

Le transfert des cotes et la simulation d'usinage

La détermination des cotes et des tolérances géométriques d'usinage permet l'obtention d'une pièce conforme au dessin de définition et facilite la recherche du moindre coût d'usinage.

A. Les cotes intervenant dans un transfert

a) Cote directe

Si une cote de fabrication s'établit entre les mêmes surfaces que celles indiquées par le dessin de définition alors cote est obtenue par une **cote directe**.

b) Cote transférée

Si la cote du dessin de définition n'est pas réalisée directement mais résulte de la combinaison de deux (plusieurs) cotes de fabrication Cf, elle devient une cote transférée. La détermination des cotes de fabrication permettant d'obtenir **la cote transférée** nécessite toujours un calcul appelé **transfert de cote**.

c) Cotes-méthodes

Elles sont fixées par le BM et apparaissent selon trois formes différentes : copeau minimal, qui impose l'épaisseur de matière à enlever pour réaliser un usinage correct, réduction de l'IT d'une cote du dessin de définition (pour rendre un transfert possible par exemple) ou encore le respect de certaines cotes ne figurant pas sur le dessin de définition mais imposées par l'usinage.

d) Cotes-conditions CC

Les cotes du dessin de définition (directes ou obtenues par transfert) ainsi que les cotes méthodes sont toujours des conditions impératives à respecter lors de la détermination des cotes de fabrication. C'est pourquoi dans les graphes et calculs elles sont particularisées et appelées **cotes-conditions CC**.

e) Tolérances économiques

Les cotes de fabrication sont assorties d'une tolérance. Pour chaque procédé, selon l'opération (ébauche, demi-finition, finition) il existe une tolérance économique permettant d'obtenir la cote dans un intervalle satisfaisant, compte tenu de la précision de la machine et du prix de revient.

B. Le transfert de cotes

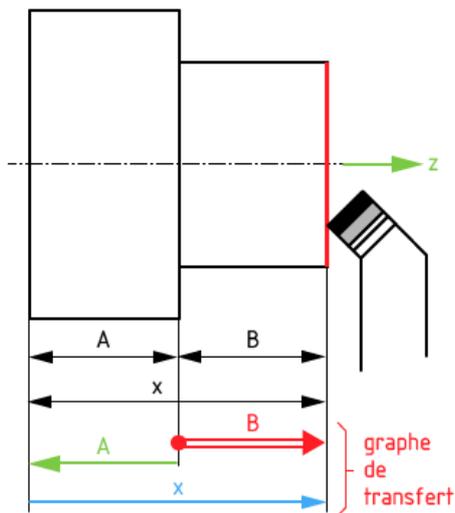
Pour tout transfert de cotes il faut respecter la condition fondamentale suivante :

IT cote condition = \sum cotes intervenant dans le transfert (y compris la cote à calculer)

Il en résulte que :

IT cote à calculer = IT cote condition - \sum IT autres cotes intervenant dans le transfert

Pour éviter les erreurs, il est souhaitable de tracer la chaîne de cotes (**chaîne de transfert**). La représentation graphique de la chaîne de transfert est appelée **graphe de transfert**.



Chaîne et graphe de transfert

Conventions adoptées pour tracer le graphe de transfert :

1. La cote condition (à transférer) est la cote qui ne peut être réalisée directement.
2. Le vecteur cote condition est tracé en double trait. Le sens positif habituellement utilisé est de la gauche vers la droite ou de bas en haut.
3. Les lignes d'attache de cotes sont numérotées de 1 à n.
4. Il ne peut pas avoir plus d'une cote fabriquée Cf par chaîne de cotes.
5. La chaîne de cotes doit être la plus courte possible.
6. L'IT de la cote condition doit être supérieur ou égal à la somme des IT des cotes composantes.

$$\text{IT cote condition} \geq \sum \text{IT des cotes composantes}$$

7. Les cotes de même sens que le vecteur cote condition sont maxi ou mini en même temps.
8. Les vecteurs des composantes sont tracés de manière à fermer la chaîne, leur sens étant choisi afin que la somme algébrique de ces composantes soit égale au vecteur cote condition. Pratiquement on peut prendre l'habitude de toujours partir de l'origine du vecteur cote-condition qui est en même temps l'origine d'une des composantes.

La lecture du graphe permet de trouver l'équation logique de la cote condition.

C. Les méthodes de calcul d'un transfert de cote

Avant de calculer en détail un transfert, il est préférable de vérifier d'abord que la nouvelle cote sera acceptable, c'est à dire que son IT sera non seulement positif, mais suffisant pour être réalisable en fabrication. On fait cette vérification à l'aide de la relation fondamentale :

$$\text{IT cote à calculer} = \text{IT cote condition} - \sum \text{IT autres cotes intervenant dans le transfert}$$

a) La méthode des cotes limites

Cette méthode nécessite d'abord de tracer le graphe de transfert ; ensuite, l'équation de la cote condition est développée en interprétant les sens des vecteurs lus sur le graphe.

Simplification : Exploitation d'un tableau (placé en regard de la chaîne) qui permet de regrouper les calculs sous un faible volume, en réduisant les risques d'erreurs.

Conventions adoptées :

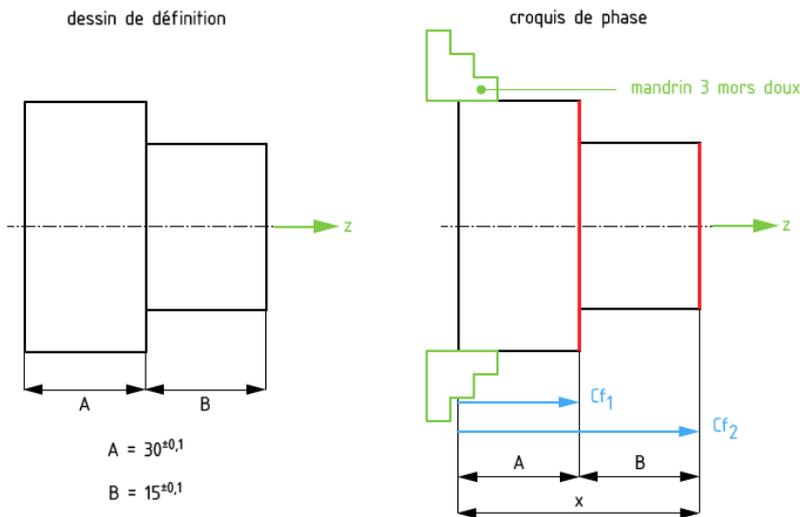
9. Si la cote condition est minimale, les composantes de même sens qu'elle sont minimales et les cotes composantes de sens opposé sont maximales.

10. La valeur de la cote condition minimale doit être inscrite dans la même colonne que les cotes composantes maximales.

11. La somme des cotes inscrites dans la colonne des cotes minimales est égale à la somme des cotes inscrites dans la colonne des cotes maximales (cote condition minimale incluse).

a1) Calcul de Cf_1 en prenant la condition au minimum

Considérons la pièce illustrée ci-après et le transfert de cotes réalisé en adoptant les conventions précédemment énoncées.



Le calcul de la cote X, en s'appuyant sur la condition au minimum, se fait à l'aide du tableau suivant.

	Cond min \Rightarrow		
Cotes	min \rightarrow	max \leftarrow	Tolérances
$B = 35 \pm 0,2$		34,8	0,4
$Cf_1 = ?$		/?	/?
$A = 60 \pm 0,15$	59,85		0,3
Σ (Somme)	59,85	59,85	

a2) Calcul de Cf_1 en prenant la condition au maximum

En utilisant les mêmes données mais en s'appuyant sur la condition au maximum, le calcul donne :

	Cond max \Leftarrow		
Cotes	min \rightarrow	max \leftarrow	Tolérances
$B = 35 \pm 0,2$	35,2		0,4
$A = 60 \pm 0,15$		60,15	0,3
$Cf_1 = ?$	/?		/?
Σ (Somme)	60,15	60,15	

b) La méthode des cotes moyennes

Reprenons l'exercice précédent. La démarche de calcul des cotes-moyennes comporte les étapes suivantes :

b1) on exprime toutes les cotes connues en cote moyenne, soit :

$$A = 30^{+0.1}$$

$$B = 15^{0/-0.3} = 14.85^{+0.15} \text{ (cote condition)}$$

b2) on calcule la valeur nominale de X :

$$X = A + B \text{ (lecture sur le croquis)}$$

$$\Rightarrow X = 30 + 14,85 = 44,85$$

b3) on calcule l'IT de X en appliquant la relation fondamentale (6)

c) Le calcul du transfert total

Les transferts précédents sont appelés « transferts partiels » lorsque l'IT de la cote nouvelle est acceptable sans qu'il ait été nécessaire de modifier les cotes d'origine. Dans certains cas, le calcul de la nouvelle cote est inacceptable : quand l'IT obtenu est négatif ou lorsque l'IT obtenu est positif mais de valeur trop faible pour pouvoir être respectée en fabrication.

On peut alors envisager un **transfert total**. Le calcul est identique à celui d'un transfert partiel mais il faut modifier les IT d'une ou plusieurs cotes d'origine, afin d'obtenir pour la nouvelle cote un IT jugé acceptable donc réalisable.

Remarque ! Le préparateur n'a pas le droit d'augmenter la valeur de l'IT d'une cote fonctionnelle, mais il peut le réduire!

D. La simulation d'usinage

La simulation d'usinage s'effectue en traçant les chaînes de cotes cumulées de toutes les opérations d'usinage réalisées sur la pièce, dans les directions imposées par les différentes cotes. Elle permet :

- de déterminer toutes les cotes de fabrication (cotes d'ébauches) ;
- de déterminer les exigences dimensionnelles et géométriques du BM concernant la pièce brute ;
- de vérifier la validité du processus envisagé.

Méthodologie d'établissement d'une simulation d'usinage

La simulation se réalise lorsque le processus d'usinage est défini. Elle consiste à :

- choisir les directions de simulation.
- faire le croquis de la pièce et représenter les épaisseurs de matière enlevées à chaque opération.
- indiquer sur le dessin les cotes condition à obtenir (cotes BE). Les cotes Cpm et les cotes conditions méthodes n'apparaissent que dans les graphes de transfert (leurs valeurs sont fixées par le BM).
- tracer les lignes de rappel correspondant aux surfaces usinées et aux surépaisseurs.
- tracer successivement (en les séparant par un trait) les chaînes de cotes des différentes opérations et faire apparaître en vis-à-vis le repérage alphanumérique des cotes de fabrication et de brut.
- résoudre au fur et à mesure les chaînes qui peuvent l'être ou passer à la chaîne suivante lorsque la résolution est impossible.
- progresser ainsi jusqu'à la détermination de toutes les cotes de fabrication et de brut recherchées

