I.1. Fonction production

Le système de production décrit l'ensemble du processus grâce auquel l'entreprise produit un bien ou un service apte à satisfaire une demande à l'aide de facteurs de production acquis sur le marché.

Dans le cadre d'une entreprise, le système de production, outre sa finalité première qui est de produire un bien économique, cherche à satisfaire d'autres objectifs secondaires :

- La fonction de production doit permettre à l'entreprise de satisfaire la demande qui lui est adressée ce qui suppose que l'entreprise adapte sa capacité de production au volume des ventes.
- Les biens économiques produits doivent être de bonne qualité, c'est-à-dire doivent permettre de satisfaire les besoins de la clientèle.
- Le système productif adopté par l'entreprise doit proposer les plus faibles coûts de production possibles de manière à garantir la compétitivité de l'entreprise.
- Le système de production doit certes produire, mais dans des délais raisonnables, c'est-à-dire en conformité avec le niveau de la demande à laquelle doit faire face l'entreprise.
- Le système productif doit être flexible soit pour pouvoir s'adapter aux variations de la demande, soit pour tenir compte des évolutions de l'environnement productif de l'entreprise (innovations technologiques…), soit pour permettre une production simultanée de plusieurs types de produits différents en même temps.

I.1.1. Organisation de la fonction de production

Lorsque l'on parle de la fonction de production, il est important de noter que cette fonction se décompose en un certain nombre de services qui ont un rôle soit opérationnel, soit fonctionnel.

I.1.1.1. Rôle opérationnel : Un service a un rôle opérationnel lorsqu'il se charge de définir, d'organiser ou de contrôler l'activité de production de l'entreprise.

Les principaux services opérationnels sont :

- **Le bureau des études :** Il conçoit les prototypes des produits réalisés par l'entreprise et donne une définition complète qui permettra de mettre en place un processus de production standardisé notamment au niveau des pièces et composants utilisés.
- **Le bureau des méthodes :** Il définit les méthodes de production qui vont être utilisées pour réaliser le produit proposé par le bureau d'étude dans le souci de permettre une production au moindre coût. Ce service décrit donc entre autres la succession des

opérations à réaliser pour produire un bien, l'organisation de ces différentes phases de production dans le temps et dans l'espace, …

- **Le bureau d'ordonnancement :** Il assure le lancement proprement dit de la phase de production en cherchant à minimiser le délai global de production et ce, pour un coût global qu'il ne faut pas dépasser.
- **Le bureau de contrôle :** Il se charge de vérifier que les services opérationnels remplissent bien leur mission dans les conditions définies par le bureau des méthodes que ce soit en termes de délai, de qualité, de rendement ou de coût.

I.1.1.2. Rôle fonctionnel : Un service a un rôle fonctionnel lorsqu'il a essentiellement pour mission soit la fabrication, soit l'expédition du bien produit par l'entreprise.

Les principaux services fonctionnels sont :

- **Le service fabrication :** Il se charge de la fabrication proprement dite ce qui implique la gestion des quantités produites, de la qualité de production et du respect des délais de fabrication prévus.
- **Le service expédition :** Il se charge de la préparation des commandes et leur livraison au service de transport chargé de les livrer aux clients de l'entreprise.
- **Le service manutention :** Il prend en charge l'organisation de la circulation des flux physiques au sein de l'entreprise entre les différents services ou ateliers entrant dans le processus de production.
- **Le service outillage :** Il est chargé de gérer les stocks d'outils indispensables à la réalisation de la production qu'il faille les acheter.
- **Le service entretien :** Il a pour mission de maintenir le bon fonctionnement de la chaîne de production soit en intervenant sur les pannes éventuelles, soit en assurant une maintenance permanente des outils de production.

I.2. Rôle et mission d'un bureau des méthodes

La fonction Méthodes est un pivot de la compétitivité pour les entreprises industrielles : Industrialisation, Pilotage, Amélioration, Mesure, Productivité, Retour sur investissement... Ces mots font partie du vocabulaire courant des Méthodistes.

La fonction Méthodes dans les entreprises industrielles traverse les époques et survie aux tendances. Depuis son origine au début de l'organisation scientifique du travail (OST) au XIV^{ème} siècle, en passant par les services méthodes dominants à la "grande époque" de la production de masse au XIX^{ème} siècle, ou bien encore lorsque les systèmes qualité se sont

implantés. La fonction Méthodes conserve sa place et retrouve aujourd'hui ses lettres de noblesse en cohérence avec les démarches de transformation LEAN popularisée par le système de production Toyota (La métaphore de la maison ou du temple).

Paradoxalement, la construction de ce temple (J. Shook l'appelle maison) commence par le toit car c'est à son fronton que l'on va inscrire la finalité de l'organisation, ce qui donne du sens et nécessite la transformation ou comme le reformuleraient les praticiens de la théorie des Contraintes changer pour quoi/pourquoi.

Pour que ce fronton soit visible et que le temple/maison puisse abriter des personnes ; il faut le placer sur des piliers. Ceux-ci sont au nombre de deux. Le premier pilier est celui de l'amélioration des processus, qui indique comment conduire le changement. Le second est celui du développement des aptitudes nécessaires au changement. Ces deux piliers forment l'amélioration continue.

Dans la maison/temple, le personnage représente le management et les aptitudes managériales, le leadership.

Enfin, les fondations sont faites de l'état d'esprit, des convictions et hypothèses qui forment la culture de l'organisation.

Selon John Shook Lei, une transformation réussie nécessite les cinq composantes : le toit, les deux piliers, les personnes et les fondations.

Même temporairement l'une des composantes requière plus d'attention, elles sont toutes indispensables pour assurer la stabilité de l'édifice.

John Shook revisite son modèle en posant cinq questions :

1. **Le fronton :** Quelle est la finalité, quelle valeur voulons apporter ou quel problème essayons-nous de résoudre ?
2. **Piliers 1 :** Comment améliorons-nous le travail et l'exécution des tâches, quels sont les problèmes à résoudre, comment créer davantage de valeur pour les clients ?
3. **Piliers 2 :** Comment amenons-nous nos personnels à développer leurs aptitudes ?
4. Management (Personnage au centre de l'édifice) : quelles sont les aptitudes managériales et quel système de management sont requis pour développer les personnels et changer nos processus ?
5. **Fondations :** Sur quel état d'esprit et hypothèse fondamentales repose notre transformation ?

I.2.1. Fonction méthodes et la taille d'entreprise

Il convient tout d'abord de rappeler qu'il n'y a pas de meilleure organisation méthodes qu'une autre. Chaque entreprise en fonction de sa taille, de son secteur d'activité, de son historique et de ses besoins, va définir son organisation Méthodes. Il est intéressant cependant de faire un focus sur quelques organisations fréquemment présentes dans les entreprises avec leurs caractéristiques.

Tout d'abord les ***entreprises de moins de 50 personnes***, où la fonction méthodes n'est que rarement une fonction à part entière. Les missions d'industrialisation sont réalisées par le bureau d'études et celles d'amélioration reposent sur les épaules de la gestion de production ou de la production. Difficile dans ce contexte de mener des projets de fond et de structurer les méthodes. Nous conseillons dans ce cas d'organiser cette fonction par une affectation des missions Méthodes sur certaines journées (exemple : 2 jours par semaine pour le technicien gestion de production ou l'adjoint de production).

Concernant les ***entreprises entre 50 et 150 personnes***, la nécessité de la fonction Méthodes s'est souvent déjà fait sentir lors des phases de forte croissance, où lors de la mise en œuvre d'une GPAO ou d'un ERP (Enterprise Resource Planning) que l'on transpose en PGI en français (Progiciel de Gestion Intégré). La première mission de cette fonction est alors de gérer les données techniques industrielles que sont les nomenclatures, les gammes, puis viennent ensuite la gestion des temps, les modes opératoires.... A ce stade, il devient essentiel d'élargir le champ du service méthodes et de le structurer avec des missions claires sur minimum deux angles :

- L'industrialisation (dont les données techniques font partie).
- L'amélioration de la productivité.

Pour assurer ces 2 missions, un effectif minimum doit être déployé, ce qui a pour conséquence une augmentation des ressources indirectes. Cette étape freine parfois la mise en œuvre de ce service. Nous conseillons pourtant de franchir ce cap, mais en y intégrant un challenge permanent pour amortir cet investissement : Fixer des objectifs aux Méthodes pour la réalisation de gains de productivité chaque année, par l'amélioration des TRS (Taux de rendement synthétique) des moyens de production et des TRM (Taux de rendement matières) sur les produits-process à forte valeur ajoutée et/ou à faible marge.

Le cas des ***entreprises de taille importante au-dessus de 200 personnes*** n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. La taille critique justifiant un service Méthodes étant franchie, il s'agit souvent ici de trouver l'équilibre entre les ressources consacrées à l'industrialisation et celles

dédiées à l'amélioration**.** Il faut également répartir les rôles et réfléchir en mode polyvalent, afin que les méthodistes assurent à la fois des missions d'industrialisation de produits et d'amélioration de processus industriel. Nous vous conseillons d'avoir des méthodistes qui passent idéalement par la phase "Amélioration méthodes terrain" avant d'assurer des missions d'industrialisation**.** Si cela n'est pas le cas, confier régulièrement des actions méthodes en atelier à vos équipes méthodes industrialisation.

Il existe un point commun pour les 3 cas évoqués ci-dessus : La culture et le savoir-faire Méthodes. Il est essentiel de doser entre la technique et l'organisation**,** car les équipes trop orientées vers la technicité risquent d'industrialiser des produits avec des retours sur investissement difficiles à atteindre. Quant à celles orientées sur l'organisation, elles ne doivent pas oublier les innovations et parfois la nécessité d'automatiser ou robotiser pour rester compétitif.

I.2.2. Missions clefs d'un bureau de méthode

La fonction Industrialisation du service méthodes est fortement sous contrainte depuis plusieurs années. En effet, les industriels de tous les secteurs sont contraints par une accélération des cycles de développement des nouveaux produits, des durées de vie des produits qui diminuent, une personnalisation importante des produits et ce de plus en plus tôt dans les processus industriels. L'automobile est un exemple significatif avec une fréquence élevée des restylings, une croissance des nouveaux modèles avec l'élargissement des gammes de véhicules, et une personnalisation élevée des voitures (coloris, options). Ces phénomènes sont présents dans tous les secteurs d'activité avec des impacts sur l'augmentation du mix produits sur les mêmes moyens de production ce qui ajoute des variables aux missions de l'industrialisation. Dans ce contexte, certains outils doivent être parfaitement maitrisés par les équipes d'industrialisation :

- Gestion de projet d'industrialisation,
- Données techniques industrielles,
- Techniques d'implantation,
- Analyse fonctionnelle et cahier des charges,
- Lean industrialisation,
- AMDEC process (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité qui est un outil de sûreté de fonctionnement et de gestion de la qualité),
- Plan de surveillance,
- Détermination des temps (MOST, MTS, Chrono...)

- *MOST (Maynard Operation Sequence Technique).*
- *MTS (Motion Time Standards) de General Electric.*
- *Chrono ; mesure par chronométrie.*

La fonction Amélioration du service Méthodes est également soumise à de forts enjeux de productivité. Alors que les marges étaient confortables autrefois, aujourd'hui elles sont faibles et se réduisent régulièrement. En fonction du secteur, les priorités vont différer : dans l'agro-alimentaire et dans les secteurs à fort coût matière, la culture sur la réduction des pertes matières oriente les méthodes sur l'optimisation des TRM (Taux de rendement Matières). Dans les secteurs où les coûts machines et main d'œuvre sont prédominants, les méthodes développeront des approches orientées sur l'optimisation des TRS (Taux de Rendement Synthétiques) machines et l'efficience des opérationnels. Avec cette mission, les équipes méthodes sont des contributeurs significatifs pour la réduction des DA ou NVA (Dépenses Ajoutées ou Non-Valeur Ajoutées). Ils facilitent ainsi la réalisation d'économie par l'optimisation des ressources existantes (Machines, main d'œuvre, organisation, aménagement, équipements...). Pour assurer ces missions de productivité, le service méthodes doit s'appuyer sur des outils pertinents de diagnostic et d'amélioration en fonction des besoins :

- Observations instantanées,
- Analyse de processus,
- Etude de poste,
- MRP : Est-N'est pas, Pareto, Ishikawa, Critique constructive, 5 pourquoi...
- Chrono-analyse avec jugement d'efficacité,
- Analyse ergonomique,
- Simogramme pour l'optimisation des cycles.

La détermination des temps est le maillon au service de la maitrise des coûts et des délais**.** Le sujet de la détermination des temps est parfois négligé dans les entreprises, et pourtant les temps constituent un référentiel pour la maitrise des coûts, des délais et le pilotage des indicateurs.

Des temps ont été définis dans des catalogues de temps non remis à jour, et utilisés chaque jour pour élaborer les devis. Les chiffrages sont alors « sécurisés » par des coefficients de sécurité inexplicables. « Si le chiffrage ne passe pas, on rognera ces coefficients pour avoir l'affaire ! » Ces mêmes temps sont censés être une référence pour le calcul de la performance industrielle, le calcul des coûts de production, de plus c'est la mode du Lean, alors le sujet des

temps est « has been » ! Et bien non, déterminer les temps avec objectivité et précision n'a jamais été autant nécessaire pour nos industries tant les marges de manœuvre sont faibles.

Il nous semble donc essentiel de rappeler l'importance des deux approches complémentaires sur le sujet des temps industriels : La prédétermination des temps, avec des outils comme le MOST ou le MTS, qui permettent de réaliser des chiffrages à priori (sur plan, sur la base de prototype, sur l'existant avec un seul cycle nécessaire) ; et la détermination des temps sur l'existant avec la chrono-analyse ou chronométrage (postes existants, plusieurs cycles avec jugement d'allure ou d'efficacité).

Un service méthodes doit faire preuve d'une grande agilité pour développer les couples produits-process performants, améliorer la productivité sur des moyens de plus en plus « multi-produits / mono-process ».

Les missions des Méthodes sont extrêmement variées et régulièrement ajustées en fonction des besoins et de la stratégie de l'entreprise pour :

- Produire plus (augmentation des capacités),
- Produire mieux (réduction de la non qualité, amélioration de l'ergonomie),
- Produire moins cher (réduction des coûts, restauration des marges).

Un bon méthodiste doit également posséder de solides capacités d'écoute, de communication, d'homme de terrain, de pragmatisme, et de « vendeur ». La manière et les arguments amenés dans les démarches méthodes ont parfois plus d'impact que les méthodes elles-mêmes.

Attention ! :

- Lorsque le service méthodes est considéré comme la « petite main de la production ».
- Lorsqu' un méthodiste amélioration passe plus de temps derrière son écran que sur le terrain.
- Lorsqu'un méthodiste travaille seul sur son projet et ne communique pas au fil de l'eau.
- Lorsqu'un méthodiste fait des méthodes sans formation méthodes, le bon sens pratique ne suffit pas toujours.

I.3. Analyse du dessin de définition

L’analyse consiste à étudier dans l’ordre :

- Le nombre de pièces à réaliser,
- La matière,
- Les formes globales de la pièce,
- Tracer les surfaces usinées,

- Analyser les spécifications suivant les trois axes : Valeurs des IT, spécifications géométriques, surfaces fonctionnelles,
- Choisir la prise de pièce pour chaque phase,

Mode de réalisation	**Rugosité - Ra**	**Qualité**	//	⊥	◎
Moulage au sable	10-25				
Moulage à la cire perdue	0.8-3.2				
Moulage sous pression	0.8-6.3				
Matriçage	1.6-20				
Filage	1.6-20				
Fraisage ARS	1.6-6.3	> 7	0.05	0.03	0.005
Fraisage Carbure	0.4-1.6	> 6	0.01	0.02	0.02
Tournage	0.8-3.2	> 6	0.01	0.02	0.005
Perçage	1.6-6.3	9-12	0.2	0.1	0.1
Outil à aléser	0.8-3.2	5-8	0.005	0.01	0.01
Alésoir	0.4-3.2	5-8			
Brochage	0.4-3.2		0.002		0.002
Rectification	0.2-1.6	5-7	0.001	0.001	0.002
Superfinition	0.025-0.1	4-5	0.0005	0.001	0.002

Tableau I.1: Choix du mode (procédé) de réalisation.

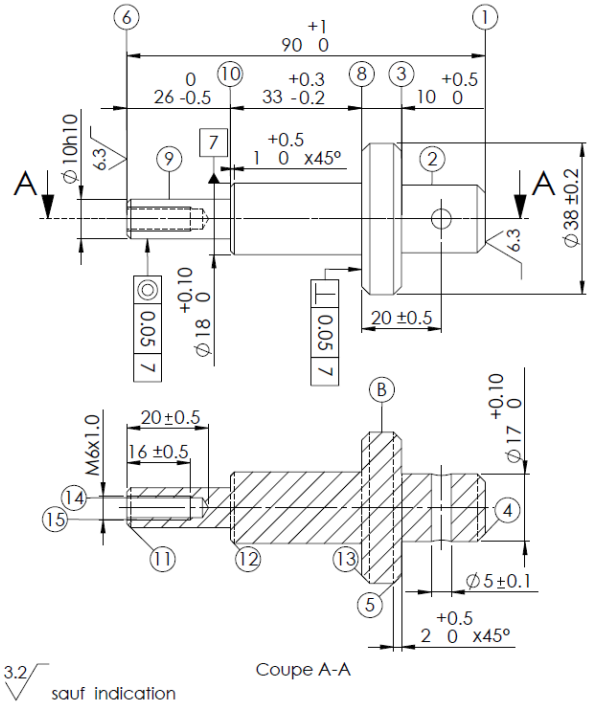


Figure I.1 : Dessin de définition d'une pièce de tournage.

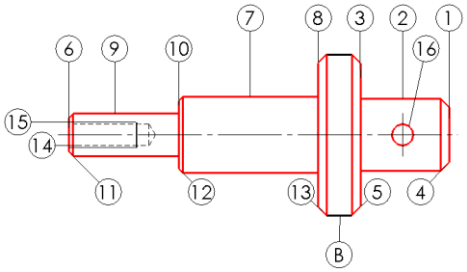


Figure I.2 : Tracé des surfaces à usiner.

Etant donné le dessin de définition de la Figure I.1. Les surfaces à usiner sont numérotées de 1 à 15 et elles sont tracées en rouge sur le Figure I.2.

La surface 7 est surface de référence pour 8 et 9.

Il faut donc :

- Usiner ces surfaces dans la même sous-phase.
- Ou se reprendre sur 7 pour usiner 8 et 9.

Dans notre cas ; il sera facile d'usiner 7, 8 et 9 sans démontage de pièce. Il n'y a pas de tolérances particulièrement serrées.

I.4. Notions de tolérances géométriques

Les tolérances géométriques limitent les écarts admissibles de forme ; d'orientation ; de position ou de battement d'un élément (point, ligne, surface) en définissant une zone de tolérance à l'intérieur de laquelle l'élément doit être compris.

I.4.1. Indication d'un élément de référence

L'élément de référence est précisé par un triangle noirci ou non. L'élément tolérancé est indiqué par une flèche, Figure I.3.

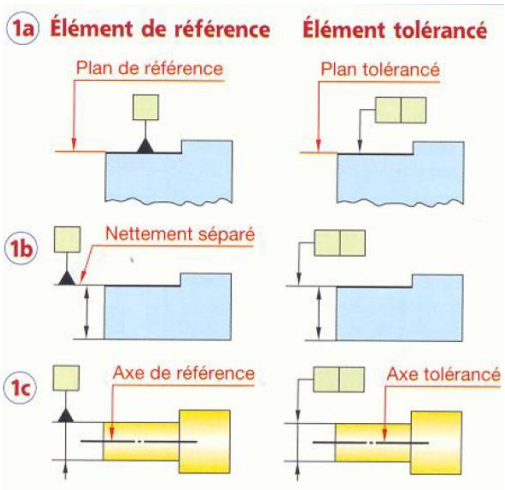


Figure I.3: Cas de tolérancement.

Suivant la position du triangle ou de la flèche, on distingue deux cas :

- Si le triangle ou la flèche sont appliqués sur l'élément ou sur une ligne de rappel, la référence ou la tolérance concerne l'élément lui-même (Figure I.3-1a et Figure I.3-1b).
- Si le triangle ou la flèche sont appliqués dans le prolongement de la ligne de cote, la référence ou la tolérance concerne l'axe ou le plan médian ainsi spécifié (Figure I.3-1c).

I.4.2. Inscription de la valeur des tolérances

Le tableau I.2 illustre l'inscription de la valeur de tolérance en fonction de la zone de tolérance qui peut être : la totalité de l'élément, une longueur spécifiée, une zone circulaire ou cylindrique ou une zone sphérique. L'inscription s'étend aussi à l'affectation de plusieurs tolérances géométriques pour la totalité d'un élément à laquelle peut s'ajouter une tolérance restreinte sur une longueur spécifiée.

La zone de tolérance concerne la totalité de l'élément.	0,1	La zone de tolérance concerne une longueur spécifiée (ici 120) placée n'importe où.	0,1 / 120
La zone de tolérance est circulaire ou cylindrique.	∅ 0,1	La totalité d'un même élément est affectée de plusieurs tolérances géométriques.	▱ 0,05 // 0,1 A
La zone de tolérance est sphérique. S : symbole pour « sphérique ».	S ∅ 0,1	À la tolérance sur la totalité de l'élément s'ajoute une tolérance restreinte sur une longueur spécifiée (ici 60).	// 0,1 0,05 / 60 A

Tableau I.2: Inscription de la valeur des tolérances.

Le tableau I.3 explique l'inscription des références simple et commune, système de références spécifiées, les références qui s'appliquent aux engrenages, filetages et cannelures, et système de référence pour un groupe d'éléments.

Dans les prochaines sections, on décrit les quatre types de spécifications géométriques :

- *Tolérances de forme* : Profil d'une surface, profil d'une ligne, planéité, rectitude, cylindricité et circularité ; Tableau I.4.

- *Tolérances d'orientation* : Profil d'une surface, profil d'une ligne, parallélisme, perpendicularité et inclinaison ; Tableau I.5.

- *Tolérances de position* : Profil d'une surface, profil d'une ligne, localisation, coaxialité /concentricité et symétrie ; Tableau I.6.

- *Tolérances de battement* : Battement circulaire et battement total ; Tableau I.7.

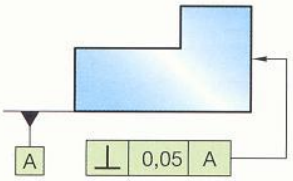
N.B : Ces spécifications géométriques sont très importantes pour définir les contraintes d'antériorité d'ordre métrologique ; voir pour plus de détails les chapitres IV et V.

I.4.3. Inscription des références

Référence simple

La référence est définie par un seul élément (point, droite ou plan).

La référence est identifiée par une lettre majuscule.



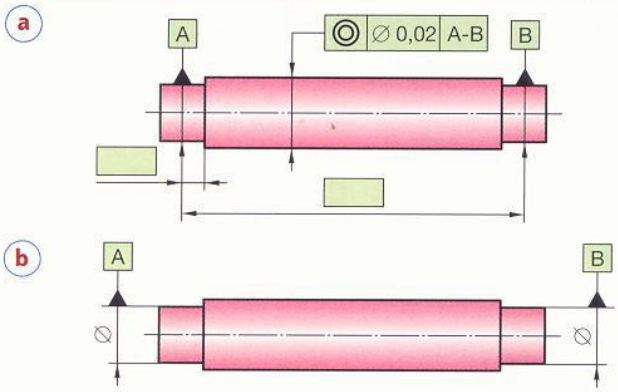
Référence commune

La référence est identifiée par deux lettres majuscules séparées par un trait d'union.

Figure **a** : la référence est l'axe défini par les centres des cercles minimaux circonscrits aux sections A et B.

Figure **b** : la référence est l'axe défini par les deux cylindres coaxiaux et minimaux circonscrits aux éléments A et B.

Une référence commune définit un seul élément (droite ou plan) formé à partir de deux ou plusieurs références simples.

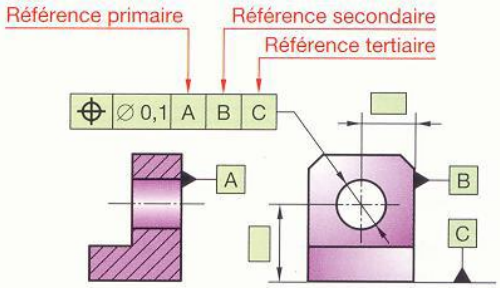


Système de références spécifiées

Un système de références est composé de plusieurs références simples ou communes. Les références sont identifiées par des lettres majuscules indiquées de gauche à droite dans des cases séparées et dans l'ordre décroissant des degrés de liberté.

EXEMPLE

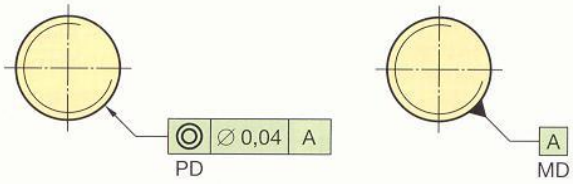
A : élimine 3 degrés de liberté.
B : élimine 2 degrés de liberté.
C : élimine 1 degré de liberté.



Filetages – Engrenages Cannelures

Les références et les tolérances s'appliquent à l'axe du cylindre à flanc de filet ou primitif sauf spécifications contraires.

MD	Diamètre extérieur
PD	Diamètre à flanc de filet ou primitif
LD	Diamètre intérieur



Groupe d'éléments

Si un groupe d'éléments (deux trous pour pieds de positionnement par exemple, voir § 53.1) participe à la définition du système de référence d'un ou de plusieurs autres éléments, on peut le spécifier en plaçant sur le dessous du cadre de la tolérance un symbole d'élément de référence (ici D).

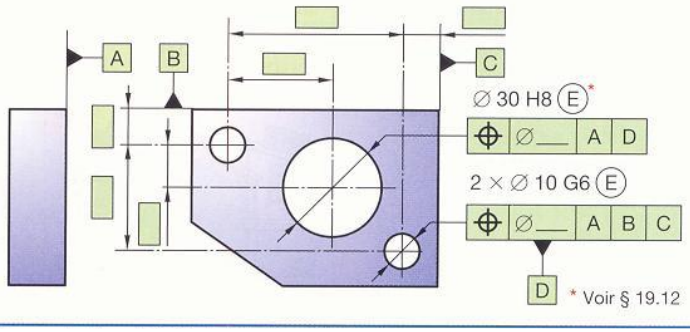


Tableau I.3: Inscription des références.

I.4.4. Tolérances de forme

SYMBOLE						
SIGNIFICATION	Profil d'une surface	Profil d'une ligne	Planéité	Rectitude	Cylindricité	Circularité
Tolérance large	–	–	0,1 mm/m	0,1 mm/m	0,04 mm/m	IT 8
Tolérance réduite	–	–	0,04 mm/m	0,02 mm/m	0,02 mm/m	IT 5

Valeurs données à titre de première estimation pour les applications usuelles. Voir § 16.41.

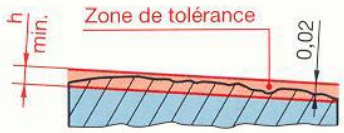
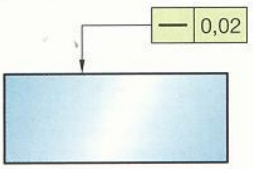
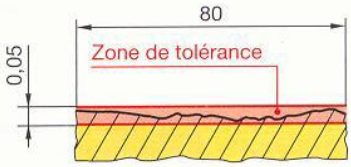
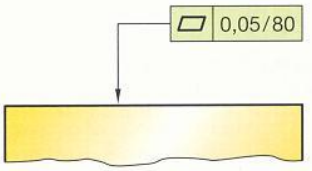
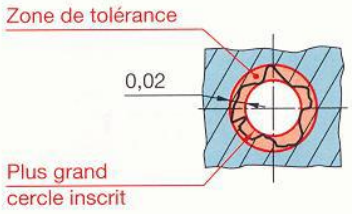
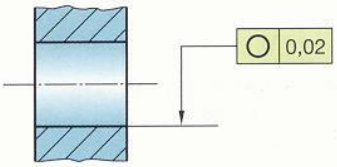
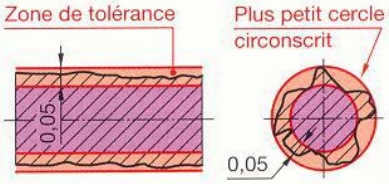
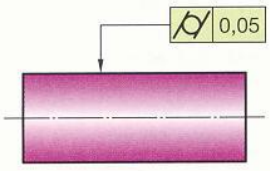
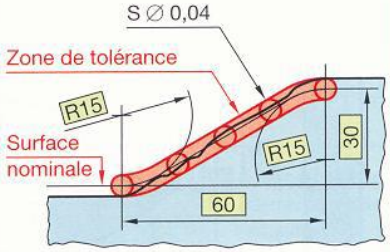
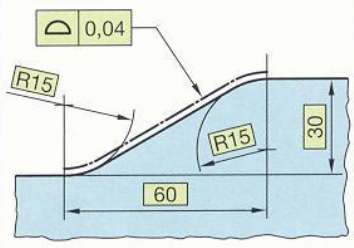
Exemple	Illustration de la tolérance	Application
Rectitude Une ligne quelconque du plan suivant la direction donnée, doit être comprise entre deux droites parallèles distantes de 0,02. Pour une ligne convexe, les droites sont orientées pour que la valeur h soit minimale.		
Planéité Une partie quelconque de la surface, sur une longueur de 80, doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05. Orientation des plans : voir rectitude.		
Circularité Le profil de chaque section droite doit être compris entre deux cercles coplanaires concentriques dont les rayons diffèrent de 0,02. Le cercle intérieur est le plus grand cercle inscrit.		
Cylindricité La surface doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons diffèrent de 0,05. Le cylindre extérieur est le plus petit cylindre circonscrit.		
Profil d'une surface quelconque La surface tolérancée doit être comprise entre les deux surfaces qui enveloppent l'ensemble des sphères de ∅ 0,04 centrées sur une surface ayant la forme géométrique théorique exacte (surface nominale).		

Tableau I.4: Tolérances de forme.

I.4.5. Tolérances d'orientation

■ Une tolérance d'orientation d'un élément est donnée obligatoirement par rapport à un autre élément pris comme référence.

■ Pour l'inclinaison, il est nécessaire d'indiquer, en plus, l'angle par rapport à l'élément de référence.

Éléments associés à une référence					
SYMBOLE	//	⊥	∠	⌓	⌒
SIGNIFICATION	Parallélisme	Perpendicularité	Inclinaison	Profil d'une surface	Profil d'une ligne
Tolérance large	IT 9	0,4 mm/m	0,4 mm/m	–	–
Tolérance réduite	IT 5	0,1 mm/m	0,1 mm/m	–	–

Valeurs données à titre de première estimation pour les applications usuelles. Voir § 16.41.

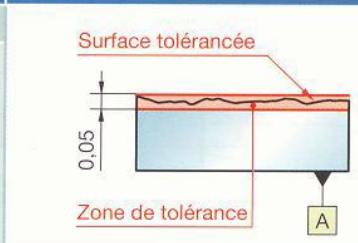
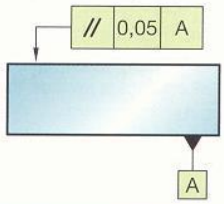
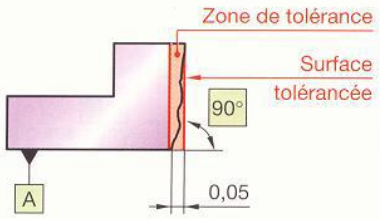
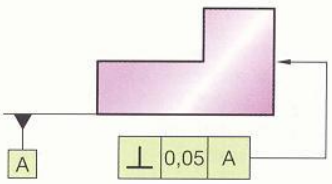
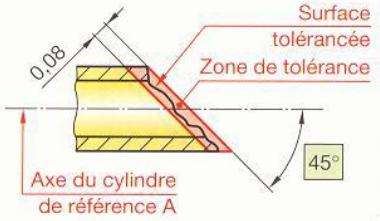
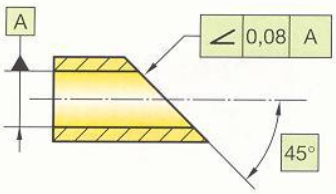
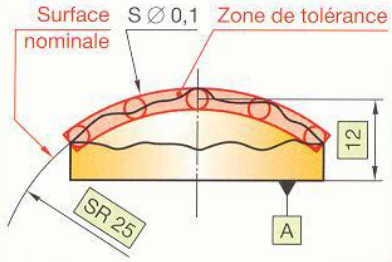
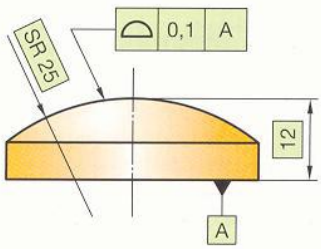
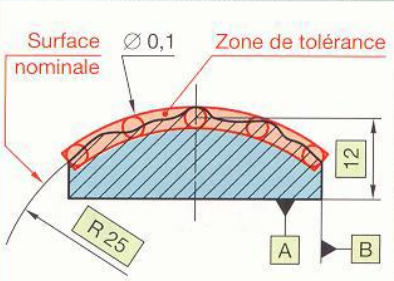
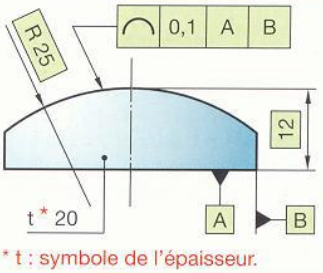
Exemple	Illustration de la tolérance	Application
Parallélisme La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05 et parallèles au plan de référence A.		
Perpendicularité La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05 et perpendiculaires au plan de référence A.		
Inclinaison La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,08 et inclinés de 45° par rapport à l'axe du cylindre de référence A.		
Profil d'une surface par rapport à une référence La surface tolérancée doit être comprise entre deux sphères équidistantes qui enveloppent l'ensemble des sphères de ∅ 0,1 centrées sur une sphère ayant une forme et une position théoriquement exactes (surface nominale).		
Profil d'une ligne par rapport à une référence Dans chaque plan perpendiculaire à A et B, la ligne tolérancée doit être comprise entre deux cercles qui enveloppent l'ensemble des cercles de ∅ 0,1 centrés sur un cercle ayant une forme et une position théoriquement exactes (surface nominale).		

Tableau I.5: Tolérances d'orientation.

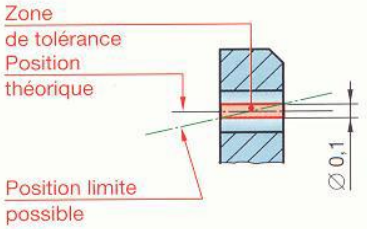
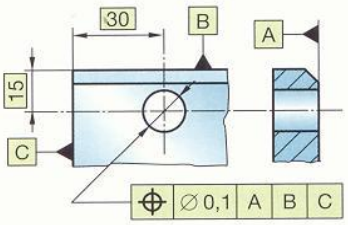
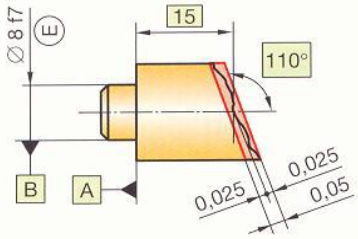
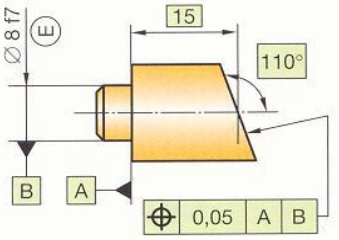
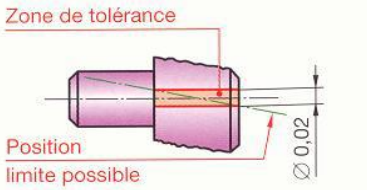
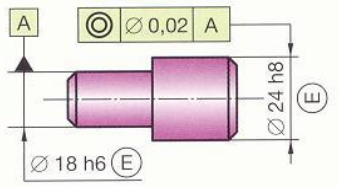
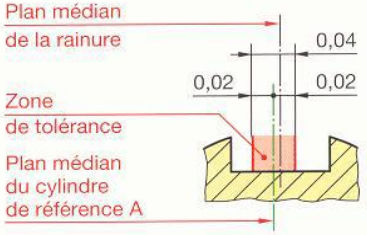
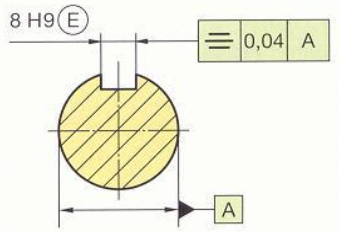
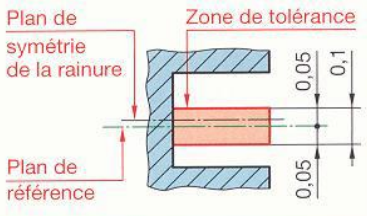
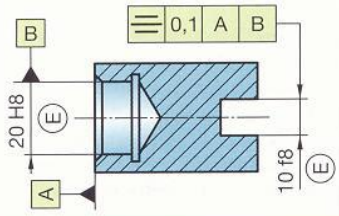
I.4.6. Tolérances de position

■ La localisation théorique de l'élément est définie, par rapport au système de référence, au moyen de cotes encadrées.

■ La zone de tolérance est répartie également de part et d'autre de cette position théorique exacte.

Éléments associés à une référence					
SYMBOLE	⌖	◎	≡	⌓	⌒
SIGNIFICATION	Localisation	Coaxialité* Concentricité**	Symétrie	Profil d'une surface	Profil d'une ligne
Tolérance large	IT 11	0,02	IT 11	Voir exemple § 18.3	
Tolérance réduite	0,02	0,005	0,02		

Valeurs données à titre de première estimation pour les applications usuelles. Voir § 16.41.

Exemple	Illustration de la tolérance	Application
Localisation 1 L'axe d'un trou doit être compris dans une zone cylindrique de ∅ 0,1 dont l'axe est dans la position théorique exacte. A : référence primaire (appui plan). B : référence secondaire (orientation). C : référence tertiaire (butée).		
Localisation 2 La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05 et disposés symétriquement par rapport à la position théorique exacte. A : référence primaire (plan). B : référence secondaire (axe d'un cylindre court).		
Coaxialité L'axe du cylindre ∅ 24 h8 doit être compris dans une zone cylindrique de ∅ 0,02 coaxiale à l'axe du cylindre de référence ∅ 18 h6.		
Symétrie 1 Le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,04 et disposés symétriquement par rapport au plan médian du cylindre. Dans ce cas, l'orientation du plan médian du cylindre est donnée par le plan médian de la rainure.		
Symétrie 2 Le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,1 et disposés symétriquement par rapport à un plan de référence perpendiculaire au plan A et passant par l'axe du cylindre court B.		

* Coaxialité : pour des axes. ** Concentricité : pour des centres. Nota : vérification des tolérances géométriques, voir Guide du Technicien en Productique.

Tableau I.6: Tolérances de position.

I.4.7. Tolérances de battement

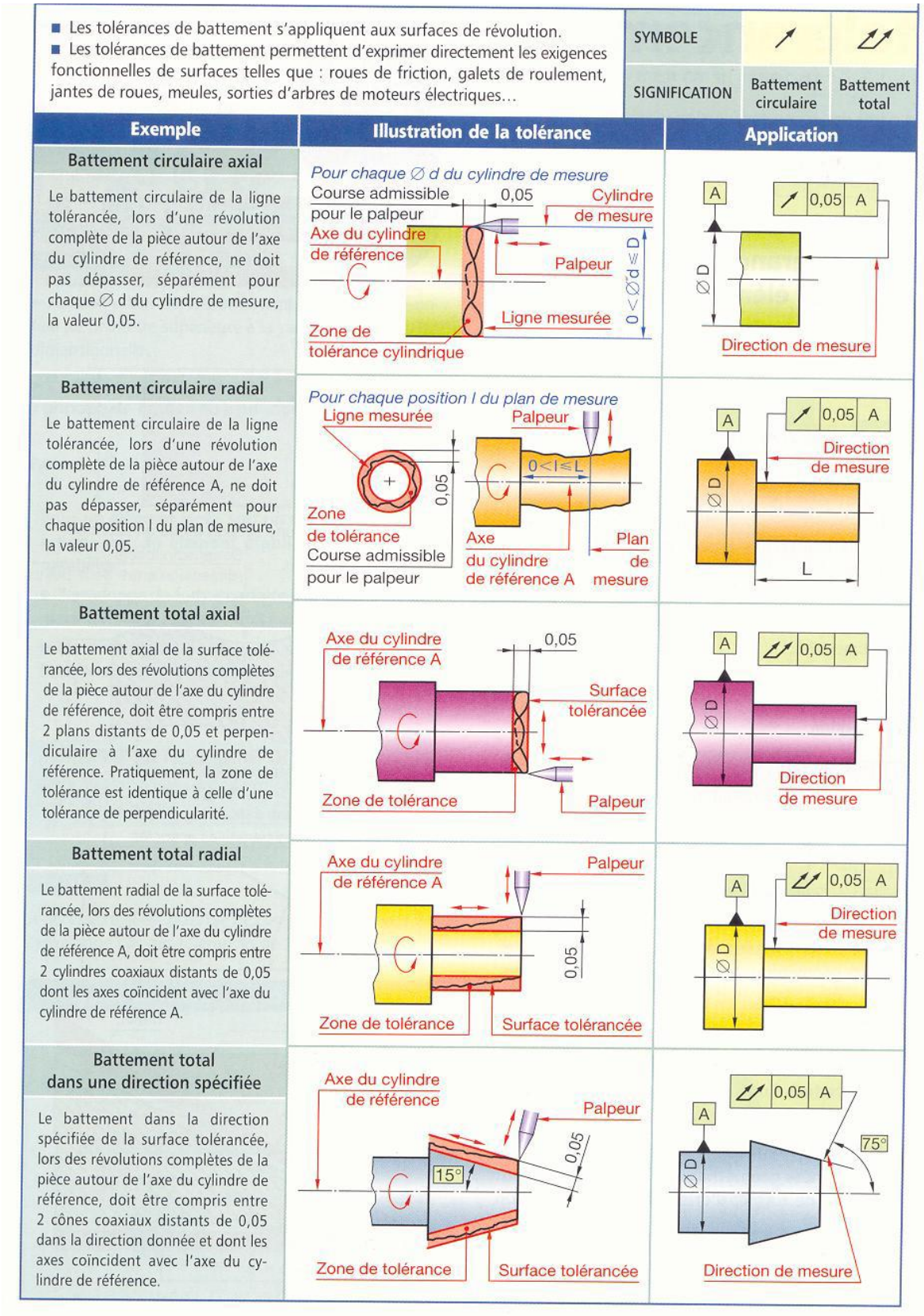


Tableau I.7: Tolérances de battement.