupliquer.
- Les surfaces spécifiées doivent être parfaitement identifiées pour permettre la recopie

### 2.1.3 Différents types de répétitions

Définition : la répétition d'une spécification est indiquée par l'indication "nr" au-dessus du cadre de tolérance. Elle est équivalente à la recopie de n spécifications identiques et indépendantes.

Il y a 5 types de répétitions :

1. nr : Répétition n fois d'une spécification dans n motifs reliant n surfaces spécifiées (\*) et n références.
2. nr : Répétition n fois d'une spécification sans référence sur n surfaces spécifiées différentes (\*)
3. nr : Répétition n fois d'une spécification sur n surfaces spécifiées (\*) avec la même référence.
4. n/p r : Répétition n x p fois d'une spécification sur n surfaces spécifiées (\*) par rapport à p références différentes. (par exemple, avec l'indication 4/6 r, la spécification est dupliquée 24 fois pour n=4 surfaces spécifiées par rapport à p = 6 références)
5. 1/p r : Répétition p fois d'une spécification sur 1 surface spécifiée (\*) par rapport à p références différentes. (\*) ou groupe de surfaces spécifiées

### 2.1.4 Imbrication

Cette analyse montre que pour lire la lettre sous un cadre de tolérance, il faut impérativement distinguer au-dessus du cadre, l'unification de surfaces (UF), le groupe (nx) et la répétition avec un nouveau symbole, par exemple nr (r=répétition), sans avoir à lire le contenu du cadre<sup>1</sup>.

Ces 3 lettres différentes sont indispensables pour permettre d'identifier la hiérarchie des collections :

L'indication générale sur 3 niveaux est de la forme suivante : nr kx pUF

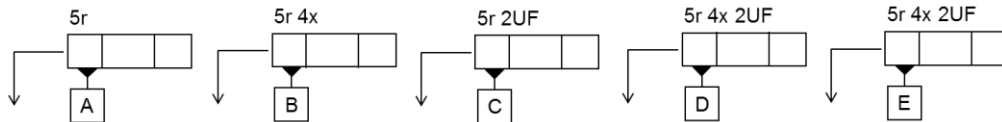
n répétitions d'une spécification portant sur un groupe composé de k entités. Chaque entité est une surface unifiée composée de p surfaces élémentaires.

Avec 3 lettres différentes, l'ordre des symboles n'a pas d'influence.

Cette structure peut être plus simple si elle n'a que deux niveaux :

nr pUF ; nr kx ; kx pUF ; nr ; kx ; pUF

<sup>1</sup> L'association de nx au-dessus du cadre et d'un CZ ou SZ à l'intérieur du cadre (prévu dans le projet 5458) ne permet plus de définir une référence sous le cadre de tolérance.



NOTE : ces exemples montrent que l'écriture sous la forme UF8x pour une surface composée de 8 surfaces élémentaires apporte un gros risque d'ambiguïté pour les non-experts.

## 2.2 Répétition d'un motif

### 2.2.1 Représentation d'un motif

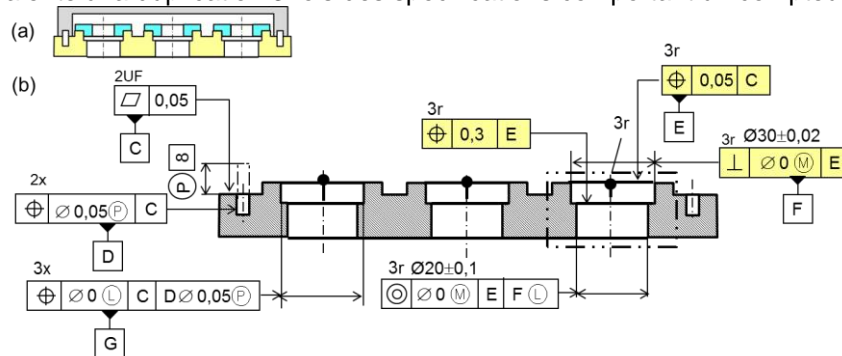
Le mécanisme figure (a) suivante comporte 3 groupes fonctionnels identiques qui imposent une cotation interne à chaque groupe fonctionnel et une cotation globale. La notion de répétition évite de dupliquer les spécifications dans chaque groupe fonctionnel.

Définition : Un motif est un ensemble de surfaces comportant des références et des spécifications internes au motif. L'origine et l'orientation du motif sont symbolisées par un point et un tiret. Les différentes instances des n motifs sont identifiés par n points leur tiret.

Les références et les spécifications avec l'indication nr sont équivalentes à n duplications de chaque spécification et référence au sein de chaque motif. Les références sont associées de manière indépendante au sein de chaque motif.

La figure (b) présente une pièce avec la répétition de 3 motifs. Il y a donc 3 plans E et 3 alésages F. La lettre G désigne globalement les 3 alésages F. La référence G est donc équivalente à (F-F) qui désigne l'ensemble des surfaces identiques à F.

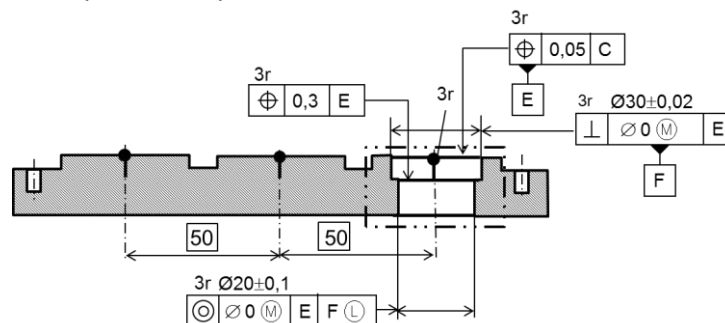
Cette cotation est équivalente à la duplication 3 fois des spécifications comportant un compteur 3r sur chaque motif.



Le motif peut être représenté sur une vue spécifique souvent appelée « un détail ».

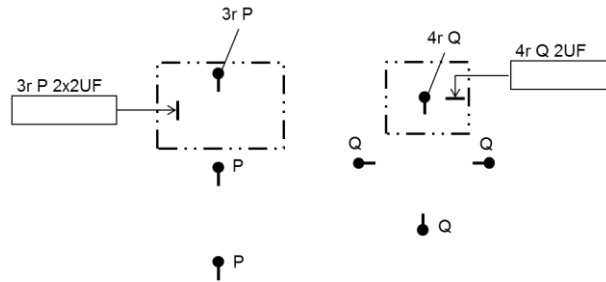
Si besoin, le motif est identifié par une boîte englobante représenté en trait mixte à double points qui doit englober l'ensemble des surfaces du motif. Un commentaire peut préciser le contenu du motif.

Le motif peut n'être défini qu'une seule fois. Les différents motifs ne sont alors représentés que par le point et le tiret pour orienter si nécessaire le motif. Les positions des points sont définies dans le modèle nominal. Des dimensions théoriquement exactes peuvent expliciter ces positions.



### 2.2.2 Distinction de motifs différents

Si la pièce comporte plusieurs motifs, chaque motif est désigné par une lettre placée à droite du compteur nr, à côté de chaque point représentatif du motif et dans l'indication au-dessus du cadre de tolérance.



Dans un modèle numérique, les spécifications et les références doivent être définies au sein du même motif. L'indication nr impose de rattacher chaque spécification et chaque référence au motif.

### 2.3 Répétition d'une spécification sans référence

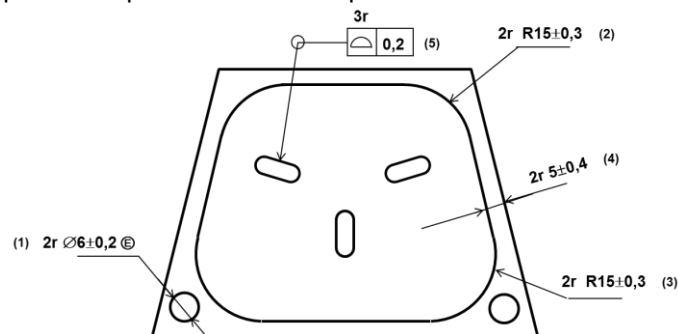
Lorsqu'il n'y a pas de référence, la spécification avec nr est équivalente à la recopie n fois de la spécification sur chacune des surfaces spécifiées. Les n spécifications sont donc totalement indépendantes.

Par défaut, le cadre de tolérance doit être relié par une ligne repère à chacune des surfaces spécifiées. Si les surfaces spécifiées sont identiques, symétriques ou similaires et facilement identifiables, une seule flèche est suffisante pour identifier les n surfaces. Le modèle numérique doit identifier un motif et la répétition de ce motif.

Dans la figure suivante :

- (1) La spécification de diamètre est dupliquée sur les deux alésages identiques.
- (2) La spécification porte sur les 2 congés symétriques.
- (3) La spécification porte sur les 2 congés symétriques
- (4) La largeur locale est imposée uniquement sur deux parois. Cette pièce comporte potentiellement 4 parois similaires. Il n'y a pas de paroi exactement identique. Il y a une paroi exactement symétrique et deux autres parois différentes. Par défaut, on doit considérer les surfaces identiques de mêmes étendues. Pour éviter le doute, il serait préférable de placer deux lignes repères reliées à la spécification dimensionnelle.
- (4) La spécification de forme est appliquée à tout le contour de la rainure. Elle est dupliquée pour les 3 rainures.

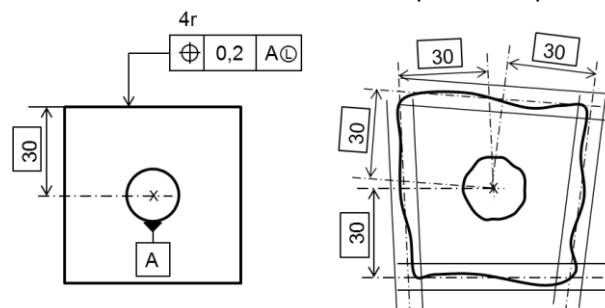
NOTE : il aurait été envisageable de regrouper les spécifications (2) et (3) en une seule spécification de rayon avec 4r, mais les étendues ne sont pas identiques. Un doute est possible.



### 2.4 Répétition d'une spécification par rapport à une seule référence

Dans la figure suivante, la spécification est équivalente à la duplication 4 fois de la localisation sur les 4 plans. Les 4 zones de tolérance sont donc indépendantes et localisées par rapport au modèle nominal centré sur A. La référence comporte un flottage, le flottage est indépendant pour chaque spécification.

Si la surface de référence possède une mobilité, la mobilité est indépendante pour chaque spécification.

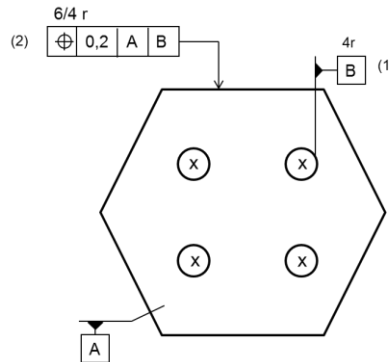


### 2.5 Répétition de n surfaces spécifiées par rapport à p références.

Ce cas correspond à des pièces multifonctions (système modulaire par exemple).

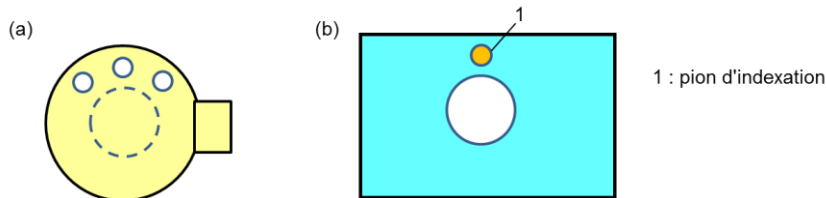
Dans la figure suivante :

- (1) Il y a 4 alésages B
- (2) Cette spécification est équivalente à 24 duplications de la localisation de chacun des 6 plans spécifiés par rapport aux 4 alésages.



### 2.6 Répétition issue de mises en position multiples

Lors de son fonctionnement, une pièce peut prendre plusieurs positions. Le système de références est donc différent pour chacune des positions. Les spécifications identiques peuvent être dupliquées à l'aide d'une répétition. La figure (a) représente une pièce qui est centrée dans l'alésage de la pièce figure (b). Il y a 3 positions angulaires, avec l'indexation du pion dans l'un des 3 alésages.



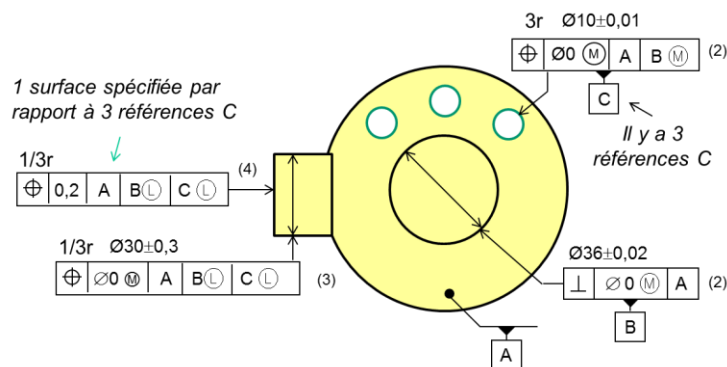
La figure suivante donne la cotation en vue de dessous.

L'indication 3r indique que la spécification (2) est équivalente à la recopie de la spécification sur chacun des 3 trous avec le même système de références. Cela signifie que la position du calibre de contrôle au maximum de matière est indépendante pour chaque trou (le flottement en B du système de références est indépendant entre les 3 spécifications). Le cadre de référence C est également dupliqué. Il y a 3 références C, une sur chaque trou.

NOTE : Il n'y a qu'une surface spécifiée dans le motif. Il n'est pas nécessaire de mettre en place un rectangle en trait mixte.

Pour la spécification (3), il n'y a qu'une surface spécifiée, mais 3 références C. La spécification est équivalente à 3 duplications de la spécification du cylindre spécifié par rapport aux 3 références C différentes. Le flottement permis par le minimum de matière sur B et C est bien indépendant pour chacune des spécifications.

De même, la spécification (4) est équivalente à 3 duplications de la spécification 3 fois du même plan spécifié par rapport aux 3 références C différentes.



### 2.7 Exemple

Ce dessin montre un motif répété 2 fois (symétrique de chaque côté de la pièce). Les spécifications (1) à (4) qui possèdent l'indication 2r doivent être considérées comme dupliquées dans chaque motif.

La planéité (1) est dupliquée dans chaque motif. Dans chaque motif, la lettre A désigne un plan.

La perpendicularité (2) porte sur l'alésage spécifié B par rapport à A. Cette spécification est dupliquée dans chaque motif. Dans chaque motif, la lettre B désigne l'alésage.

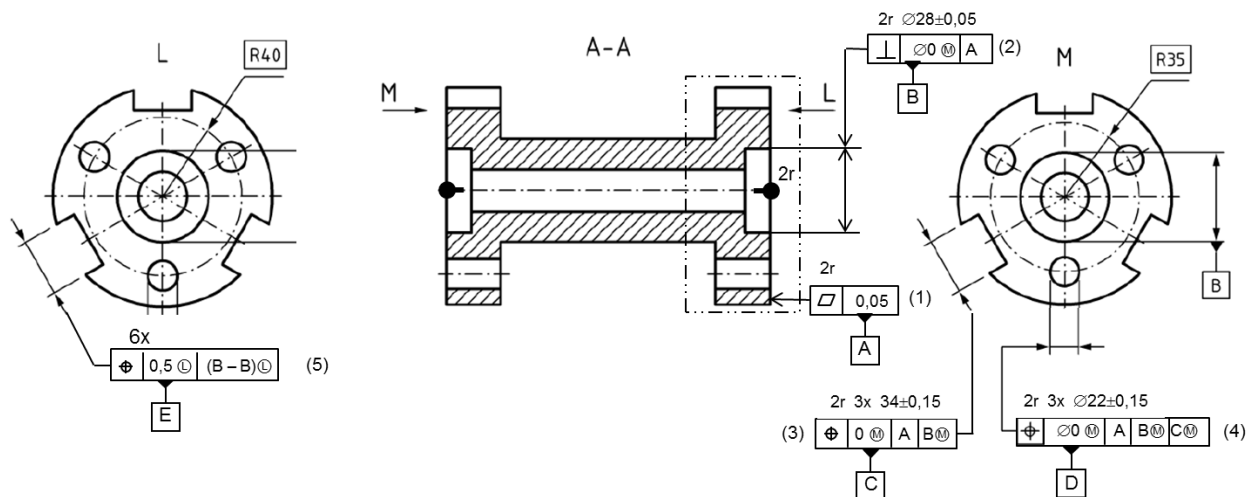
La localisation (3) porte sur les 3 rainures C par rapport au système de références A|B. Cette spécification est dupliquée dans chaque motif. Dans chaque motif, la lettre C désigne les 3 rainures.

La localisation (4) porte sur les 3 trous D par rapport au système de références A|B|C. Cette spécification est dupliquée dans chaque motif. Dans chaque motif, la lettre D désigne les 3 trous.

Remarque : Dans chaque motif, ces 4 spécifications sont indépendantes des surfaces de l'autre motif.

La localisation (5) est indépendante des motifs. Elle porte sur le groupe de 6 rainures. La référence B-B est construite avec l'ensemble des surfaces identiques à B, c'est-à-dire les deux alésages. La zone de tolérance sur la référence B-B est à l'intérieur des deux cylindres  $\varnothing 28,05$  centrés sur les surfaces B du modèle nominal. Il y a 6 zones de tolérance pour les éléments tolérancés. Chaque zone de tolérance est à l'intérieur de 2 plans distants de 34,65. Ces zones sont centrées sur les surfaces nominales des rainures.

Le modèle nominal peut tourner librement autour de B-B pour placer si possible simultanément les 6 rainures réelles dans les 6 zones de tolérance.



### 3. SPECIFICATIONS COMPOSITES

#### 3.1 Spécification composite

##### 3.1.1 Définition d'une spécification composite

Définition : une spécification composite impose aux surfaces spécifiées une double condition en définissant les zones de tolérance de position et d'orientation par rapport aux mêmes surfaces nominales. Le cas échéant, le modèle nominal est positionné par rapport au système de références pour que les surfaces réelles soient si possible simultanément dans toutes les zones de tolérance de position et d'orientation.

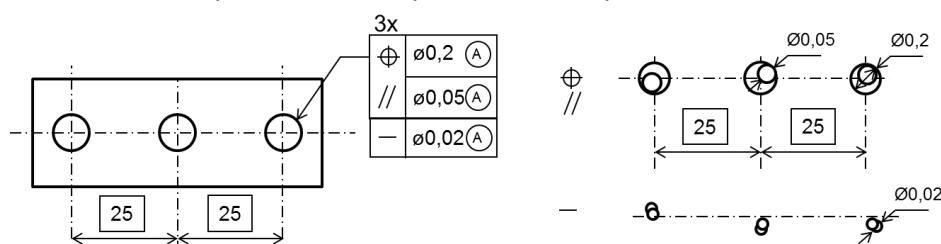
Une spécification composite est une seule spécification représentée sur 2 lignes, sans trait séparateur entre les symboles de spécifications, avec le cas échéant un système de références unique.

NOTE : une spécification composite permet de limiter les défauts d'orientation d'une surface à l'intérieur de la zone de tolérance de position, même si le système de références laisse des mobilités résiduelles. L'objectif est de maîtriser l'influence des porte-à-faux pour calculer en tridimensionnel la résultante correspondant à une exigence.

La figure suivante comporte une spécification composite et une spécification de forme.

La spécification composite impose que les 3 axes réels soient simultanément dans les 3 zones de tolérance de position  $\varnothing 0,2$  et dans les 3 zones de tolérance d'orientation  $\varnothing 0,05$  parallèles aux axes du même nominal.

La spécification de rectitude est indépendante de la spécification composite.



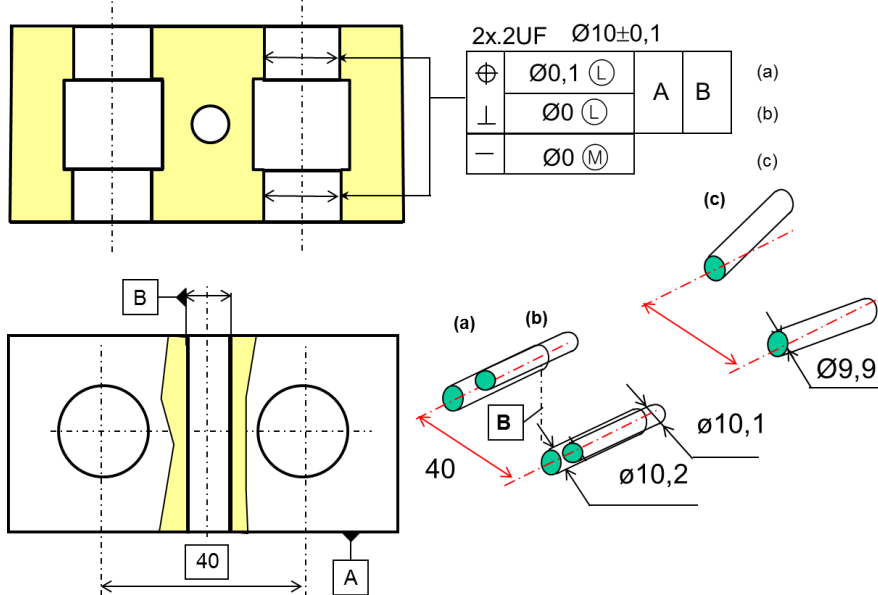
##### 3.1.2 Spécification composite avec système de références commun

Dans une spécification composite, le système de références est obligatoirement commun. En cas de mobilité résiduelle, le modèle nominal est identique pour la position et pour l'orientation.

La figure suivante comporte une spécification composite.

- Le système de référence A | B laisse une mobilité résiduelle en rotation autour de B. Le modèle nominal peut donc être orienté autour de B pour placer si possible les surfaces réelles des alésages dans les zones de tolérance.
- Les zones de tolérance de position sont à l'intérieur de deux cylindres Ø10,2 centrés sur les axes nominaux.
- Les zones de tolérance d'orientation Ø10,1 sont à l'intérieur de deux cylindres Ø10,1 parallèles aux axes nominaux.

L'orientation du modèle nominal et les deux translations des zones de tolérance d'orientation doivent être déterminées pour placer si possible les 4 alésages dans les 4 zones de tolérance.

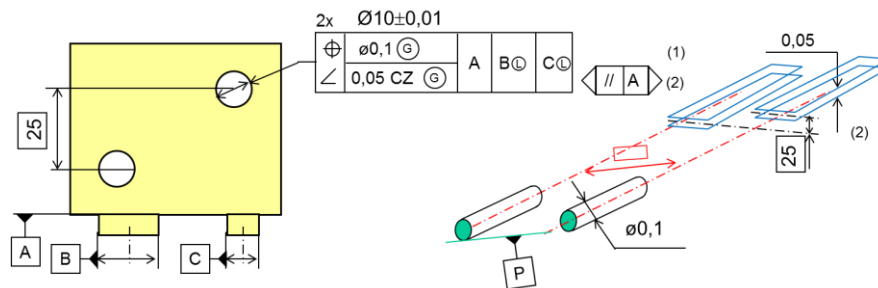


### 3.1.3 Spécification composite avec système de références flottant

Le système de référence A | BⓄ | CⓄ est flottant.

L'indication 2x définit un groupe de 2 entités. Pour chaque alésage, la surface tolérancée est l'axe associé par les moindres carrés à l'alésage (les deux associations sont indépendantes car il n'y a pas un UF).

Il y a 2 zones de tolérance de position Ø0,1 centrées sur les axes nominaux et deux zones de tolérance d'orientation. Chaque zone est limitée par deux plans distants de 0,05 qui sont parallèles à A. Ces deux zones sont construites centrées sur les axes nominaux. Ces deux zones sont donc distantes de 25 mm. Elles sont combinées par un CZ. Elles peuvent donc être traduites « ensemble » dans toutes directions pour placer si possible les surfaces tolérancées simultanément dans les 2 zones de tolérance de position et dans les 2 zones de tolérance d'orientation.



La variante figure suivante est très similaire, mais avec une zone de tolérance d'orientation parallèle au plan P qui est défini dans le modèle nominal. Autrement dit, le flottement du système de références déplace le modèle nominal et la zone de tolérance d'orientation pour placer si possible les surfaces tolérancées simultanément dans les 2 zones de tolérance de position et dans les 2 zones de tolérance d'orientation..

