

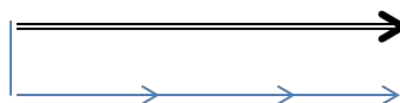
Mise en position des pièces

1. Nom de la pièce	Pièce ou bloc :				Repère :	Etat :	Auteur :	Interface direct avec un composant contact jeu serrage colle peinture cote décalage vis goupille pion Donner les dimensions
2. Type d'entité de liaison	Embout		e	1	Martin			
3. Surface de mise en position	Plan		Cylindre		4 trous parallèles			
4. Type d'interface	A	e	B	e	C	e		
5. Type d'entité de liaison	contact		jeu		jeu vis M4 serrage			
6. Surface d'appui	Plan		Cylindre		4 taraudages			
Pièce d'appui	D	c	E	c	F	c		
	Primaire		Secondaire		Tertiaire			

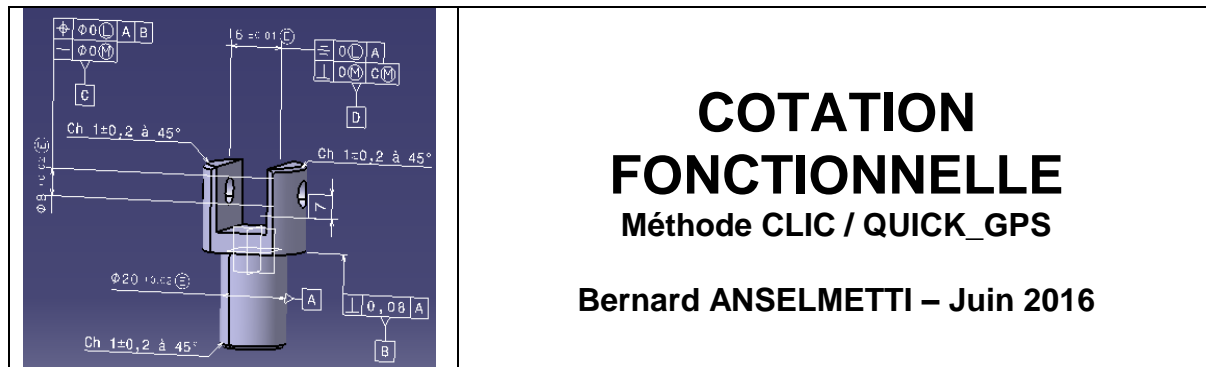
Cotation des pièces

	Forme	Orientation	Position
<b>Plan</b>			
<b>Plans coplanaires</b>			
<b>Cylindre</b>			
<b>Avec vis</b>			

Chaînes de cotes



Juin 2016



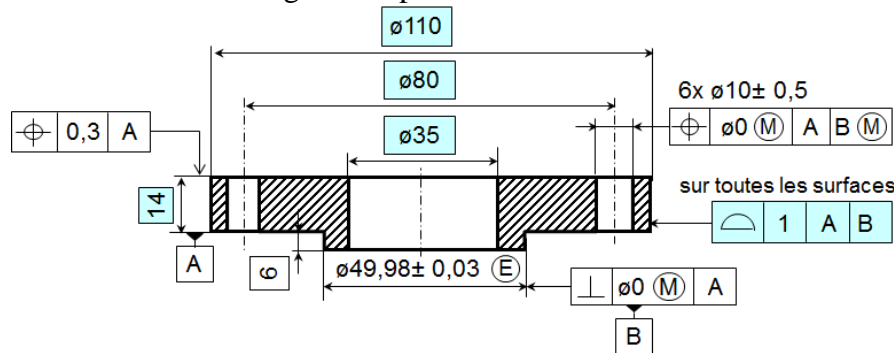
1. PRINCIPE DE LA COTATION FONCTIONNELLE .....	3
1.1 Objectifs de la cotation fonctionnelle .....	3
1.2 Organigramme de la méthode .....	4
1.3 Désignation des pièces du mécanisme .....	4
2. ANALYSE DE LA MISE EN POSITION DES PIECES .....	5
2.1 Mise en position du carter .....	5
2.2 Notion de prépondérance des surfaces de contact .....	6
2.3 Mise en position des autres pièces .....	9
2.4 Constitution du dossier technique .....	12
2.5 Données nécessaires à la cotation d'une pièce isolée .....	13
2.6 Résumé de la méthode .....	14
3. COTATION DES JONCTIONS .....	15
3.1 Cotation des surfaces de jonction .....	15
3.2 Cotation type des surfaces de jonction .....	15
3.3 Mode d'emploi sur un exemple .....	18
3.4 Règles complémentaires .....	19
3.5 Cotation des pièces minces .....	22
3.6 Application au réducteur .....	22
3.7 Système de références sur plusieurs pièces .....	24
3.8 Résumé de la méthode .....	27
4. TOLERANCEMENT GENERAL .....	28
4.1 Congés et chanfreins .....	28
4.2 Tolérancement de toutes les surfaces .....	28
4.3 Tolérancement général du carter .....	29
4.4 Résumé de la méthode .....	30
5. POSITION RELATIVE DES JONCTIONS ET DES SURFACES .....	30
5.1 Etude des défaillances .....	30
5.2 Principe de cotation .....	31
5.3 Autres surfaces de la pièce .....	32
5.4 Application au carter .....	34
5.5 Résumé de la méthode .....	34
6. CONCLUSION .....	35
7. ANNEXES .....	36
Quelques règles d'écriture .....	36
Exercices et correction .....	37

## 1. PRINCIPE DE LA COTATION FONCTIONNELLE

### 1.1 Objectifs de la cotation fonctionnelle

La démarche de cotation fonctionnelle vise à définir les **dessins de définition fonctionnelle** (pièce en fonctionnement)

Un dessin de définition est un **document contractuel** entre le client et le fournisseur qui décrit complètement et sans ambiguïté les pièces.



Exemple de dessin de définition d'un flasque

Les spécifications fonctionnelles assurent :

- La montabilité des pièces,
- L'interchangeabilité et la fabrication indépendante des pièces,
- Le bon fonctionnement du mécanisme et sa durée de vie.

L'objectif de la méthode est d'allouer la tolérance la plus grande possible à chaque spécification, pour limiter les coûts de fabrication et de contrôle.

La cotation fonctionnelle du dessin de définition est lue :

- par le gammiste pour choisir un processus de production et de contrôle capable,
- par le métrologue, pour valider la conformité de la pièce,
- par le service achat, pour accepter et payer un lot de pièces.

Le langage utilisé pour décrire les spécifications de chaque pièce est défini par les normes ISO de cotation qui sont adoptées par toutes les entreprises de mécanique générale et de précision, surtout dans le contexte de l'externalisation des productions (Renault, PSA, SNECMA, EADS, VALEO...).

Les principales normes sont regroupées dans la matrice GPS (Geometrical Product Specification) : ISO 1101 (2013), ISO 5459 (2011) et ISO 2692 (2015)

*Des milliers d'emplois imposent de connaître ces normes (conception, méthodes, fabrication, contrôle, achats, qualité...)...*

Contrairement à ce qui se dit, la cotation s'applique aussi bien en série que pour des pièces unitaires et il n'est pas plus long de faire une cotation ISO qu'une cotation élémentaire.

Le seul cas où la cotation peut être omise ou simplifiée, c'est lorsque le concepteur réalise les pièces en étroite collaboration avec l'atelier au sein de la même entreprise, car c'est alors le fabricant qui fait l'étude fonctionnelle pour réaliser les pièces qui fonctionnent et il n'y a pas de relation contractuelle...

**La cotation dépend du processus d'assemblage et de réglage du mécanisme. Le concepteur doit donc impérativement collaborer avec le responsable de l'assemblage pour optimiser le tolérancement.**

La démarche cotation fonctionnelle impose de tenir compte des défauts géométriques inévitables lors de la fabrication des produits.

Afin de permettre la fabrication des pièces sur des sites et avec des procédés différents, les informations sur les contrôles et la fabrication doivent être données respectivement sur des fiches de contrôle et des dessins de phase ou du brut (pas sur le dessin de définition).

## 1.2 Organigramme de la méthode

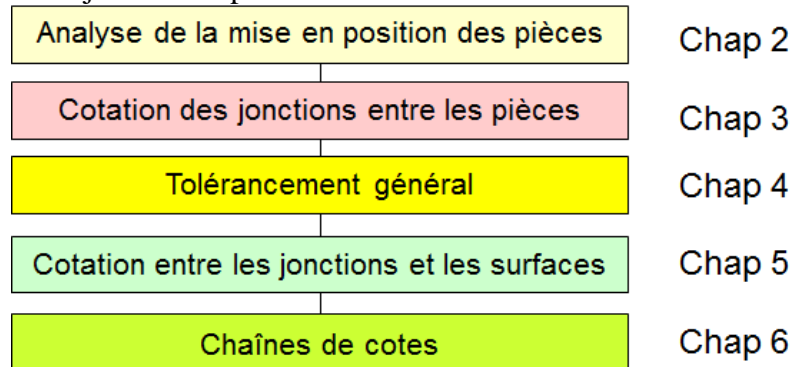
La méthode proposée s'appelle CLIC, Cotation en Localisation avec Influence des Contacts. Elle a été développée dans le cadre de mes activités de recherche au Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée de l'ENS Cachan depuis 1997.

Plusieurs variantes sont possibles. Ce cours décrit la méthode QUICK\_GPS largement approuvée par les entreprises car elle permet de confier la cotation d'une pièce à un concepteur, quasi-indépendamment des autres pièces.

Le concepteur doit connaître globalement l'ensemble du mécanisme et étudier tour à tour chacune des pièces. La cotation porte principalement sur les jonctions de la pièce étudiée avec les pièces voisines et sur les maillons entre ces jonctions (70% du travail).

Les tolérances sont choisies dans un tableau de tolérances par défaut. Le calcul de la résultante de la chaîne de cotes de chaque exigence permet ensuite de valider les tolérances et les cotes moyennes choisies.

Chaque étape fait l'objet d'un chapitre de ce document.



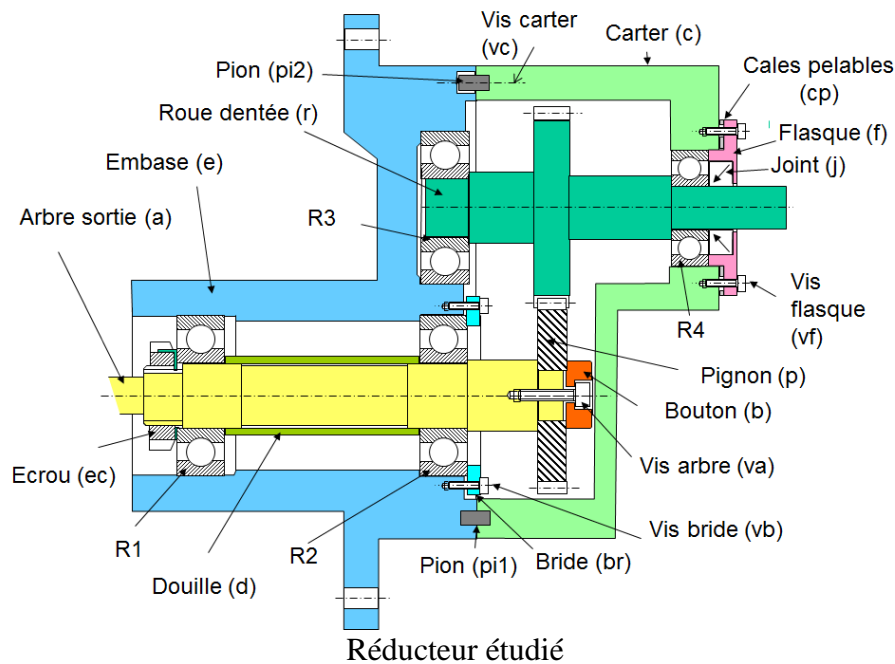
Méthode de cotation CLIC

## 1.3 Désignation des pièces du mécanisme

Donner un nom à chaque pièce avec un alias formé de une ou deux lettres (ex : pièce corps, alias c).

Identifier les composants standard du commerce (désignation complète permettant de connaître les dimensions et les tolérances).

Ce cours va être illustré à l'aide d'un carter d'un réducteur.



## 2. ANALYSE DE LA MISE EN POSITION DES PIÈCES

### 2.1 Mise en position du carter

#### 2.1.1 Principe de description de la mise en position

Chaque pièce est mise en position par des surfaces de références qui sont posées sur des surfaces d'appui d'une pièce ou de plusieurs pièces différentes déjà en place sur le mécanisme en cours de construction.

Choisir la base du mécanisme qui est la première pièce sur laquelle s'assemble ensuite les autres pièces.

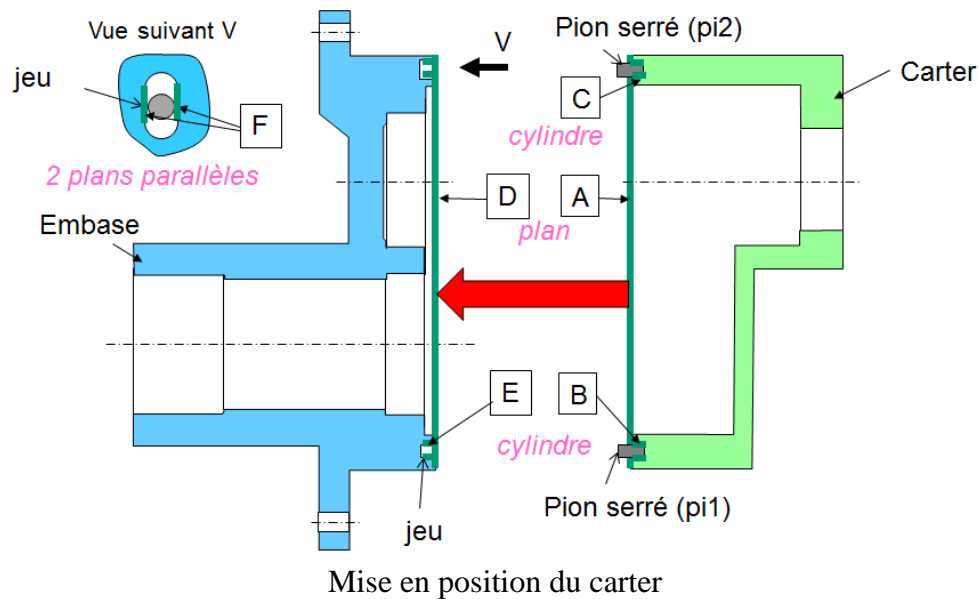
*Lors de l'apprentissage de la méthode, il est conseillé de faire un schéma par pièce pour décrire sa mise en position sur le reste du mécanisme.*

Faire un schéma avec la pièce étudiée et les pièces d'appui.  
Mettre les surfaces de référence et d'appui de la même couleur.  
Indiquer s'il y a du jeu dans la liaison (arbre plus petit que l'alésage).  
Indiquer s'il y a des pions serrés (le centrage sera assurée par la partie extérieure du pion).

Désigner par ABC les surfaces de références et DEF(\*) les surfaces d'appui.  
(\*) ou une des lettres suivantes si la pièce d'appui comporte déjà une surface de ce nom.

Si le mécanisme comporte des mobilités (par exemple, configurations à gauche, à droite et en position intermédiaire), il y a un schéma de la pièce pour chaque mise en position différente.

#### 2.1.2 Mise en position du carter sur l'embase (jonction principale du carter)



Le schéma ci-avant montre la mise en position du carter sur l'embase.

- Le plan primaire A du carter vient en contact avec le plan D de l'embase.
- Un pion (pi1) serré dans le carter centre le cylindre B du carter avec le cylindre E de l'embase. Il y a du jeu dans l'embase.
- Un pion (pi2) serré dans le carter centre cylindre C du carter dans la rainure F de l'embase. Il y a du jeu dans l'embase..

Les surfaces de références A, B, C constituent le système de références principal du carter.

Les surfaces d'appui D, E, F constituent un système de références auxiliaire pour l'embase.

*Remarque 1 : F désigne l'ensemble des 2 plans parallèles de la rainure de l'embase.*

*Remarque 2 : Les vis ne participent pas à la mise en position du carter, car tous les degrés de liberté sont bloqués par le plan et les 2 pions*

## 2.2 Notion de prépondérance des surfaces de contact

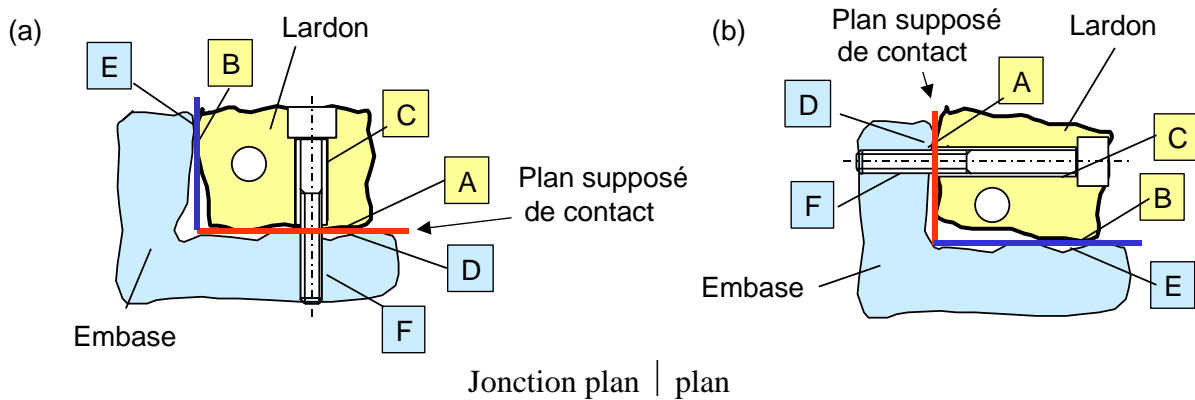
### 2.2.1 Définition de la prépondérance

Les pièces sont mises en position les unes sur les autres, par des surfaces de contact. Ces surfaces forment la **jonction entre les deux pièces**. La jonction est composée de 1, 2 ou 3 **liaisons**. Chaque liaison élimine certains degrés de liberté, ce qui classe les liaisons selon un ordre de prépondérance désigné par **primaire, secondaire et tertiaire**.

**La liaison prépondérante est celle qui supprime le plus de degrés de liberté en rotation** (sauf la liaison sphérique qui doit être considérée comme primaire)

### 2.2.2 Jonction plan | plan.

Le serrage ou les efforts extérieurs imposent le contact sur un plan qui est donc le plan primaire.



Jonction plan | plan

Dans les deux cas (a) et (b), le serrage par la vis plaque le lardon sur l'embase par l'intermédiaire d'un plan de contact. C'est ce plan qui impose l'orientation du lardon par rapport à l'embase. On dit que ce plan de contact est primaire, il est prépondérant par rapport à l'autre plan secondaire.

Le plan primaire du lardon est donc appelé A et est parfaitement en contact avec le plan D de l'embase. Dans le cas (a), la liaison primaire est "horizontale", dans le cas (b), elle est "verticale".

Le plan secondaire du lardon est appelé B, il est en contact avec E sur une ligne. Cette ligne de contact assure l'orientation de la pièce autour de la normale au plan primaire.

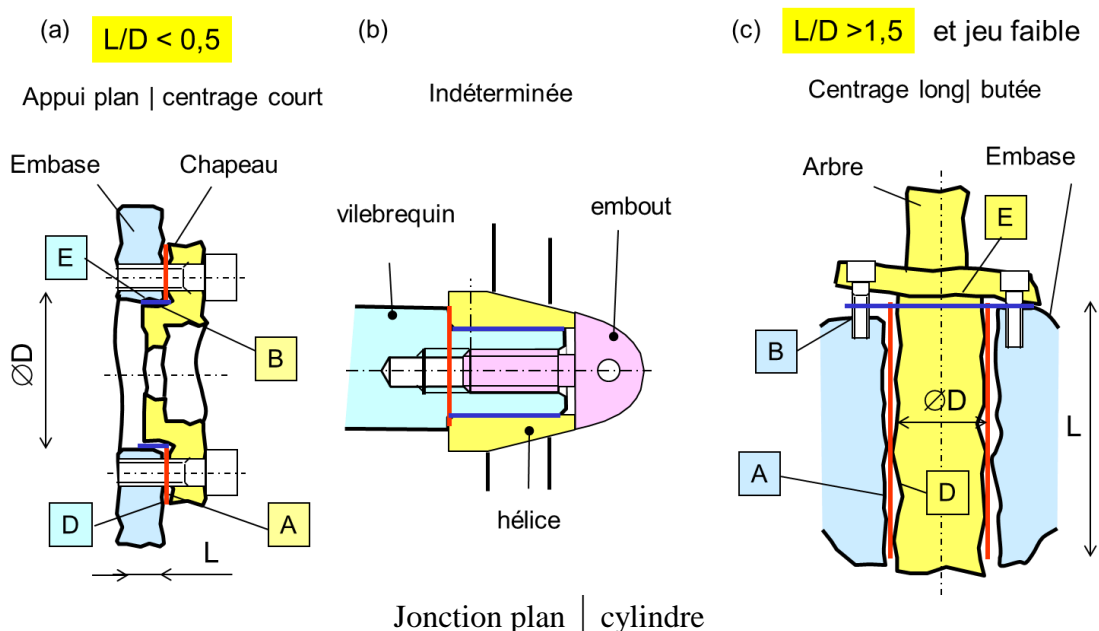
Le dernier degré de liberté en translation est limité par la vis qui aligne la référence tertiaire C du lardon (trou cylindrique) avec la référence F de l'embase (trou taraudé).

### 2.2.3 Jonctions plan | cylindre court et cylindre long | plan

La figure (a) représente une jonction appui plan primaire | centrage court secondaire avec un rapport  $L/D < 0,5$ . (L= Etendue de la liaison cylindrique, D = Diamètre du cylindre).

La figure (c) représente une jonction centrage long primaire | appui plan ou ponctuel secondaire avec un rapport  $L/D > 1,5$ .

Pour  $L/D \in ]0,5 ; 1,5[$ , la liaison est indéterminée. Pour que le plan soit primaire, il faut du jeu dans la liaison cylindrique et un effort axial. Pour que le cylindre soit primaire, il faut que l'alésage cylindrique soit serré sur l'arbre.



Jonction plan | cylindre

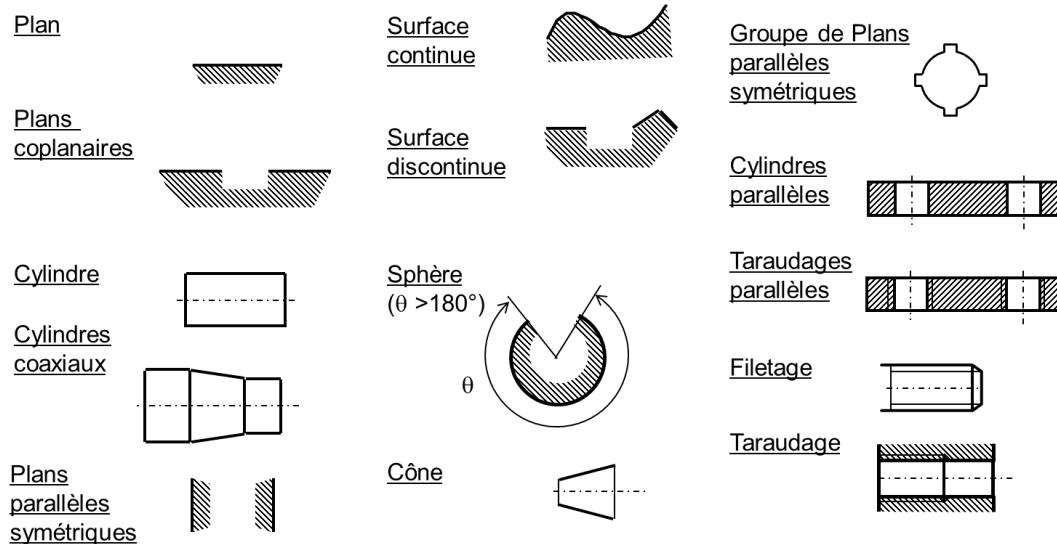
En (a) et (b), l'effort de serrage assure le contact sur le plan A qui est donc primaire.

En (c), le cylindre long A oriente l'arbre. Le contact sur le plan ne peut pas être assuré car le jeu dans la liaison cylindrique est faible. Le cylindre est primaire, le plan B est secondaire.

### 2.2.4 Entité de liaison

Chaque liaison est assurée soit par une surface simple (plan, cylindre, cône, sphère), soit par l'association de surfaces en **entités de positionnement**.

Les entités considérées dans cette méthode sont les suivantes :



Liste des entités de positionnement

Cette liste est complète au sens où les autres entités pouvant être rencontrées sont considérées comme une surface quelconque (continue ou discontinue).

*Remarque : la bonne identification de la désignation d'une entité est très importante, car elle permettra d'appliquer directement la cotation type de cette entité.*

### 2.2.5 Représentation de la mise en position par un tableau

La mise en position d'une pièce ou d'un bloc peut être décrite à l'aide d'un tableau.

Le tableau suivant correspond à la mise en position du carter décrite en 2.1.2 :

	Pièce ou bloc :		Alias :	Etat :	Auteur :
1. Nom de la pièce	<b>Carter</b>		<b>c</b>	1	Martin
2. Type d'entité de liaison	<b>Plan</b>	<b>Cylindre</b>	<b>Cylindre</b>		
3. Surface de mise en position	<b>A</b>   <b>c</b>	<b>B</b>   <b>c</b>	<b>C</b>   <b>c</b>		
4. Type d'interface	contact	Serrage Pion 3,99±0,01 jeu	Serrage Pion 3,99±0,01 jeu		
5. Type d'entité de liaison	<b>Plan</b>	<b>Cylindre</b>	<b>2 plans // sym</b>		
6. Surface et pièce d'appui	<b>D</b>   <b>e</b>	<b>E</b>   <b>e</b>	<b>F</b>   <b>e</b>		
	Liaison primaire		Liaison secondaire	Liaison tertiaire	

Tableau de mise en position



La mise en position de chaque pièce est décrite par son tableau. La première ligne comporte le nom de la pièce, son alias, le numéro de l'état (si la pièce a plusieurs positions) et le nom de l'auteur du tableau (traçabilité).

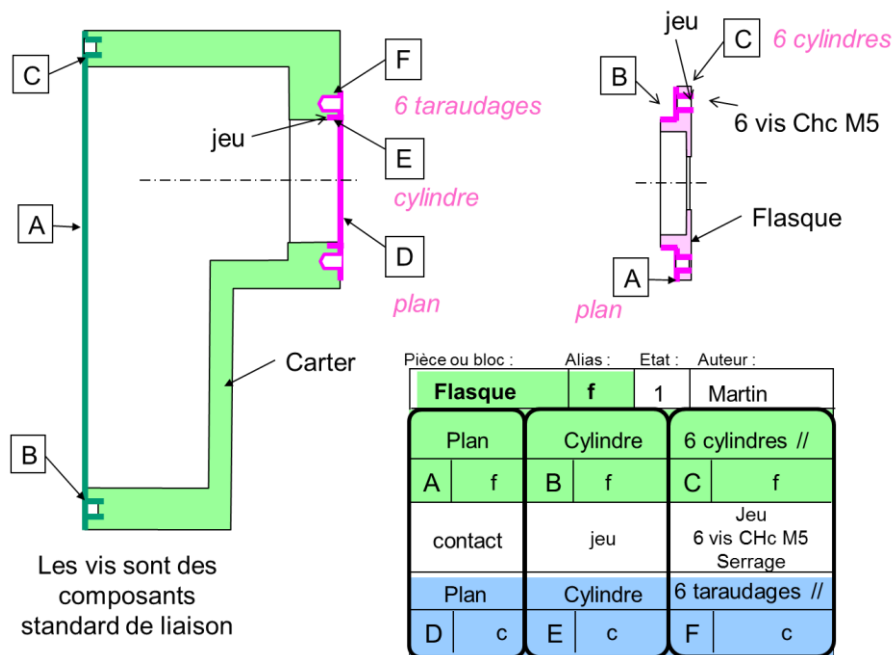
En dessous, les trois colonnes correspondent respectivement aux liaisons primaire, secondaire et tertiaire (le cas échéant).

Dans chaque colonne, on a :

- Ligne 2, la désignation du type d'entité de liaison de la pièce étudiée.
- Ligne 3, le nom de la surface, l'alias de la pièce considérée et éventuellement les numéros des surfaces de l'entité.
- Ligne 4, le type d'interface pour chaque liaison (généralement jeu, serrage ou contact ou composant d'interface).
- Ligne 5, la désignation du type d'entité de liaison de la pièce d'appui.
- Ligne 6, le nom de la surface d'appui, l'alias de la pièce d'appui et éventuellement les numéros des surfaces de l'entité.

## 2.3 Mise en position des autres pièces

### 2.3.1 Mise en position du flasque sur le carter (jonction auxiliaire du carter)



Mise en position du flasque

- Le plan primaire A du flasque vient en contact avec le plan D du carter.
- Le cylindre B du flasque est centré dans le cylindre E du carter. Il y a du jeu dans cette liaison.
- 6 vis Chc M5 passent avec du jeu dans les 6 trous C du flasque et sont serrées dans les 6 taraudages F du carter.

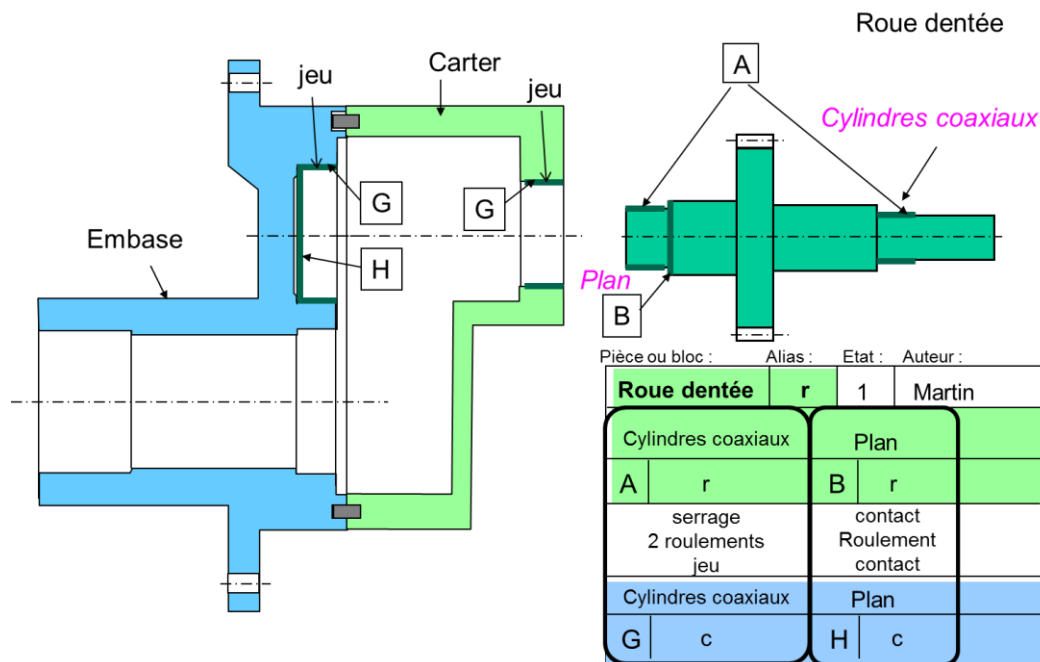
Les surfaces de références A, B, C du flasque constituent le système de références principal du flasque.

Les surfaces d'appui D, E, F constituent un système de références auxiliaire pour le carter.

*Remarque* : C désigne le groupe des 6 cylindres (répétition circulaire) recevant les vis. F représente les 6 taraudages. Les vis participent à la mise en position du carter, car tous les degrés de liberté ne sont pas bloqués par le plan primaire et le cylindre secondaire.

### 2.3.2 Mise en position de la roue dentée sur deux pièces différentes

Cette exemple montre qu'une pièce peut être mise en position sur deux pièces différentes.



Mise en position de la roue dentée

- Les deux cylindres coaxiaux A de la roue dentée sont centrés respectivement dans les deux alésages G de l'embase et du carter à l'aide de deux roulements. Les roulements R3 et R4 sont montés avec du jeu dans leurs alésages et serrés sur les portées de la roue dentée.
- Le plan B de la roue dentée est positionné axialement par rapport au plan H de l'embase à l'aide du roulement R3.

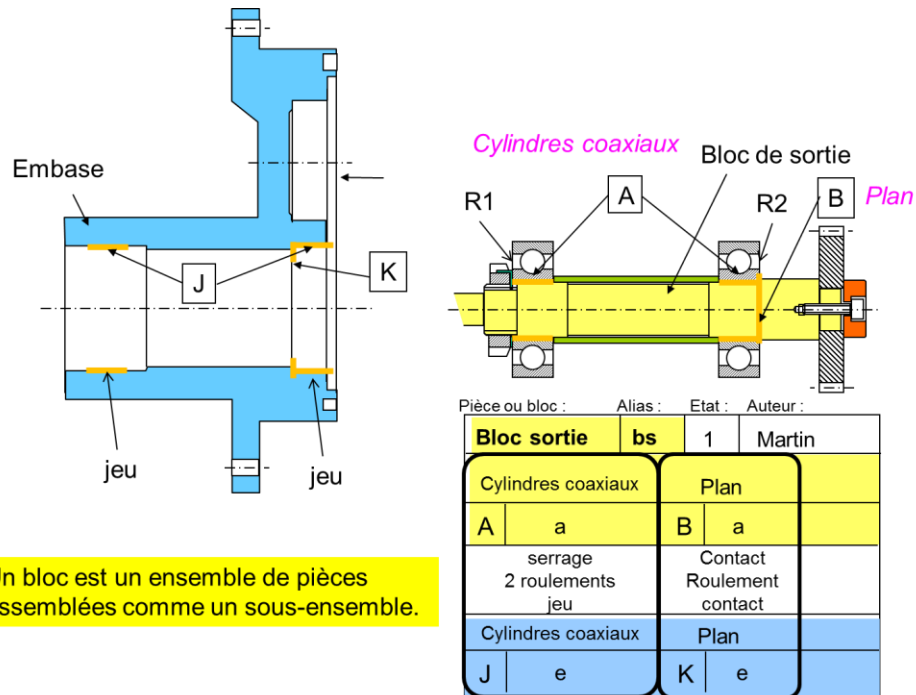
Les surfaces de références A et B constituent le système de références principal de la roue dentée.

Les surfaces d'appui G et H constituent virtuellement un système de références auxiliaire pour le sous-ensemble formé par le carter et l'embase, mais comme ces surfaces n'appartiennent pas à une seule pièce, il n'y a pas directement un système de références auxiliaire sur chaque pièce.

### 2.3.3 Mise en position d'un bloc

On constitue un bloc pour chaque sous-ensemble de pièces cinématiquement liées, afin de décrire sa mise en position qui permet son guidage et sa mobilité.

Le bloc de sortie est constitué de tous les éléments tournants avec l'arbre de sortie : arbre de sortie, pignon, bouton et composants standard de liaison. Les roulements sont des composants de jonction du bloc avec le sous-ensemble fixe. Généralement, les roulements sont associés au bloc qui impose la distance axiale entre les roulements.



Mise en position du bloc de sortie

- Les deux cylindres coaxiaux A de l'arbre de sortie sont centrés respectivement dans les deux alésages J de l'embase à l'aide de deux roulements R3 et R4 qui sont montés avec du jeu dans leurs alésages et serrés sur les portées de l'arbre de sortie.
- Le plan B de l'arbre de sortie est positionné axialement par rapport au plan K de l'embase à l'aide du roulement R2.

Les surfaces de références A, B constituent le système de références principal du bloc de sortie.

Les surfaces d'appui J et K constituent un système de références auxiliaire pour l'embase.

*Remarque 1 : La mise en position d'un bloc peut se faire à l'aide de surfaces appartenant à des pièces différentes.*

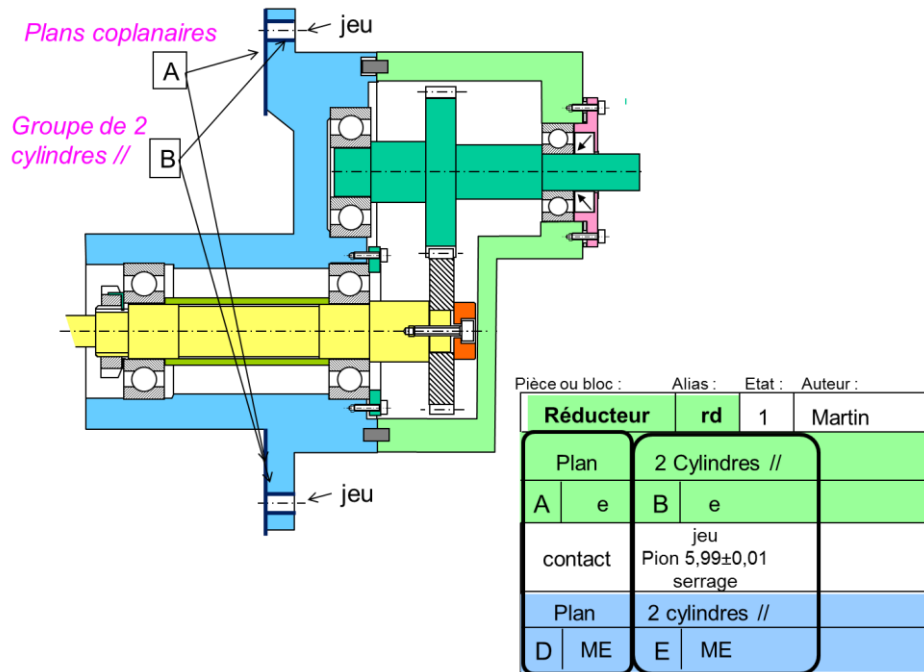
*Remarque 2 : Il faut décrire également la mise en position de chacune des pièces à l'intérieur du bloc.*

### 2.3.4 Mise en position du mécanisme

Le mécanisme est fixé sur le milieu extérieur par des surfaces appartenant à une ou plusieurs pièces.

Cette mise en position est normalement imposée par le concepteur responsable de l'implantation du réducteur dans son environnement extérieur (machine, véhicule...).

Remarque : si les surfaces d'appui ne sont pas connues, mettre l'indication « ME » sur la dernière ligne pour « Milieu Extérieur ».



Mise en position du mécanisme dans le milieu extérieur

- Les plans coplanaires A de l'embase sont sans doute en appui plan sur un bâti hors du domaine de l'étude qui peut être schématisé ou non.
- Les deux trous parallèles B positionnent le mécanisme avec du jeu.

## 2.4 Constitution du dossier technique

### 2.4.1 Structure du mécanisme

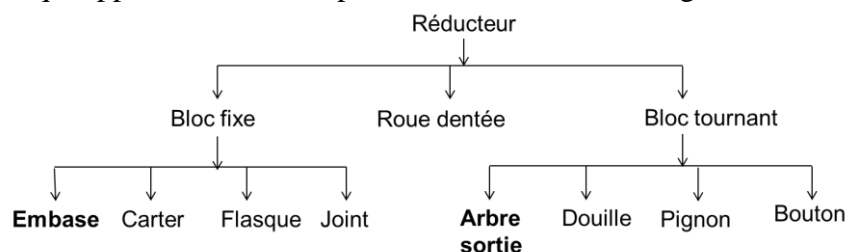
Le mécanisme est décomposé en « blocs ». Il y a un bloc fixe et un bloc pour chaque sous-ensemble de pièces cinématiquement liées.

Le bloc fixe comprend toutes les pièces fixes reliées au bâti du mécanisme.

Le bloc tournant comprend toutes les pièces liées à l'arbre de sortie.

Dans cet exemple, le bloc d'entrée ne comporte qu'une seule pièce qui est la roue dentée.

Chaque bloc est décomposé en indiquant à gauche la base du bloc. Les pièces sont ensuite rangées si possible dans l'ordre de mise en position : chaque pièce doit être mise en position sur des surfaces qui appartiennent à des pièces du bloc situées à sa gauche sur la ligne.



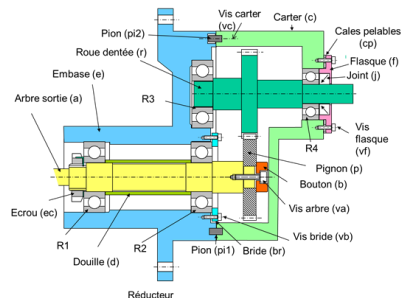
Graphe du mécanisme

Les composants standards (vis, pions, roulements...) ne sont pas forcément représentés dans ce graphe.

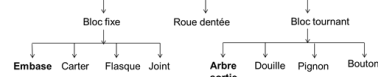
### 2.4.2 Dossier technique

Le dossier technique est très rapide à faire avec des capture d'écrans. Il comporte :

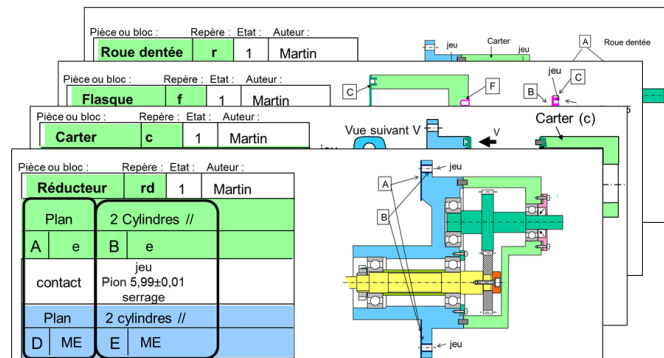
Le dessin d'ensemble avec la nomenclature des pièces et des composants



Le graphe décrivant la structure du mécanisme



Les tableaux de mise en position de chaque bloc et de chaque pièce



Dossier d'interface

### 2.5 Données nécessaires à la cotation d'une pièce isolée

Pour pouvoir faire la cotation fonctionnelle d'une pièce, il faut avoir déterminé toutes les jonctions avec les pièces voisines notamment :

- La jonction principale qui correspond à la mise en position de la pièce étudiée sur le reste du mécanisme.
- Les jonctions auxiliaires correspondant à toutes les autres pièces qui viennent en appui sur la pièce étudiée.

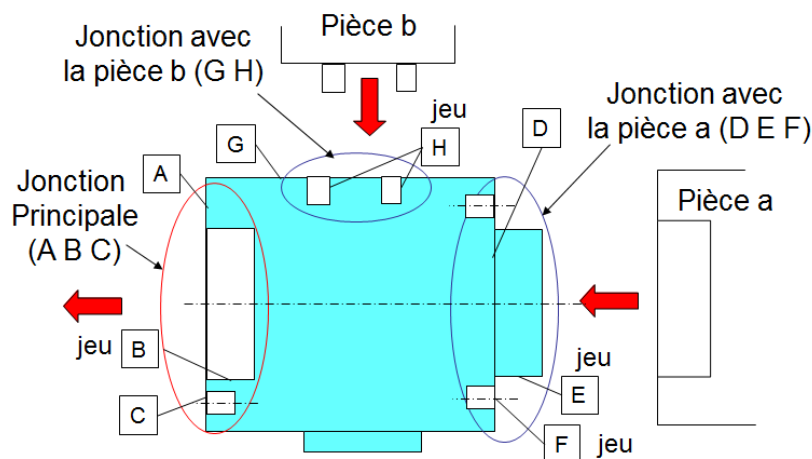
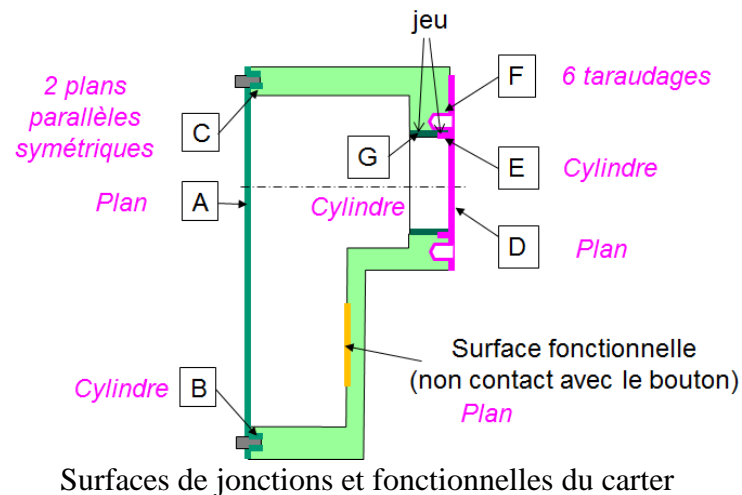


Schéma de principe des jonctions d'une pièce

Il faut également identifier les autres surfaces fonctionnelles qui n'interviennent donc dans aucune jonction, mais qui nécessitent un tolérancement plus précis que le tolérancement général.

À titre d'exemple, l'étude du carter peut être réalisée à partir de cette figure de synthèse.



Les surfaces E et G sont deux zones restreintes du même alésage correspondant respectivement aux liaisons avec le roulement et avec le flasque.

Théoriquement, il faudrait gérer la différence entre ces deux zones restreintes pour faire une cotation rigoureuse. Il est aussi possible de fusionner ces deux zones pour simplifier la cotation, mais cette « simplification » impose une adaptation des règles de cotation et nécessite une bonne expertise.

## 2.6 Résumé de la méthode

- Décomposer le mécanisme en créant un bloc pour chaque groupe cinématique et éventuellement pour chaque sous-ensemble réalisé séparément.
- Choisir la base du mécanisme et de chaque bloc.
- Définir la mise en position de chaque pièce et de chaque bloc, sauf les bases (un schéma par pièce).
- Indiquer les liaisons avec du jeu et les pions serrés
- Lorsqu'une pièce a une mobilité, il peut y avoir plusieurs mises en position différentes qui doivent être cohérentes.
- L'ordre des surfaces primaire, secondaire et tertiaire est défini par la prépondérance des surfaces de références,
- La surface prépondérante est celle qui bloque le plus de degrés de liberté en rotation,
- Pour faire la cotation d'une pièce isolée, il faut connaître toutes les jonctions avec les pièces voisines et les autres surfaces fonctionnelle de la pièce nécessitant une tolérance plus précise que le tolérancement général.

### Intérêt de la méthode

Les mises en position ainsi décrites peuvent facilement être lues et approuvées par tous les partenaires du projet, concepteurs, fabricants, clients, fournisseurs.

Cette méthode permet notamment de valider un projet très tôt, avant de passer à la cotation.

Très souvent, cette analyse révèle des lacunes et permet d'améliorer la conception du produit ou de le simplifier.

Ces schémas sont joints au dossier **d'analyse fonctionnelle technique** du produit.

Ce dossier permet de faire étudier séparément chaque pièce par des concepteurs voire des entreprises différentes.

### 3. COTATION DES JONCTIONS

#### 3.1 Cotation des surfaces de jonction

Les tableaux ci-après définissent, pour chaque type d'entité, la cotation à recopier sur le dessin de définition suivant que l'entité est primaire, secondaire ou tertiaire. Cette cotation garantit la qualité de la jonction entre les pièces.

En appliquant le conseil de désigner par A, B, C les références primaires, secondaires et tertiaires de chaque pièce, tous les systèmes de références principaux des pièces sont A, B, C, ce qui simplifie considérablement la lecture et l'écriture des dessins. Il suffit de recopier les cotations proposées.

Pour le système de références principal, recopier les cotations type ci-après en fonction du nom de l'entité (plan, cylindre,...) de la place de l'entité dans le système de références (primaire, secondaire, tertiaire).

Faire de même pour tous les systèmes auxiliaires. Par contre, il faut donc mettre la lettre qui correspond à l'élément de référence (D, E, F par exemple)..

Choisir la valeur des tolérances ou mettre simplement la lettre t en attendant de choisir.

Indiquer les cotes encadrées ou les diamètres nominaux ou laisser sous la forme d'inconnues désignées avec la lettre et un numéro (ex a1, a2...pour la pièce a avec une numérotation dans l'ordre d'écriture des cotes).

#### 3.2 Cotation type des surfaces de jonction

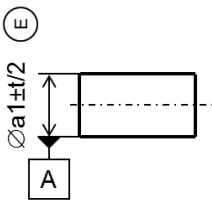
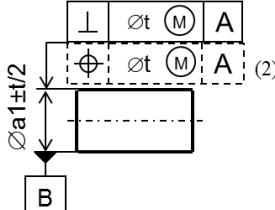
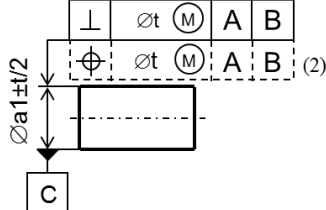
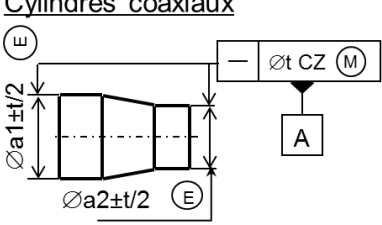
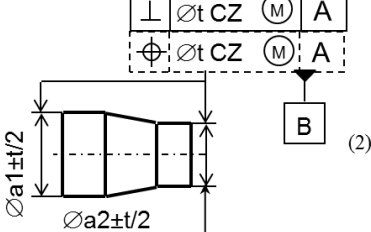
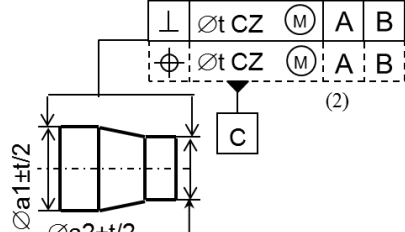
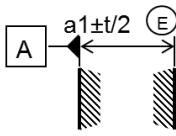
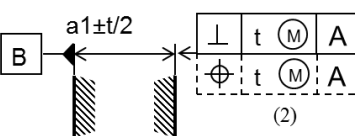
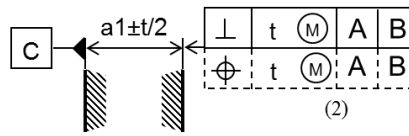
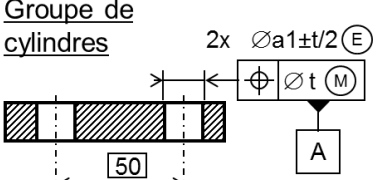
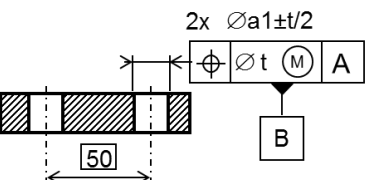
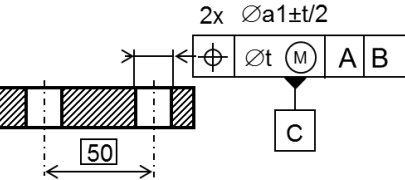
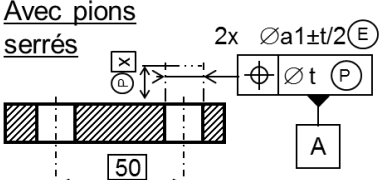
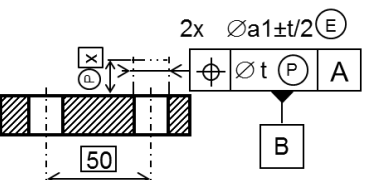
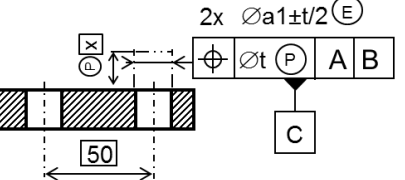
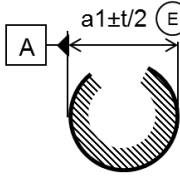
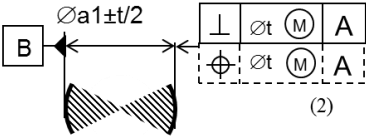
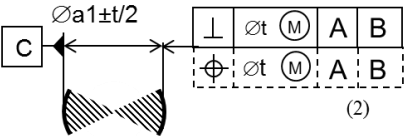
Les figures ci-après donnent la cotation à recopier sur la pièce.

##### Notes relatives aux tableaux :

- (1) Définir le système de références à l'aide d'un commentaire : surface tangente qui minimise la distance maxi...ou pour les filetages, références définies sur les flancs de filet.
- (2) Les tableaux indiquent des spécifications de localisation en pointillés. En général, c'est la spécification d'orientation qu'il faut appliquer à la surface. Toutefois, si la surface tolérancée est parallèle à une des références, il faut remplacer le symbole d'orientation par un symbole de position et mettre une cote encadrée entre la surface spécifiée et la référence.
- (3) Définir les surfaces à l'aide de cotes encadrées.

	Entité primaire	Entité secondaire	Entité tertiaire
<b>Plan</b>			
<b>Plans coplanaires</b>			
<b>Plans parallèles décalés</b>			
	2 plans distants de 15 minimax à la surface	2 plans distants de 15, perpendiculaires à B, minimax à la surface	2 plans distants de 15, perpendiculaire à A B, minimax à la surface
<b>Cône</b>			
	cône d'angle 20° tangent qui minimise la distance maxi	cône d'angle 20° perpendiculaire à A, tangent qui minimise la distance maxi	cône d'angle 20° perpendiculaire à A (et à B), tangent qui minimise la distance maxi
<b>Surface discontinue</b>			
	Surface nominale tangente qui minimise la distance maxi	Surface nominale perpendiculaire à A tangente qui minimise la distance maxi	Surface nominale en position parfaite par rapport à A et B tangente qui minimise la distance maxi
<b>Surface continue</b>			
	Surface nominale tangente qui minimise la distance maxi	Surface nominale perpendiculaire à A tangente qui minimise la distance maxi	Surface nominale en position parfaite par rapport à A et B tangente qui minimise la distance maxi



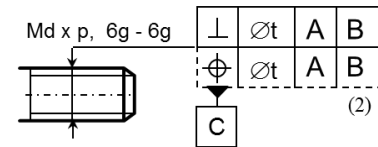
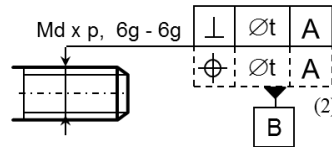
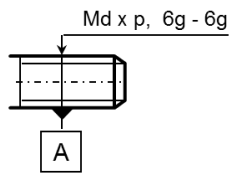
Entité primaire	Entité secondaire	Entité tertiaire
<p><b>Cylindre</b></p> 		
<p><b>Cylindres coaxiaux</b></p> 		
<p><b>Plans parallèles symétriques</b></p> 		
<p><b>Groupe de cylindres</b></p> 		
<p><b>Avec pions serrés</b></p> 		
<p><b>Sphère</b></p> 	<p style="text-align: center;"><i>pas de sphère en secondaire</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>pas de sphère en tertiaire</i></p>
<p><b>Locating</b></p> <p style="text-align: center;"><i>pas de locating en primaire</i></p>		

**Entité primaire**

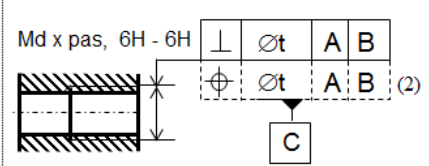
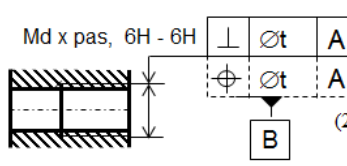
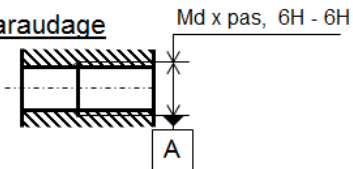
**Entité secondaire**

**Entité tertiaire**

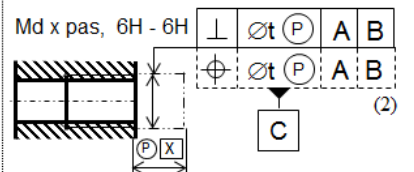
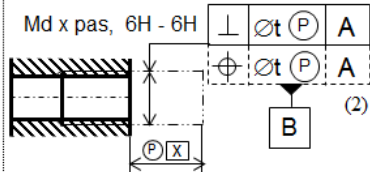
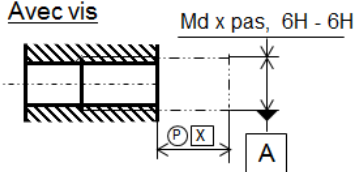
**Filetage**



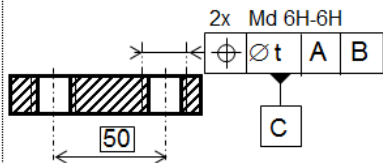
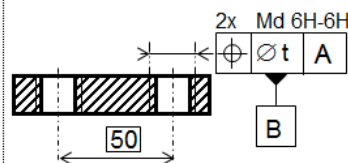
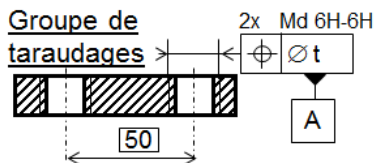
**Taroudage**



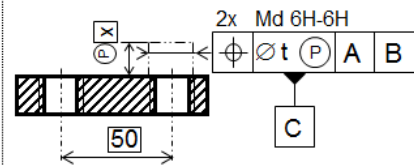
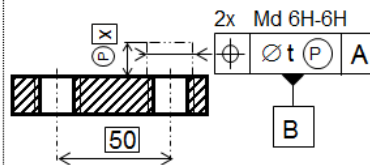
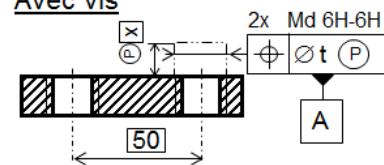
**Avec vis**



**Groupe de taraudages**



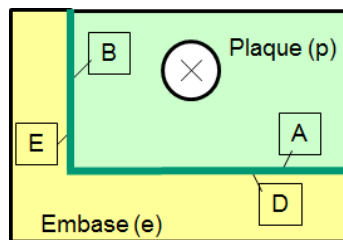
**Avec vis**



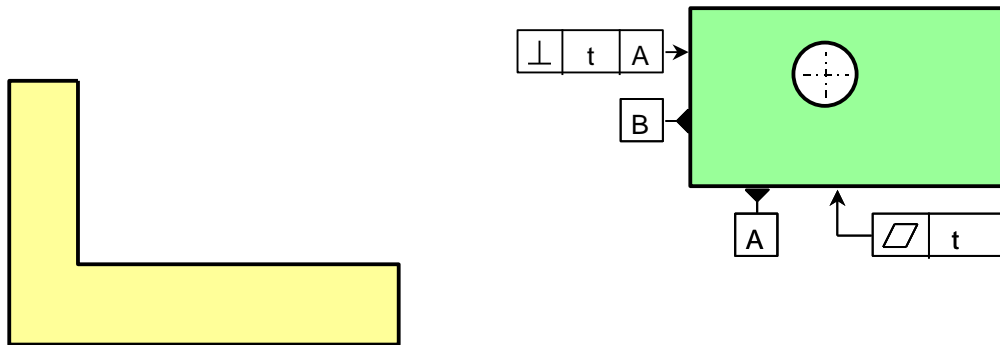
Cotation type des entités de positionnement

**3.3 Mode d'emploi sur un exemple**

La jonction est décrite par un schéma ou son tableau de mise en position. Il faut recopier la cotation type sur les dessins de la pièce étudiée et de la pièce d'appui pour chaque entité primaire, secondaire et tertiaire.



Exemple de mécanisme



Faire de même la cotation de l'embase.

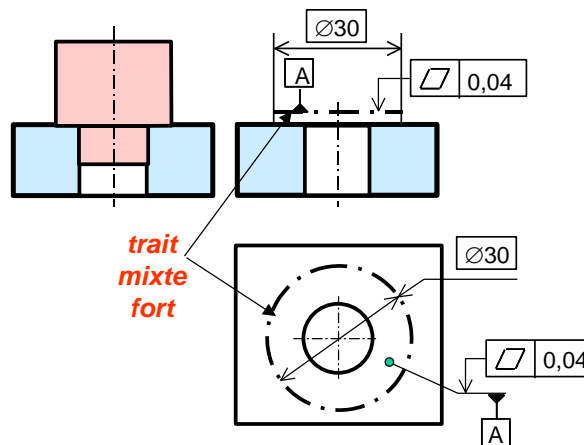
Principe de cotation des deux pièces

Remarque : La planéité des plans primaires garantit la qualité du contact plan sur plan. Les perpendicularités des plans secondaires par rapport aux primaires assurent un bon contact sur les plans secondaires lorsque les plans primaires sont en appui. (Avec un gros défaut de perpendicularité, la zone de contact serait très localisée).

### 3.4 Règles complémentaires

#### 3.4.1 Règle 1 : limitation des surfaces (Zone restreinte)

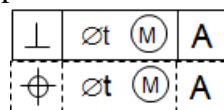
Dans certains cas, lorsque seule une partie de la surface est utile pour la jonction, on peut limiter la spécification et la référence à la zone de contact entre les deux pièces par l'emploi d'une zone restreinte.



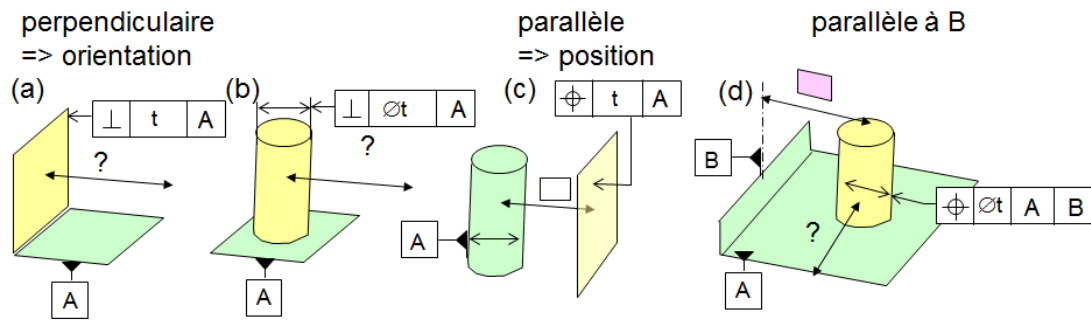
Limitation de la surface de liaison

#### 3.4.2 Règle 2 : choix d'une spécification d'orientation ou de position

Dans certains cas, la cotation type propose une orientation ou une position :

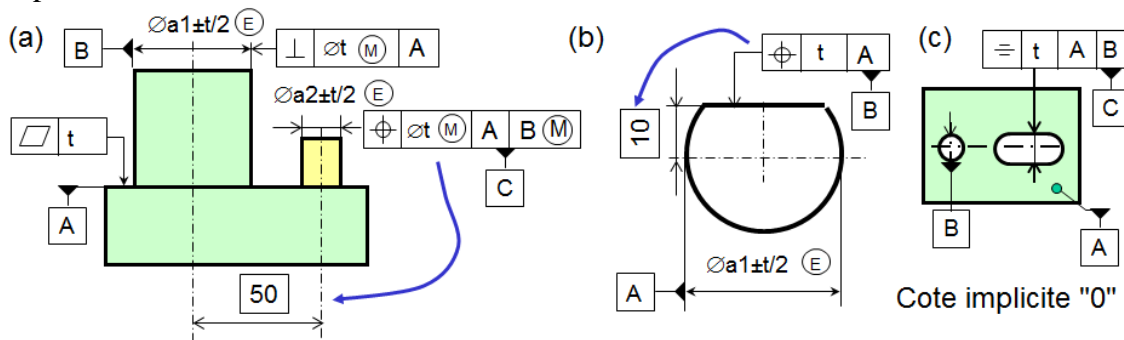


En général, c'est la spécification d'orientation qu'il faut appliquer à la surface. Toutefois, si la surface tolérancée est parallèle à une des références, il faut remplacer le symbole d'orientation par un symbole de position et mettre une cote encadrée entre la surface spécifiée et la référence.



Choix de l'orientation ou de la position

Exemples :



Cas d'emploi d'une spécification de position

Dans la figure (a), le cylindre secondaire B ne peut pas être localisé par rapport au plan A, mais le cylindre tertiaire C est parallèle à B et doit être localisé par rapport au système de références AB avec une cote encadrée.

Dans la figure (b), le plan secondaire B est parallèle à A et doit être localisé par rapport au cylindre A.

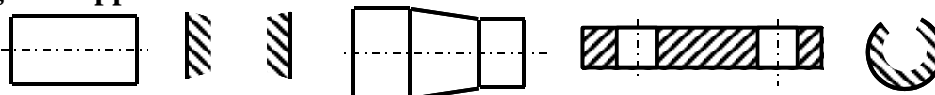
Dans la figure (c), le plan médian tertiaire C est parallèle à B et doit être localisé par rapport au système de références AB, car il faut respecter la symétrie avec une cote implicite "0" entre le plan médian de la lumière et l'axe de l'alésage B.

### 3.4.3 Règle 3 : choix du symbole

Le symbole de perpendicularité peut éventuellement être remplacé par un symbole d'inclinaison si l'entité est inclinée par rapport une des références :  $\angle$

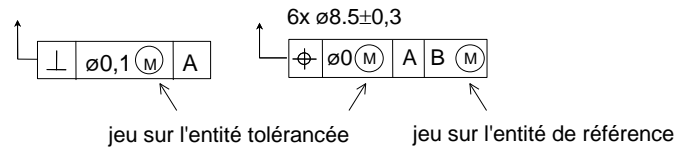
Le symbole de localisation peut éventuellement être remplacé par une symétrie ou une coaxialité si la surface spécifiée est centrée sur une référence :  $\equiv$   $\odot$

### 3.4.4 Règle 4 : application du modificateur maximum de matière



Entités qui acceptent un modificateur

Si la référence ou l'élément tolérancé est formé par une entité constituée de cylindres ou de plans parallèles symétriques et s'il y a du jeu, mettre un modificateur (M) car c'est au maximum de matière que l'assemblage sera critique.



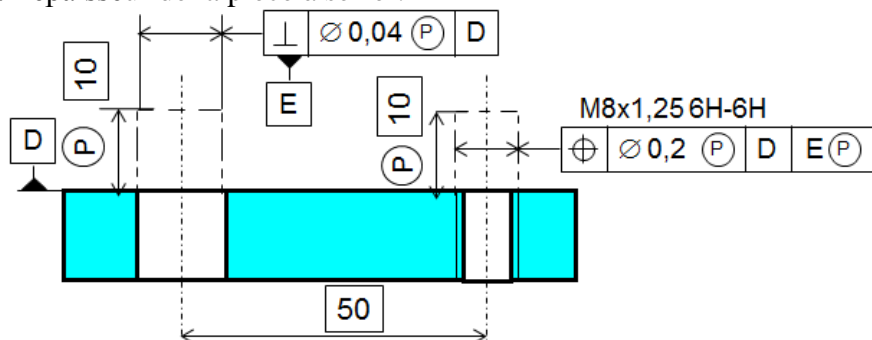
Au maximum de matière, mettre la tolérance à 0, ce qui permet d'augmenter l'intervalle de tolérance sur le diamètre.

Si la liaison est sans jeu donc **avec serrage** (cas des filetages notamment) ou auto-centrée (palier hydrodynamique), il n'y a pas de maxi matière.

### 3.4.5 Projection représentant un élément serré

Lorsqu'un pion est serré dans un alésage, c'est la partie externe du pion qui est fonctionnelle en assurant le centrage avec l'autre pièce. Le pion est simulé en « projetant » l'axe de l'alésage à l'extérieur de la pièce sur une longueur X correspondant au dépassement du pion. La zone de tolérance comporte un  $\textcircled{P}$ . Lorsque le pion est utilisé comme référence, mettre également  $\textcircled{P}$  sur la référence.

Le principe est le même pour une vis serrée dans un taraudage. La longueur X de projection correspond à l'épaisseur de la pièce à serrer.



Tolérancement en zone projetée

Le modificateur de zone projetée sur une référence est une nouveauté des normes de 2011. La référence est construite sur le prolongement sur la longueur projetée de l'axe du cylindre des moindres carrés de l'alésage. Dans le cas de cette figure, la construction du système de références DE revient à construire une droite perpendiculaire au plan minimax au plan D, passant par un point de l'axe des moindres carrés de l'alésage E, placé à mi-hauteur de la zone projetée, soit à 5 mm de D.

### 3.4.6 Valeur des tolérances

La méthode la plus complète consiste à définir pour chaque exigence fonctionnelle une chaîne de cotes et une inéquation à respecter. Cette inéquation porte sur les dimensions nominales des pièces et sur les tolérances. Le système d'inéquations doit être résolu et optimisé pour affecter à chaque pièce les tolérances les plus larges possibles.

Cette méthode étant trop complexe, en première approche, on propose de fixer les tolérances à l'aide d'un tableau de tolérances générales.

Il existe des tableaux similaires et plus complets dans les normes pour de nombreux procédés d'obtention de pièces.

Type spécification	Qualité de la surface		
	Précise	Moyenne	Large
Forme	0,005	0,01	0,04
Dimension locale	0,02	0,04	0,16
Orientation	0,03	0,06	0,3
Position et battement	0,05	0,2	0,8

Remarque : pour un maxi ou mini matière, mettre  $0 \text{ (M)}$  ou  $0 \text{ (L)}$ , en prenant la précaution d'augmenter la tolérance sur la dimension de la tolérance prévue sur l'orientation ou la position.

Exemple de tolérances par défaut

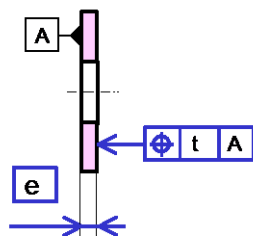
### 3.5 Cotation des pièces minces

La cotation en localisation est basée sur une pièce indéformable, avec un plan de contact modélisé par le critère minimax. Ce type de cotation n'est pas applicable pour les pièces minces qui se déforment lors de l'assemblage.

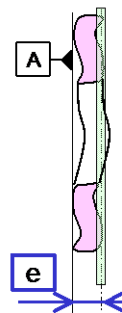
Pour une pièce mince, on utilise une simple cote (sans l'exigence de l'enveloppe).

Par exemple, cette rondelle se déforme sous les efforts, il suffit de donner une épaisseur locale par une simple cote.

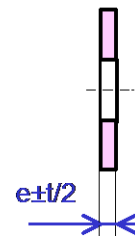
Cotation théorique



Signification



Cotation pratique

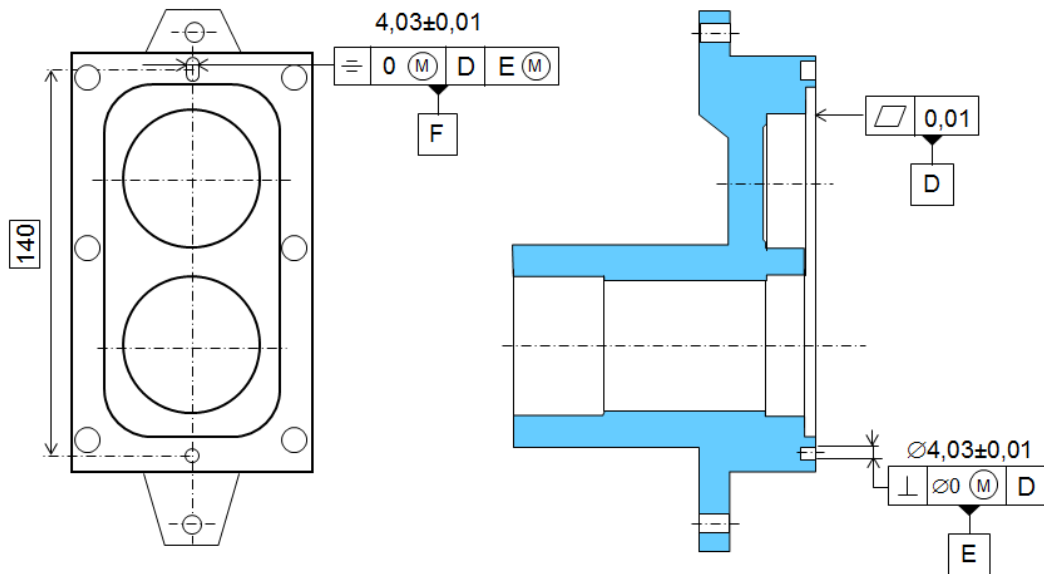


Cotation des pièces minces

### 3.6 Application au réducteur

#### 3.6.1 Mise en position du carter sur l'embase

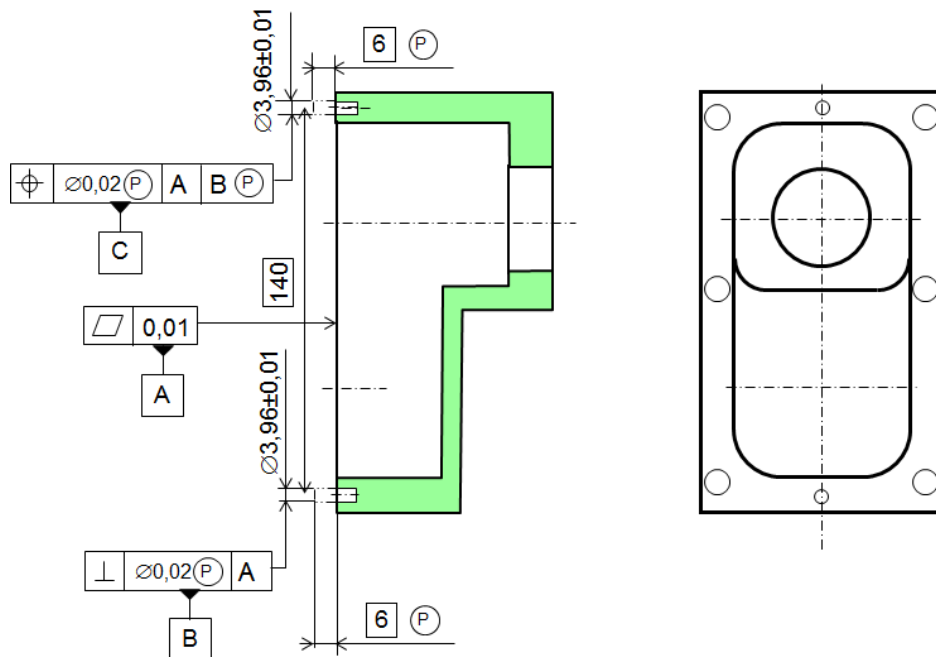
Pour la jonction carter sur embase décrite en 2.2.5, la cotation est la suivante :



Cotation de la jonction de l'embase avec le carter

On a :

- Le plan primaire D,
- Le cylindre secondaire E avec du jeu ( $\Rightarrow$  maxi matière)
- La rainure F avec du jeu ( $\Rightarrow$  maxi matière).



Cotation de la jonction du carter avec l'embase

On a :

- Le plan primaire A,
- Le cylindre secondaire B qui reçoit le pion  $3,99\pm 0,01$  avec serrage ( $\Rightarrow$  zone projetée)
- Le cylindre tertiaire C qui reçoit le pion  $3,99\pm 0,01$  avec serrage ( $\Rightarrow$  zone projetée et référence B également sur la zone projetée).

*Exemple de limites de la méthode : QUICK\_GPS est une méthode simplifiée qui ne permet pas de tenir compte de toutes les particularités. À titre d'exemple, sur ce carter, la méthode impose une localisation précise du trou tertiaire C par rapport à B, comme si l'embase*

comportait également 2 trous pour recevoir les pions, alors que l'embase comporte une rainure qui autorise une large variation d'entraxe. Pour affiner la cotation, il faut une vue globale du mécanisme et pas uniquement une vue locale de la pièce étudiée.

### 3.7 Système de références sur plusieurs pièces

#### 3.7.1 Problématique

Lorsqu'une pièce est en appui sur plusieurs pièces différentes, il n'est pas toujours possible d'appliquer directement et complètement cette méthode.

Le problème se pose également pour la mise en position d'un bloc ou du mécanisme, lorsque toutes les surfaces de mise en position ne sont pas sur la même pièce.

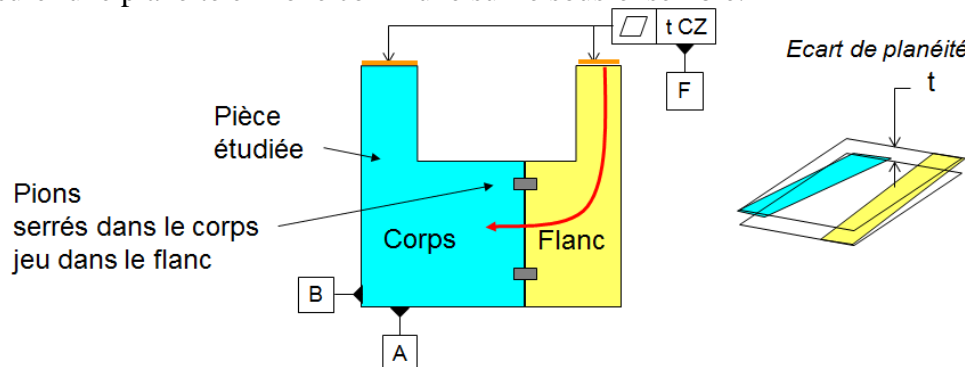
Lors de l'apprentissage de la méthode, il est conseillé d'établir la cotation du sous-ensemble constitué de toutes les pièces d'appui, avec la méthode précédente pour bien identifier le besoin. Cela permettra aussi d'établir les chaînes de cotes pour calculer les tolérances (voir chapitre 6).

Les règles de cotation restent assez simples mais il est très difficile de décrire simplement de manière générale et optimale tous les cas.

#### 3.7.2 Entité fractionnée

Si l'une des entités primaire, secondaire ou tertiaire est constituée de plusieurs surfaces disposées sur des pièces différentes, il suffit de localiser chacune des surfaces par rapport aux systèmes de références relié à l'autre pièce, avec un minimum de matière s'il y a du jeu, ou une zone projetée (P) s'il y a un pion serré.

À titre d'exemple, si deux plans coplanaires primaires appartiennent à des pièces différentes, il faut assurer une planéité en zone commune sur le sous-ensemble.



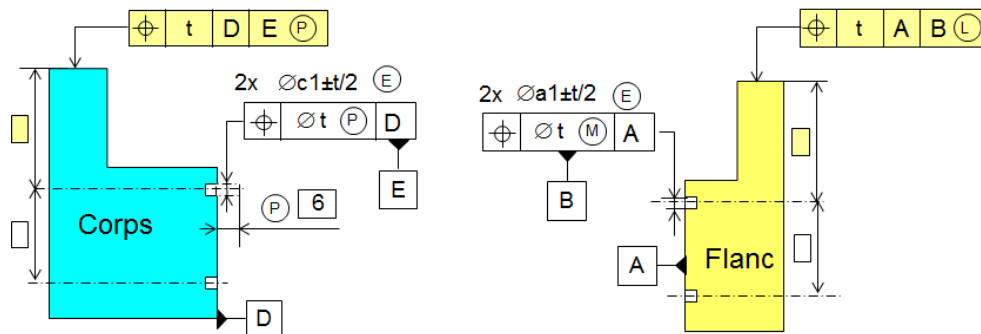
Entité construite sur deux pièces différentes

La cotation séparée du corps et du flanc impose de maîtriser la position des deux plans par rapport à la jonction commune entre les deux pièces.

Il y a du jeu entre les pions et le flanc. Le respect de l'exigence de planéité en zone commune sera critique s'il y a beaucoup de jeu, c'est-à-dire au minimum de matière (les pièces pourront bouger...). Il faut donc mettre un modificateur au minimum de matière sur les éléments avec jeu de la jonction entre les deux pièces.

Les pions étant serrés dans le corps, l'entraxe des trous est vérifié sur la projection des trous sur la zone projetée. La référence E sera aussi déterminé sur cette projection.





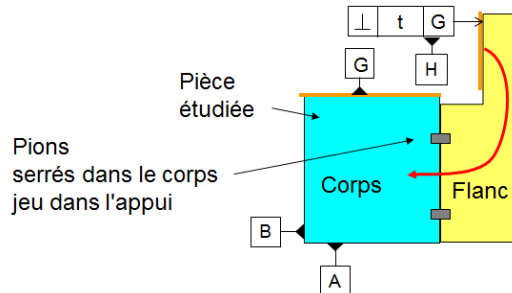
Cotation des entités fractionnées

S'il y a une ou plusieurs pièces intermédiaires entre les pièces portant les surfaces, il faudra établir un lien entre les jonctions (voir chapitre 4).

### 3.7.3 Références sur des pièces différentes

Si les références primaire, secondaire et tertiaire appartiennent à des pièces différentes, il est nécessaire d'assurer la position ou l'orientation relative de ces surfaces en passant par la jonction entre les pièces.

A titre d'exemple, si le plan primaire G appartient à la pièce étudiée et le plan secondaire à une autre pièce, il faut assurer l'orientation relative des deux surfaces sur le sous-ensemble.

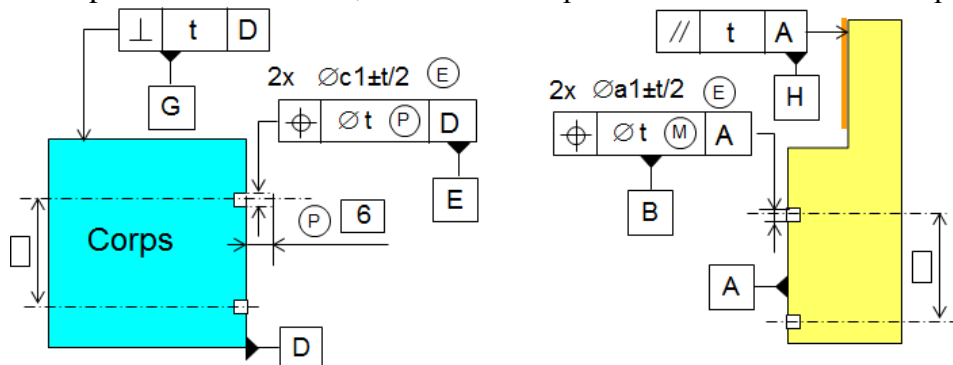


Système de références sur deux pièces différentes

Ceci est assuré en maîtrisant l'orientation des deux plans (ici G et H) par rapport à la jonction commune entre les deux pièces (ici, respectivement les plans D et A).

S'il y a du jeu dans cette jonction, le respect de l'exigence sera critique s'il y a beaucoup de jeu, c'est-à-dire au minimum de matière. Il faut donc mettre un modificateur au minimum de matière sur les éléments avec jeu de la jonction.

Dans cet assemblage, l'orientation relative des deux plans G et H est à respecter autour d'un axe perpendiculaire à la vue. Pour le corps, le plan D est donc suffisant pour assurer l'orientation du plan G. Pour le flanc, A est suffisant pour assurer l'orientation du plan H.



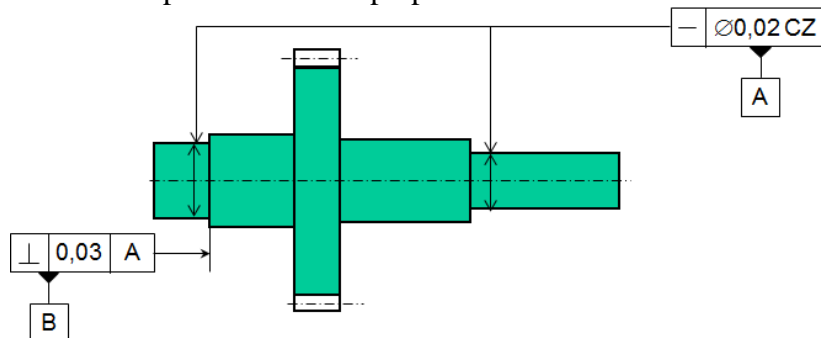
Fractionnement d'une orientation

S'il y a une ou plusieurs pièces intermédiaires entre les pièces portant les surfaces, il faudra établir un lien entre les jonctions (voir chapitre 4).

### 3.7.4 Application à la roue dentée

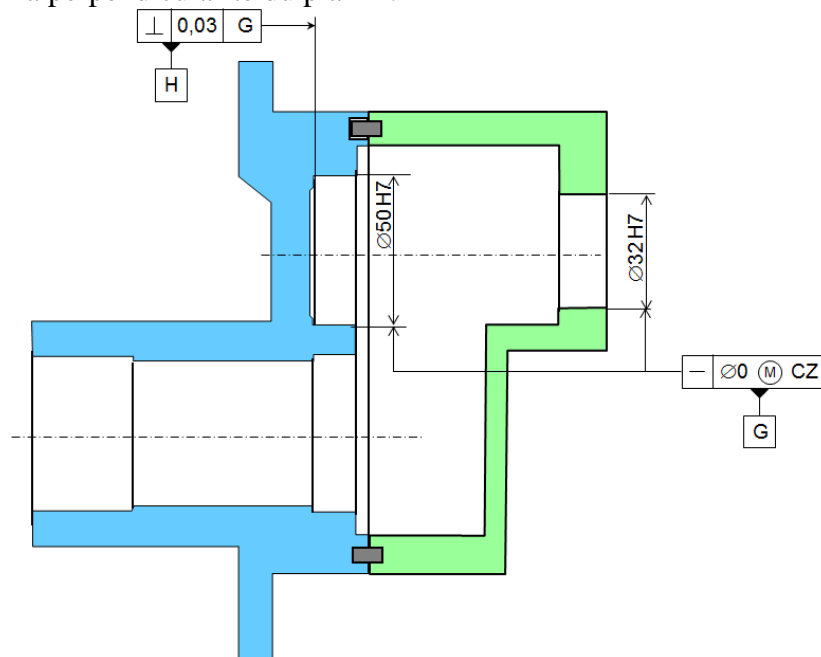
La mise en position de la roue dentée, représentée en 2.3.2 se fait à la fois sur le carter et sur l'embase.

La cotation de la roue dentée porte sur une entité formée par deux cylindres coaxiaux spécifiés en zone commune avec un plan secondaire perpendiculaire.



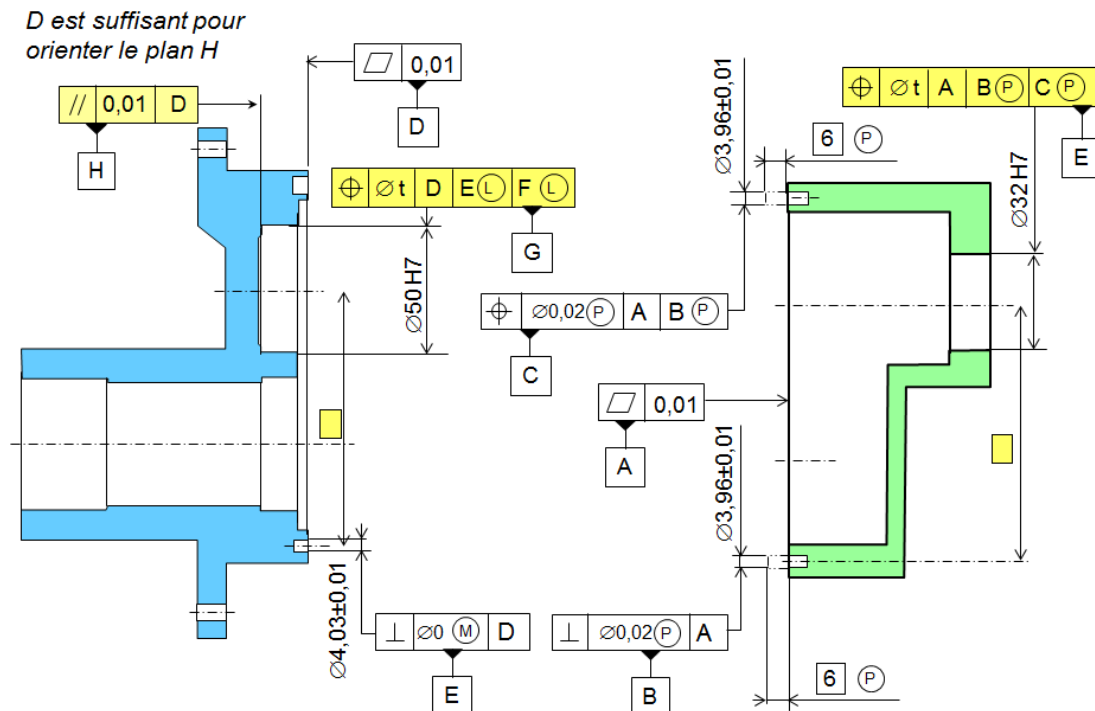
Cotation du système de références principal de la roue dentée

La cotation du sous-ensemble d'appui est très similaire : G est une entité formée par deux cylindres coaxiaux mais appartenant à des pièces différentes. G est donc une référence commune pour la perpendicularité du plan H.



Cotation du système auxiliaire du sous-ensemble d'appui

Pour la cotation séparée de l'embase et du carter, les deux alésages sont donc localisés par rapport aux systèmes de références définis sur la jonction commune entre le carter et l'embase. Il y a du jeu dans l'embase. Il y a donc un modificateur au minimum de matière. Les pions sont serrés dans le carter. Il y a donc un modificateur de zone projetée.



### 3.8 Résumé de la méthode

Pour les pièces minces (rondelles, joint...), indiquer simplement l'épaisseur avec une cote sans l'exigence de l'enveloppe.

Pour les pièces rigides, pour chaque liaison primaire, secondaire et tertiaire :

- Lire le nom de l'entité (plans coplanaires, cylindres coaxiaux...).
- Recopier la cotation type proposée dans le tableau.

Appliquer les règles complémentaires :

- 1 : Restreindre la zone spécifiée à la partie utile de la surface.
- 2 : Remplacer la spécification d'orientation par une position si la surface est parallèle à une des références en plaçant une cote encadrée entre la surface tolérancée et la référence.
- 3 : Optimiser le symbole d'orientation (inclinaison) ou de position (coaxialité, symétrie).
- 4 : Affecter un maximum de matière (M) dans les liaisons avec jeu.
- 5 : Affecter un modificateur de zone projetée (P) pour les éléments serrés.

Choisir les tolérances (par exemple à l'aide du tableau de tolérance par défaut).

Si les surfaces de références n'appartiennent pas toutes à la pièce étudiée :

- Localiser chaque surface de la pièce étudiée par rapport au système de références relié à l'autre pièce portant les autres surfaces.
- Éventuellement, si la spécification sur le sous-ensemble est une orientation, il suffit d'orienter la surface de la pièce étudiée.
- Mettre un (L) (minimum de matière) sur les liaisons avec jeu de cette jonction.
- Mettre un (P) (projection) sur les liaisons réalisées avec des composants serrés de cette jonction (pion, lardon..).

**CONSEIL :**

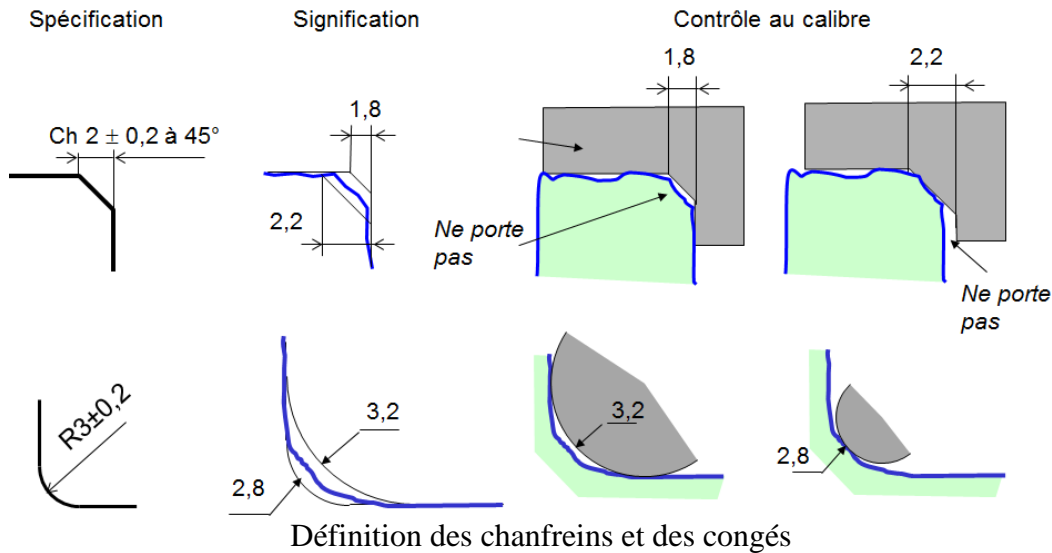
Représenter le sous-ensemble d'appui et spécifier la jonction de ce sous-ensemble, pour extraire la cotation de la pièce étudiée.

## 4. TOLERANCEMENT GENERAL

### 4.1 Congés et chanfreins

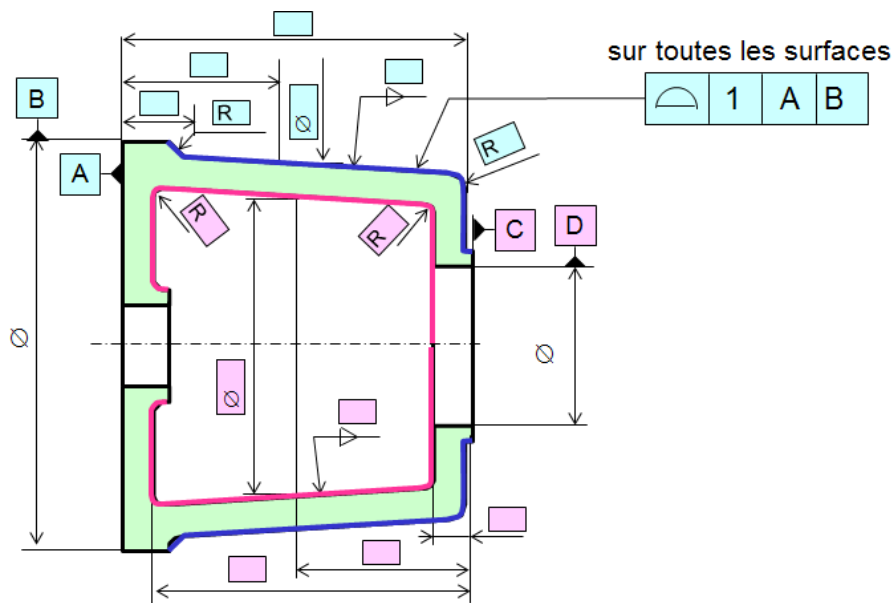
Le tolérancement général n'est pas assez fin pour préciser les congés et les chanfreins admissibles. Les normes ISO ne décrivent pas la cotation classique des chanfreins ou des congés, mais la pratique avec des calibres donnent la définition suivantes :

La zone de tolérance est définie par l'espace compris entre les chanfreins ou les congés maxi et mini. (c'est la définition donnée par les normes ASME).

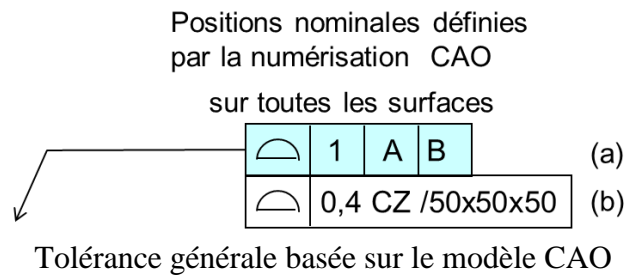


### 4.2 Tolérancement de toutes les surfaces

Toutes les surfaces de la pièce peuvent être définies par des cotes encadrées rattachées au système de références principal de la pièce. Une spécification de position de surface quelconque (très large) appliquée à l'ensemble des surfaces de la pièce par rapport à ce système de références caractérise entièrement la pièce en limitant l'excès ou le manque de matière.



Cette spécification s'applique très bien à la cotation des surfaces qui restent brutes.  
Pour une définition numérique par un modèle CAO, il est admis d'écrire la spécification



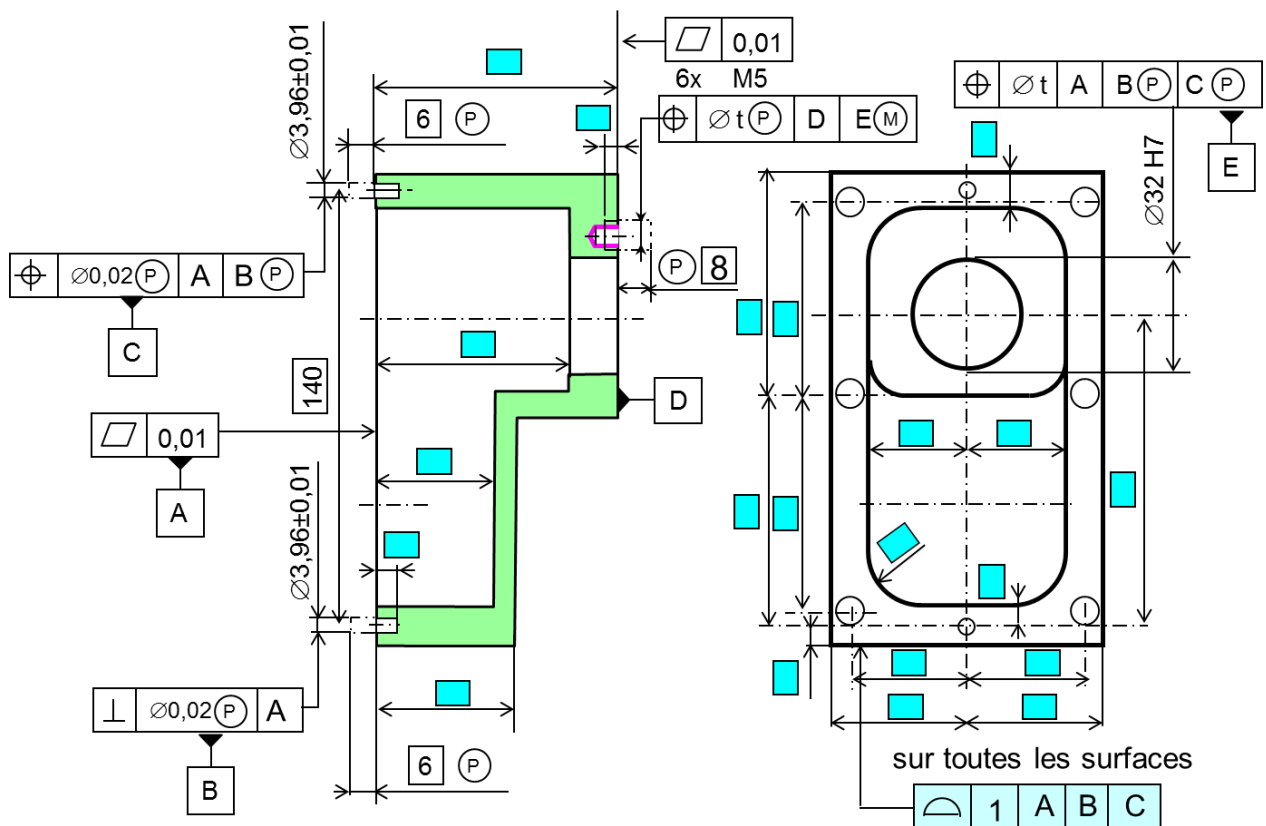
Dans ce cas, le dessin doit identifier clairement l'origine du repère CAO et la position de cette origine par rapport au système de références principal par des cotes encadrées.

Si les dimensions de la pièce sont grandes, la tolérance est nécessairement large. Il peut être utile d'ajouter la spécification de forme (b) qui impose une tolérance plus sévère entre toutes les surfaces contenues dans un cube 50x50x50, quelle que soit la position et l'orientation du cube. Cette seconde spécification impose alors une bonne précision localement.

### 4.3 Tolérancement général du carter

Toutes les surfaces de la pièce sont positionnées par des cotes encadrées par rapport au système de références principal A,B,C.

La spécification de position de surface quelconque de tolérance 1 mm appliquée à toutes les surfaces de la pièce impose que chaque surface doit être à moins de 0,5 mm de sa position nominale.



Tolérancement général du carter

Dans de nombreux cas, le tolérancement des jonctions et le tolérancement général sont suffisants pour caractériser complètement la pièce. Toutefois, la position relative des jonctions imposent souvent des exigences de localisation plus précises.

*Attention : Une mauvaise pratique consiste à citer simplement les normes ISO 2659 pour imposer implicitement les tolérances générales entre toutes les surfaces, donc sans désigner les surfaces spécifiées, ni les références. Ces normes ne sont pas applicables comme cela et ne sont pas contractuelles au sens où on ne peut pas refuser une pièce si une de ces tolérances "générales" n'est pas respectée.*

#### 4.4 Résumé de la méthode

Préciser si nécessaire les congés et les chanfreins avec l'écriture classique :

- chanfreins : ch  $2\pm 0,3$  à  $45^\circ$

- congés : R $0,4\pm 0,1$

En CAO, les dimensions nominales peuvent être définies par le modèle numérique.

Sinon, définir la position de chaque surface par des cotes encadrées par rapport au système de références principal de la pièce étudiée.

Mettre une spécification de position de surface quelconque avec le commentaire « sur toutes les surfaces de la pièce ».

## 5. POSITION RELATIVE DES JONCTIONS ET DES SURFACES

### 5.1 Etude des défaillances

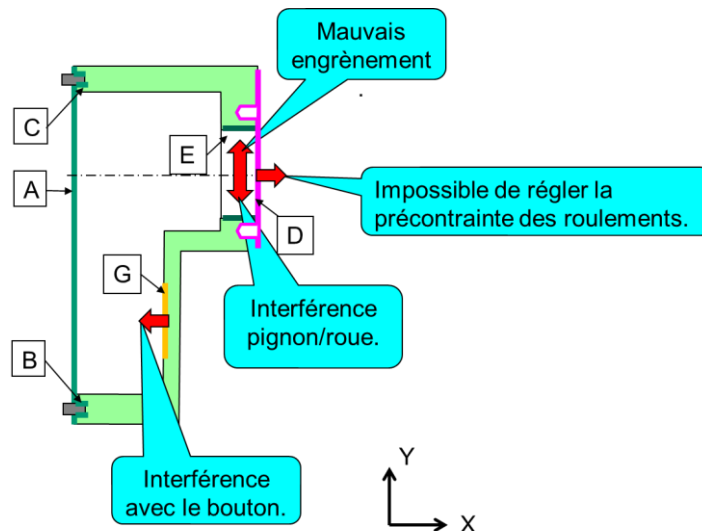
#### 5.1.1 Exemple de défaillance

Il faut connaître le mécanisme complet pour déterminer les défaillances pouvant se produire en cas d'écart de position des surfaces de jonction.

Pour cela, on recommande de déterminer l'influence d'un décalage par exemple de 0,3 mm de chacune des jonctions (sauf le système de références principal) dans toutes les directions.

Le carter ne comporte que la jonction principale ABC et la jonction DEF avec le flasque.

La flèche indique la direction du déplacement qui induit une défaillance indiquée dans la bulle.



Défaillances dues à des écarts des jonctions avec la roue dentée et le flasque

Si la surface D est trop décalée en X+, même sans cales pelables, il sera impossible de régler la précontrainte des roulements. Pas d'effet pour un décalage en X-.

Si l'alésage E est décalé en Y+, la distance entre les axes de l'engrenage sera trop grande et il y aura un mauvais engrènement. En Y-, on aura une interférence dans les dentures.

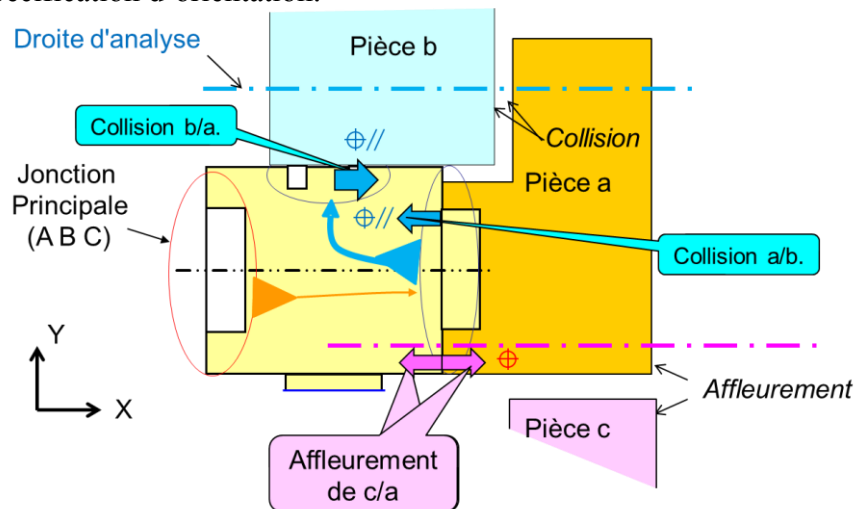
Si l'alésage E est décalé en Z+ ou Z-, il y a peu d'effet sur l'entraxe. Par contre, il y aura un mauvais alignement des deux alésages recevant les roulements R3 et R4.

Enfin, le bouton en bout de l'axe de sortie est relativement près du carter. Pour éviter une interférence, il faut maîtriser la position de cette surface interne du carter.

### 5.1.2 Recherche des défaillances

Généralement, un maillon relie une surface d'une jonction au système principal. Si le maillon relie uniquement deux jonctions avec d'autres pièces, on peut « couper » la jonction principale sans nuire à l'exigence concernée.

De plus, si la droite d'analyse ne coupe pas la surface primaire, tout défaut d'orientation de cette surface primaire va également impliquer un déplacement de la surface terminale. Il faut ajouter une spécification d'orientation.



Vérification des maillons entre jonctions

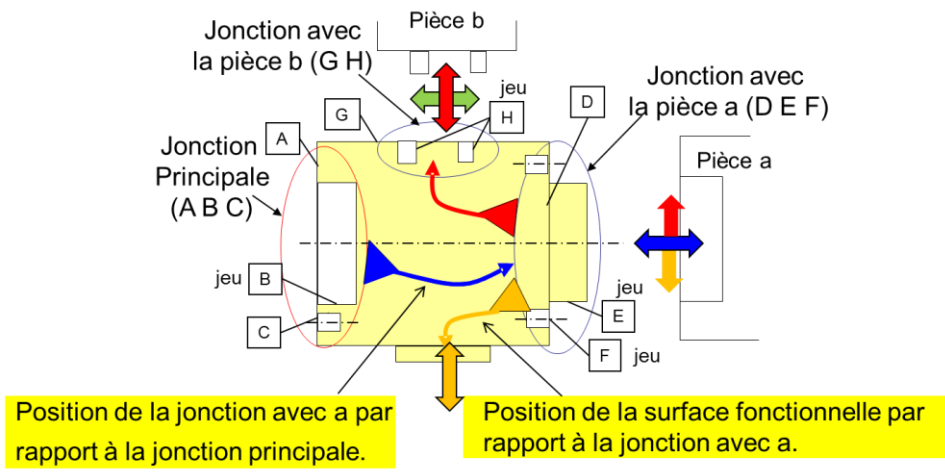
Si une défaillance n'apparaît que pour une seule jonction, il faut localiser cette jonction par rapport au système de références principal.

Si la même défaillance apparaît pour deux jonctions, il faut établir une localisation entre ces jonctions en prenant référence sur l'une d'elle (au choix).

- Orienter les liaisons primaires si une droite d'analyse ne coupe pas cette entité primaire.

## 5.2 Principe de cotation

### 5.2.1 Schéma de synthèse



Jonctions de la pièce étudiée

La pièce étudiée est mise en position par son système de références principal ABC et elle reçoit diverses autres pièces à travers les autres jonctions (DEF, GHJ, ...).

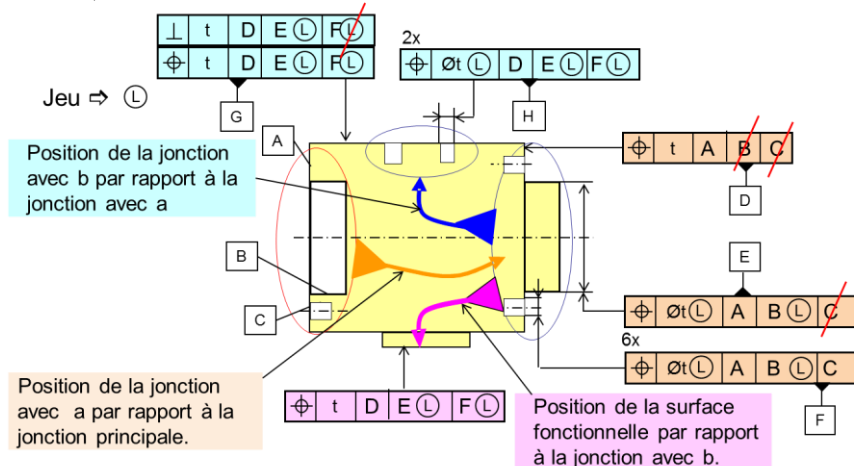
Si une précision plus grande que celle exprimée par la tolérance générale est nécessaire, il faut déterminer les liens entre ces jonctions.

**5.2.2 Spécification de la position relative des jonctions et des surfaces fonctionnelles**

Chaque surface de la jonction doit être localisée par rapport au système de références du maillon.

Le cas échéants, remplacer le symbole de localisation par une coaxialité, une symétrie ou une position de surface quelconque.

Le jeu étant défavorable à la précision du mécanisme, un modificateur au minimum de matière doit être placé sur toutes les surfaces avec jeu des jonctions (surface tolérancée ou surface de référence).



Principe de cotation des maillons

**5.3 Autres surfaces de la pièce**

**5.3.1 Recherche des autres surfaces à spécifier**

La pièce étudiée peut comporter d'autres surfaces qui ne participent pas à la mise en position des pièces :

- Les surfaces fonctionnelles avec une précision imposée par le cahier des charges du mécanisme.



- Les surfaces extérieures visibles du mécanisme, avec une fonction esthétique ou éventuellement aérodynamique.
- Les surfaces de frottement des joints.
- Les surfaces dont il faut assurer la position pour éviter les interférences (fonction passive « laisse passer »).

Pour détecter de telles surfaces, une méthode rapide consiste à prendre successivement toutes les surfaces de la pièce et de considérer un écart de position de 0,3 mm (trop ou pas assez de matière) en déterminant la défaillance pouvant se produire.

### 5.3.2 Spécification des autres surfaces

Généralement, ces surfaces doivent être localisées par rapport au système de références principal A,B,C ou éventuellement par rapport à un système de références auxiliaire (dans ce cas un écart de cette jonction donne la même défaillance).

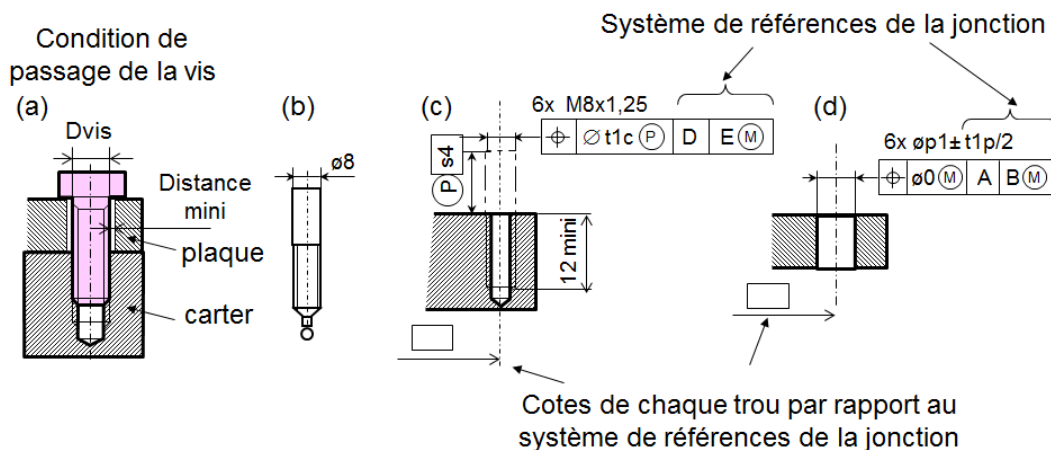
Le jeu étant défavorable à la précision du mécanisme, un modificateur au minimum de matière doit être placé sur toutes les surfaces de référence avec du jeu.

### 5.3.3 Cas des surfaces d'assemblage par vis

Lorsque deux pièces sont reliées par une jonction, elles peuvent être fixées par un ensemble de vis. Dans ce cas, la cotation est toujours la même :

- Les taraudages sont localisés en zone projetée sur une longueur qui correspond à l'épaisseur de la pièce à serrer.
- Les trous de passage des vis sont localisés au maximum de matière avec une tolérance «0».

Chaque localisation est définie par rapport au système de références sur la jonction. Tant que les vis ne sont pas serrées, le jeu dans la jonction est favorable. C'est pourquoi le modificateur sur les surfaces de références avec du jeu est un maximum de matière.



Cotation d'un assemblage vissé

Remarque : Comme il est très difficile de mesurer directement la position de l'axe d'un taraudage (le palpement du filet est quasi-impossible), l'axe du taraudage est matérialisé en vissant des tampons filetés (figure b) avec une bille au fond du trou borgne pour garantir l'alignement du tampon dans le trou taraudé.

Le contrôle peut se faire sur machine à mesurer en palpant la partie cylindrique du tampon ou avec un gabarit comportant des alésages de diamètre  $8 + t1c$ .

Les alésages de la plaque doivent laisser un espace libre pour le passage du corps des vis. Cela est imposé par un état virtuel au maximum de matière, avec une tolérance 0, pour avoir l'intervalle de tolérance le plus grand possible (figure d).

L'inéquation à assurer pour garantir la montabilité est :

$$(p_1 - t_{1p/2} - D_{\max} \text{ vis} - t_{1c})/2 \geq \text{distance mini}$$

Remarque : si la pièce à assembler est très lourde, il n'y a plus de mobilité. Le jeu dans la liaison est défavorable, les références sont au minimum de matière.

## 5.4 Application au carter

### 5.4.1 Cotation entre les jonctions et la surface fonctionnelle du carter

Toutes les surfaces de la jonction avec le flasque sont localisées par rapport au système de références principal ABC.

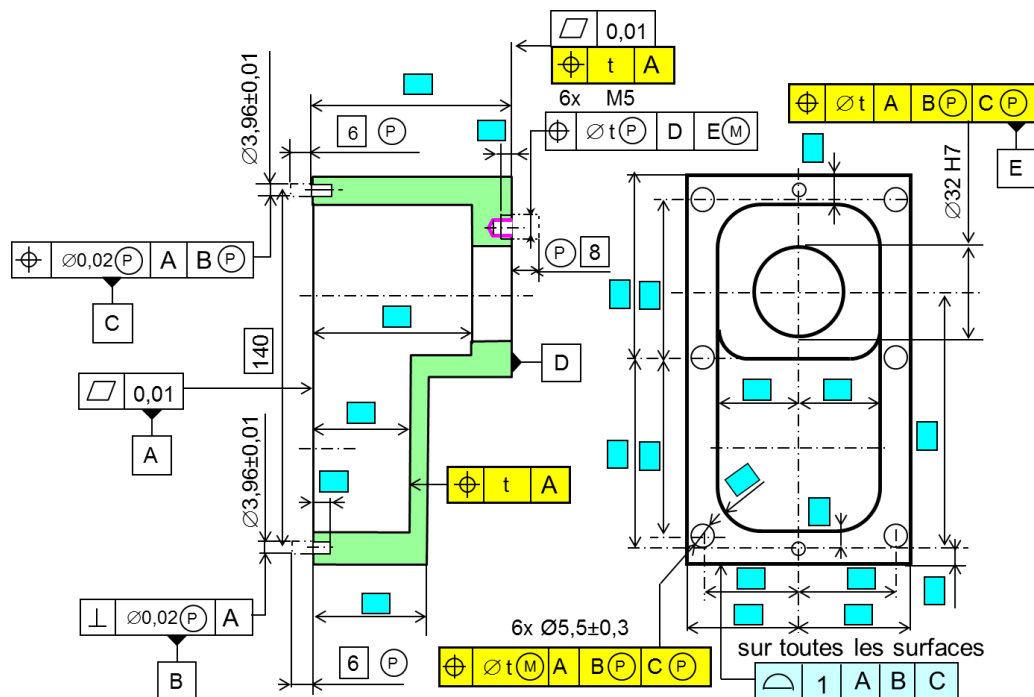
Les cotes encadrées relient les surfaces concernées, et soit A, soit B suivant la direction.

De même, la surface fonctionnelle en vis-à-vis du bouton de l'arbre de sortie est localisée par rapport à A.

Les six trous de passage des vis de fixation du carter sont également localisés par rapport à ABC.

Ces spécifications sont colorés sur la figure ci-après.

Cette cotation termine la cotation du carter ci-dessous.



Position relative des jonctions et des surfaces fonctionnelles

## 5.5 Résumé de la méthode

### Position relative des jonctions

- En étudiant successivement toutes les surfaces de toutes les jonctions de la pièce étudiée (sauf la jonction principale), déterminer si un décalage d'une surface d'une jonction plus faible que la tolérance générale (par exemple de l'ordre de 0,3 mm) risque de générer une défaillance.
- Localiser entre-elles les surfaces correspondant à la même défaillance en choisissant le système de références auxiliaire d'une des jonction.
- Localiser les autres surfaces influentes par rapport au système principal.
- Il faut un modificateur au minimum de matière sur l'élément tolérancé et sur les références avec du jeu.

#### Position des autres surfaces

- En étudiant successivement toutes les autres surfaces de la pièce, déterminer si un décalage de cette surface plus faible que la tolérance générale (par exemple de l'ordre de 0,3 mm) risque de générer une défaillance.
- Localiser cette surface par rapport au système de références auxiliaire qui correspond à la même défaillance, ou sinon par rapport au système principal.
- Orienter les liaisons primaires si une droite d'analyse ne coupe pas cette entité.
- Il faut un modificateur au minimum de matière sur les références avec du jeu.

#### Fixation des pièces par vis

- Appliquer la cotation type de localisation des trous de passage des vis au maximum de matière et de localisation des trous taraudés en zone projetée.
- Localiser ces éléments par rapport aux systèmes de références de la jonction entre les deux pièces avec un modificateur au maximum de matière sur les références avec du jeu.

## 6. CONCLUSION

Ce cours a été très simplifié et ne permet pas de traiter tous les cas. Il permet cependant de mettre en place les principes fondamentaux de la cotation fonctionnelles.

Pour approfondir cette approche, il est possible de consulter les ouvrages suivants.



Cette méthode est aussi considérablement développée dans le cadre de la licence professionnelle Conception et Industrialisation de Nouveaux Produits de l'IUT de Cachan car elle est très demandée par les bureaux d'études et débouche sur des emplois.

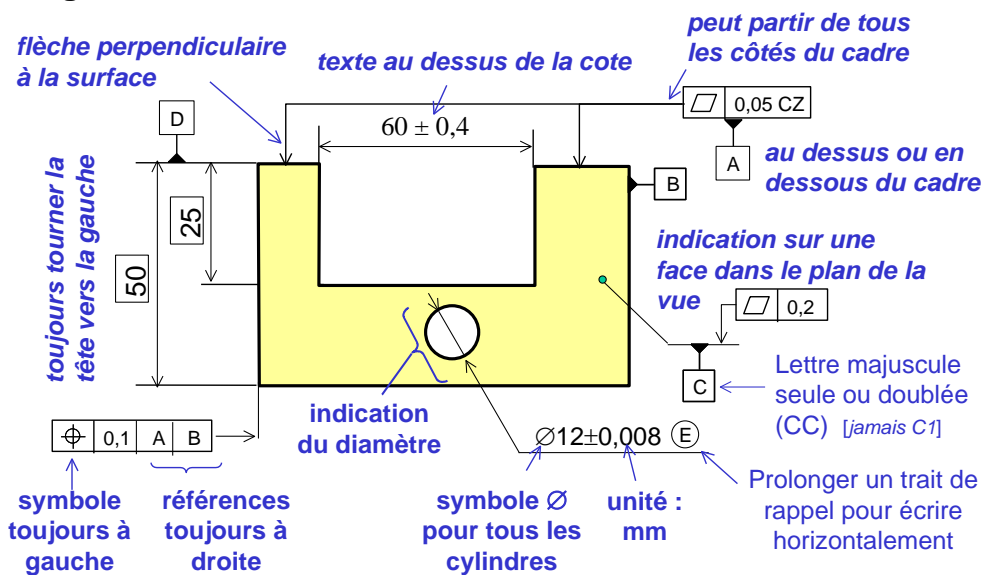
Cette méthode est très simple à appliquer lorsqu'elle est maîtrisée. Néanmoins des outils informatiques d'aide à la cotation sont en cours de développement dans l'environnement CATIA pour automatiser ces procédures et la mise en page des spécifications dans le 3D et pour la mise en plan.

Voir également, la page WEB de Bernard ANSELMETTI sur le site du laboratoire de recherche LURPA

<http://www.lurpa.ens-cachan.fr>

## 7. ANNEXES

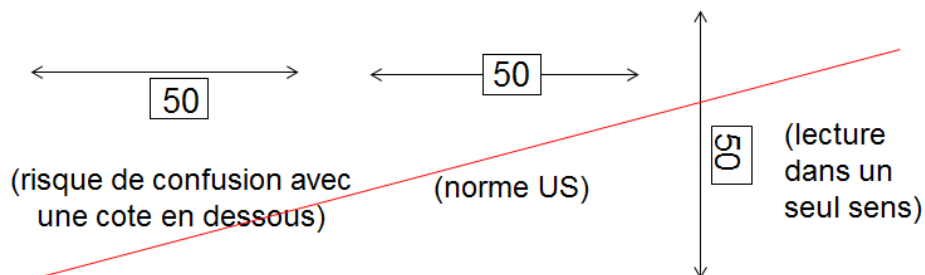
### Quelques règles d'écriture



### Position de la flèche

Si la spécification ou la référence est en face de la cote indiquant la dimension, la spécification ou la référence porte sur l'axe (pour un cylindre) ou le plan médian.

### Erreurs courantes à éviter

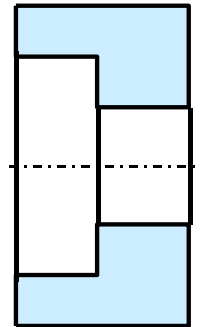
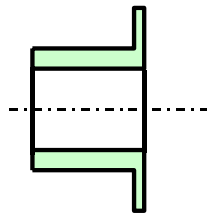
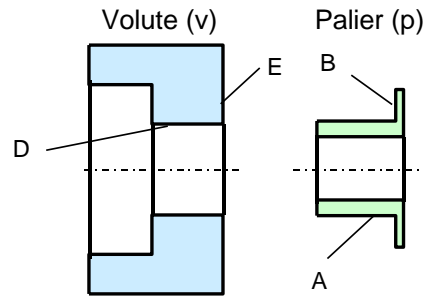


### Exercices et correction

#### Jonction palier / volute :

Pièce ou bloc :		Repère :	Etat :	Auteur :
Palier		p	1	Martin
Cylindre	Plan			
A p	B p			
serrage	contact			
Cylindre	Plan			
D v	E v			
Primaire	Secondaire	Tertiaire		

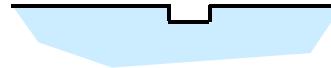
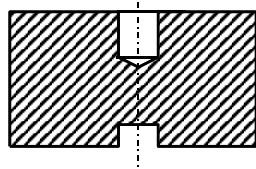
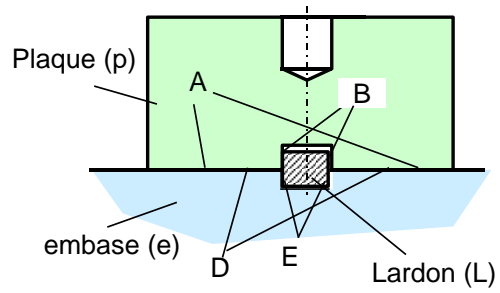
Schéma de la jonction



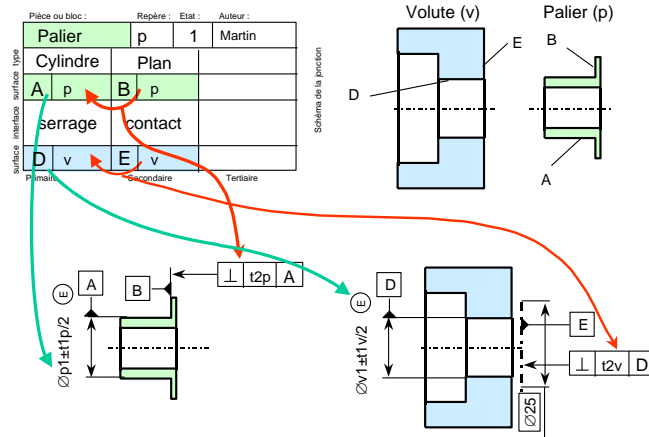
Jonction plaque / embase :

Pièce ou bloc :		Repère :		Etat :		Auteur :	
Plaque		p	1	Martin			
Plans coplanaires		plans // symétriques					
A	p	B	p				
contact		jeu lardon $9,99 \pm 0,01$ serrage					
D	e	E	e				
surface Primaire		surface Secondaire		surface Tertiaire			

Schéma de la jonction



Correction



Correction

L'entité primaire est formée par 2 plans coplanaires : La planéité en zone commune assure la qualité du contact.

L'entité secondaire reçoit une dimension locale avec l'exigence de l'enveloppe et une perpendicularité.

Le lardon est monté avec du jeu dans la plaque, il faut un modificateur au maximum de matière sur la surface tolérancée.

Le lardon est serré dans l'embase, il n'y a pas de modificateur.

