

Cotation tolérancée et Ajustements

Partie B du programme :

Fonctions du produit

B21 : *Liaisons mécaniques :*

Assemblages et
guidages

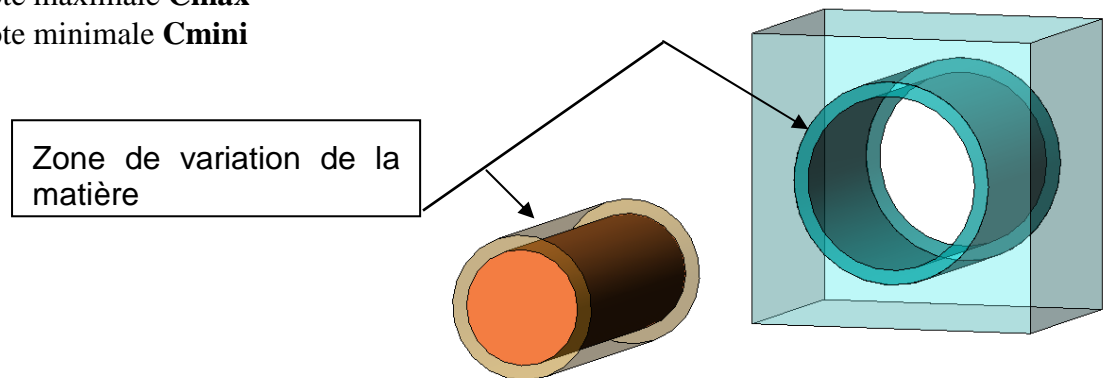
Cotation
fonctionnelle

1. GENERALITES

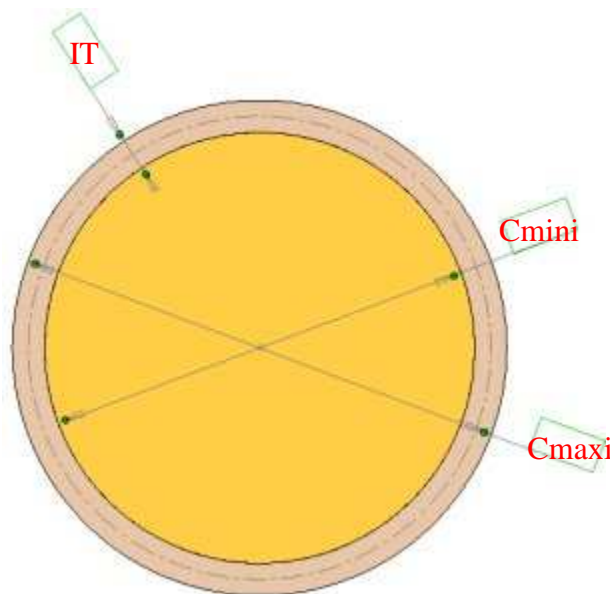
Compte tenu du processus de fabrication choisi et des machines utilisées, une cote réelle mesurant l'une des dimensions d'un objet ne peut être exactement la même que celle indiquée sur le dessin de définition. Il est impossible de fabriquer une série d'objets identiques ayant toujours les mêmes dimensions.

Une cote imposée sera plus facile à réaliser si celle ci varie entre deux valeurs limites:

- une cote maximale **C_{max}**
- une cote minimale **C_{mini}**



La différence entre les deux dimensions s'appelle **tolérance** ou **intervalle de tolérance (IT)**. Plus la précision exigée est grande, plus l'intervalle de tolérance doit être petit.



2. COTATION TOLERANCEE

2.1. Définitions

Cote nominale : Dimension ou cote qui sert de référence pour l'identification et l'inscription sur les dessins

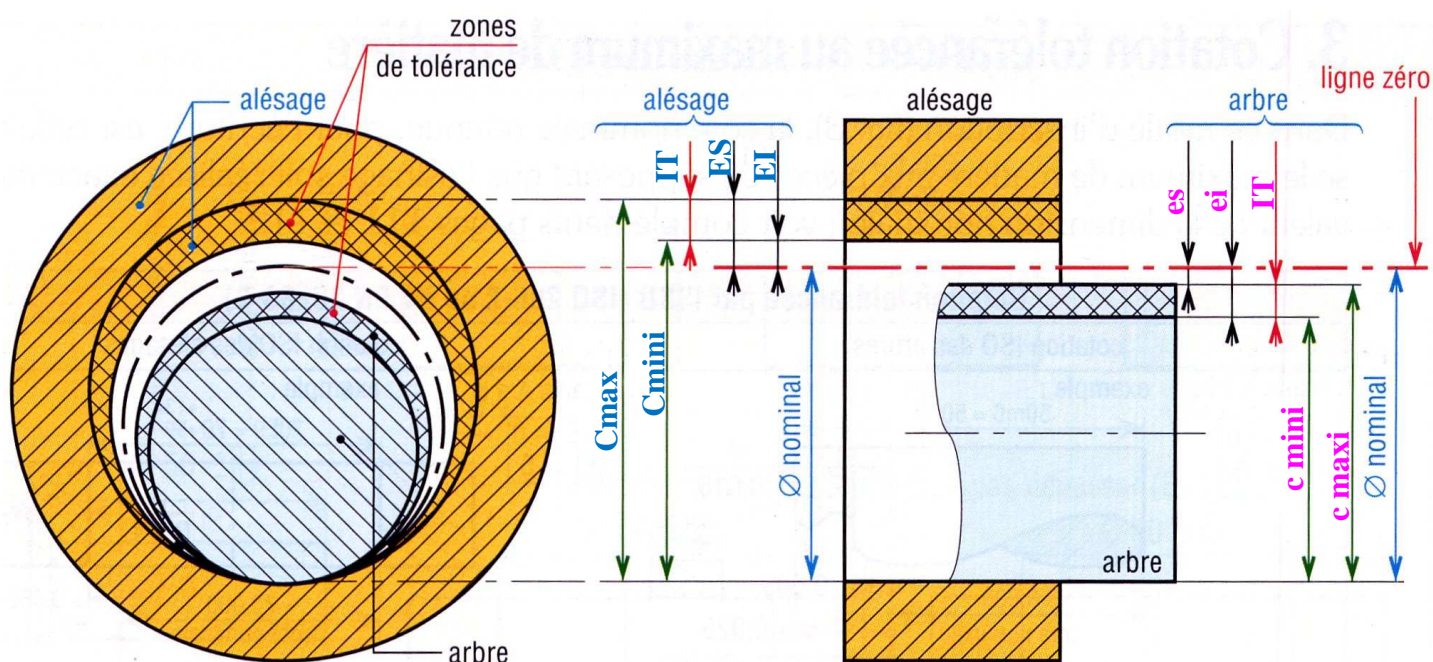
Ecart supérieur : Egal à la différence entre la cote maxi et la cote nominale $ES = C_{max} - C_{nom}$

Ecart inférieur : Egal à la différence entre la cote mini et la cote nominale $EI = C_{mini} - C_{nom}$

Notion d'arbre : Désigne une pièce contenue (minuscule)

Notion d'alésage : Désigne une pièce contenante (majuscule)

Compléter la figure ci-dessous à partir des définitions précédentes.



| | |
|---------|---|
| Alésage | <p>Ecart supérieur ES = $C_{maxi} - C_{nom}$</p> <p>Ecart inférieur EI = $C_{mini} - C_{nom}$</p> |
| Arbre | <p>Ecart supérieur es = $c_{maxi} - c_{nom}$</p> <p>Ecart inférieur ei = $c_{mini} - c_{nom}$</p> |

2.2. Inscription des tolérances chiffrées

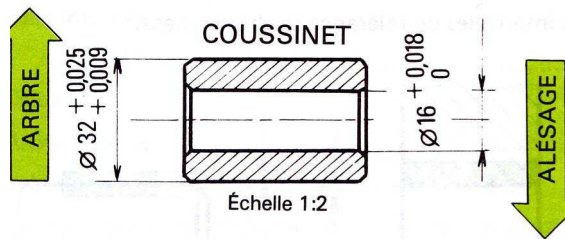
Une cote tolérancée est inscrite à partir de la cote nominale et des deux écarts. L'intervalle de tolérance n'est pas forcément symétrique par rapport à la cote nominale.

- les écarts sont inscrits dans la même unité que la cote nominale (mm)
- placer toujours l'écart supérieur au-dessus de l'écart inférieur
- ne pas mettre de signe lorsque l'écart est nul
- lorsque la tolérance est répartie symétriquement par rapport à la cote nominale, ne donner qu'un seul écart précédé du signe \pm .

Ex : $34 \begin{matrix} +0,1 \\ -0,2 \end{matrix}$ $45 \begin{matrix} +0,15 \\ 0 \end{matrix}$ $25 \begin{matrix} 60,25 \end{matrix}$

Compléter l'exercice suivant

Cote nominale **CN** =
 Ecart supérieur **es** =
 Ecart inférieur **ei** =
 Cote maxi = =
 Cote mini = =
IT =



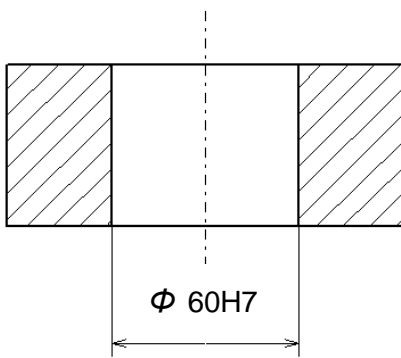
CN =
ES =
EI =
 =
 =

Cote nominale
 Ecart supérieur
 Ecart inférieur
 Cote maxi =
 Cote mini =

IT =

2.3. Inscription des tolérances du système ISO

2.3.1. Désignation normalisée



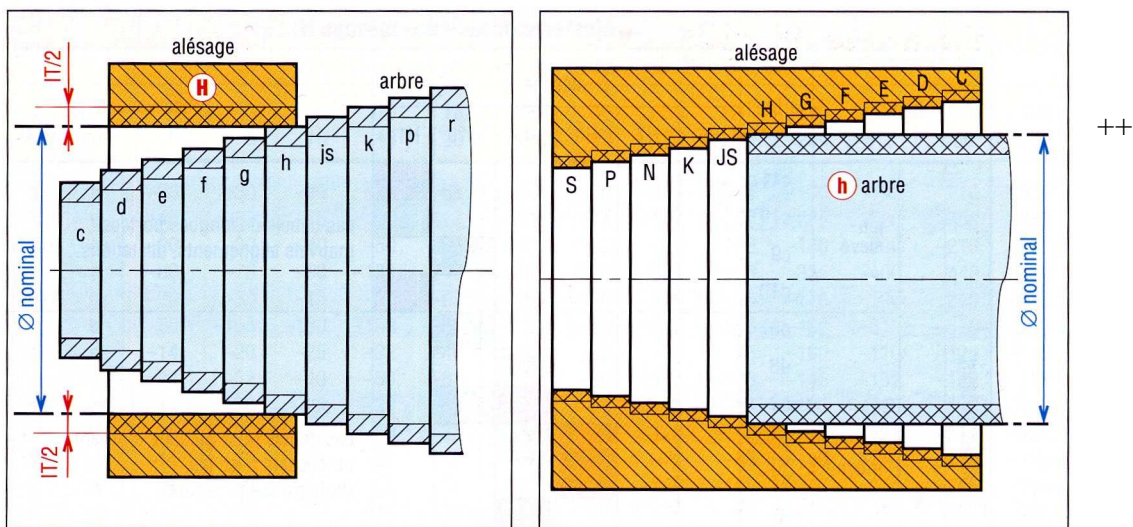
| Principales qualités ou tolérances (IT) ISO (IT en micromètre : 1µm = 0.001 mm) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| dimensions nominales en mm | | | | | | | | | | | | | |
| au-delà de → | 1 | 3 | 6 | 10 | 18 | 30 | 50 | 80 | 120 | 180 | 250 | 315 | 400 |
| à (inclus) → | 3 | 6 | 10 | 18 | 30 | 50 | 80 | 120 | 180 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| IT5 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 | 20 | 23 | 25 | 27 |
| IT6 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 | 32 | 36 | 40 |
| IT7 | 10 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 30 | 35 | 40 | 46 | 52 | 57 | 63 |
| IT8 | 14 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 46 | 54 | 63 | 72 | 81 | 89 | 97 |
| IT9 | 25 | 30 | 36 | 43 | 52 | 62 | 74 | 87 | 100 | 115 | 130 | 140 | 155 |
| IT10 | 40 | 48 | 58 | 70 | 84 | 100 | 120 | 140 | 160 | 185 | 210 | 230 | 250 |
| IT11 | 60 | 75 | 90 | 110 | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 | 290 | 320 | 360 | 400 |
| IT12 | 100 | 120 | 150 | 180 | 210 | 250 | 300 | 350 | 400 | 460 | 520 | 570 | 630 |
| IT13 | 140 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 460 | 540 | 630 | 720 | 810 | 890 | 970 |



Cote nominale : elle sert de référence (ou de ligne zéro) pour positionner les intervalles de tolérance (IT) et les écarts.

Qualité : elle indique la taille de l'intervalle de tolérance choisi. Plus ce chiffre est important, plus l'intervalle de tolérance est grand. Il existe 18 classes de qualité. Les valeurs usuelles sont comprises entre 5 et 13.

Ecart : il définit l'écart entre la cote nominale et l'intervalle de tolérance choisi. Plus la lettre est loin dans l'alphabet et plus on a de matière. On utilise des majuscules pour les alésages et des minuscules pour les arbres.



Tolérance h : C^0

Tolérance g : C^{\ominus}

Tolérance r : C^{\oplus}

Tolérance H : C^{\oplus}

Tolérance G : C^{\oplus}

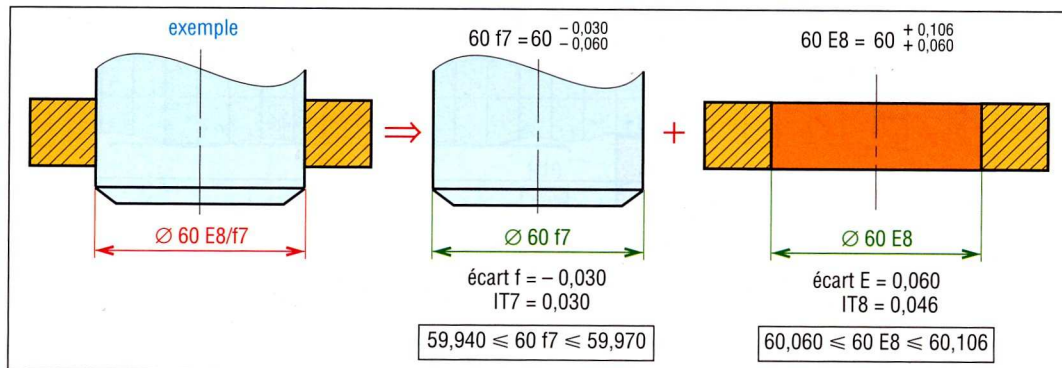
Tolérance R : C^{\ominus}

3. AJUSTEMENTS NORMALISES ISO

3.1. Désignation normalisée

Les ajustements sont des catégories de dimensions normalisées utilisées pour les assemblages de deux pièces prismatiques ou cylindriques. On trouve :

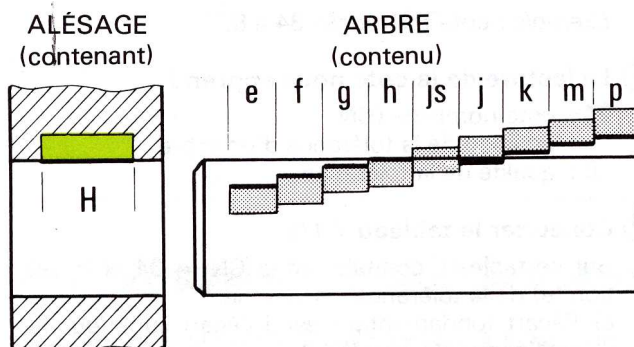
- les ajustements **avec jeu**
- les ajustements **avec serrage**
- les ajustements **incertains** (jeu ou serrage)



3.2. Systèmes d'ajustement

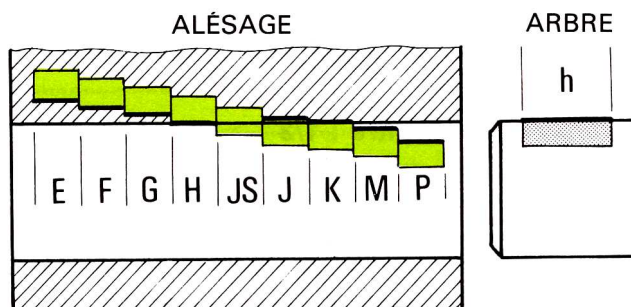
3.2.1. Système à alésage normal H

A choisir de préférence. Plus facile à mettre en œuvre. Dans ce système l'Alésage est toujours pris comme base et **tolérancé H**. Seule la dimension de l'arbre varie.



3.2.2. Système à arbre normal h

L'arbre est toujours pris comme base et **tolérancé h**. Seule la dimension de l'alésage varie.



3.3. Ajustement avec jeu

La cote effective de l'alésage est toujours supérieure à la cote effective de l'arbre. **Les IT ne se chevauchent pas.**

$$\text{Jeu}_{\max} = A_{\max} - a_{\min}$$

$$\text{Jeu}_{\min} = A_{\min} - a_{\max}$$

$$\text{IT}_{\text{jeu}} = \text{IT}_A + \text{IT}_a$$

3.4. Ajustement avec serrage

La cote effective de l'arbre est toujours supérieure à la cote effective de l'alésage. **Les IT ne se chevauchent pas.**

$$\text{Serrage}_{\max} = A_{\min} - a_{\max}$$

$$\text{Serrage}_{\min} = A_{\max} - a_{\min}$$

$$\text{IT}_{\text{serrage}} = \text{IT}_A + \text{IT}_a$$

3.5. Ajustement incertain

L'ajustement obtenu sera soit avec jeu, soit avec serrage. **Les IT se chevauchent.**

$$\text{Serrage}_{\max} = A_{\min} - a_{\max}$$

$$\text{Jeu}_{\max} = A_{\max} - a_{\min}$$

3.6. Choix de l'ajustement

Le choix dépend de la liaison à réaliser et de la précision exigée pour le guidage. Les spécifications doivent être suffisantes mais non surabondantes. Une trop grande précision est inutile et chère.

Y a t il jeu ou serrage ? Les pièces sont-elles mobiles ou immobiles ? S'agit-il d'un positionnement ou d'un centrage ? La liaison doit-elle transmettre des efforts ? ...

3.7. Principaux ajustements

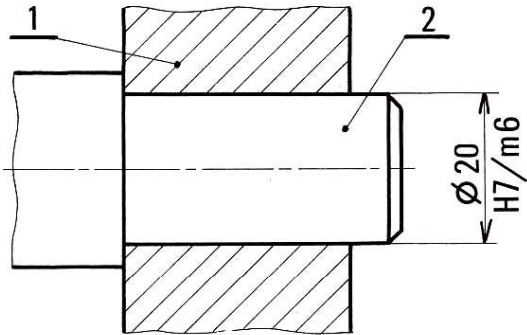
Voir document § 15.24

3.8. Exercices

Réaliser les exercices joints

| COTES TOLÉRANCÉES | | | IMAGES A RETENIR | | | LES AJUSTEMENTS | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------|--|------------------|-------------------------------|--|-----------------|--------------------------------|--|---|--|--|---|--|--|---|---|--|
| A | IT à cheval sur la ligne zéro | | B | IT au-dessus de la ligne zéro | | C | IT au-dessous de la ligne zéro | | D | Ajustement avec jeu (non chevauchement IT) | | E | Ajustement avec serrage (non chevauchement IT) | | F | Ajustement incertain (chevauchement IT) | |

3/08 -



ALÉSAGE (1)

- Inscrivez la cote tolérancée de l'alésage.
 - \varnothing
- Recherchez les écarts (avec les signes) :

| | | | |
|--|------------|--|-------|
| | en microns | | en mm |
| <input type="checkbox"/> Écart sup. : ES = | ..... |  | ..... |
| <input type="checkbox"/> Écart inf. : EI = | ..... |  | ..... |
| IT = | ..... |  | ..... |
- Calculez :
 - Alésage Max = =
 - Alésage min = =

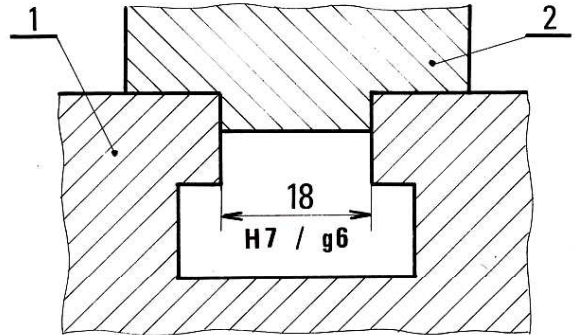
ARBRE (2)

- Inscrivez la cote tolérancée de l'arbre.
 - \varnothing
- Recherchez les écarts (avec les signes) :

| | | | |
|--|------------|--|-------|
| | en microns | | en mm |
| <input type="checkbox"/> Écart sup. : es = | ..... |  | ..... |
| <input type="checkbox"/> Écart inf. : ei = | ..... |  | ..... |
| IT = | ..... |  | ..... |
- Calculez :
 - Arbre Max = =
 - Arbre min = =
- De quel type d'ajustement s'agit-il ? (avec jeu, avec serrage ou incertain)

| | |
|--------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | |
- Calculez :
 - Serrage Max = =
 - Jeu Max = =

3/09 -



ALÉSAGE (1) RAINURE

- Inscrivez la cote tolérancée de l'alésage.
 -
- Recherchez les écarts (avec les signes) :

| | | | |
|--|------------|--|-------|
| | en microns | | en mm |
| <input type="checkbox"/> Écart sup. : ES = | ..... |  | ..... |
| <input type="checkbox"/> Écart inf. : EI = | ..... |  | ..... |
| IT = | ..... |  | ..... |
- Calculez :
 - Alésage Max = =
 - Alésage min = =

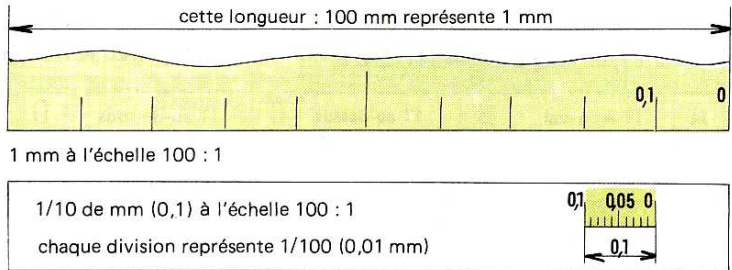
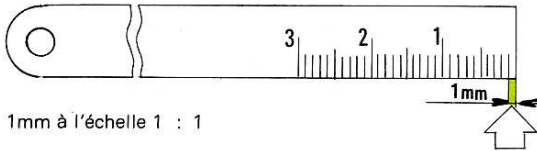
ARBRE (2) LANGUETTE

- Inscrivez la cote tolérancée de l'arbre.
 -
- Recherchez les écarts (avec les signes) :

| | | | |
|--|------------|--|-------|
| | en microns | | en mm |
| <input type="checkbox"/> Écart sup. : es = | ..... |  | ..... |
| <input type="checkbox"/> Écart inf. : ei = | ..... |  | ..... |
| IT = | ..... |  | ..... |
- Calculez :
 - Arbre Max = =
 - Arbre min = =
- De quel type d'ajustement s'agit-il ? (avec jeu, avec serrage ou incertain)

| | |
|--------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | |
- Calculez :
 - Max = =
 - min = =

**POUR LES EXERCICES CI-DESSOUS :
ÉCHELLE DES ÉCARTS**



3/10 - EXEMPLE RÉSOLU

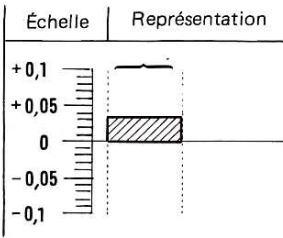
AJUSTEMENT : 85 H7/m6

ALÉSAGE : 85 H7

Écart sup.(ES) = + 0,035

Écart inf.(EI) = 0

- Représenter l'IT.

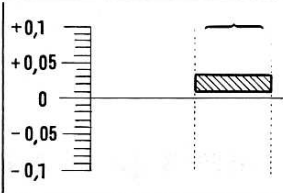


ARBRE : 85 m6

Écart sup.(es) = + 0,035

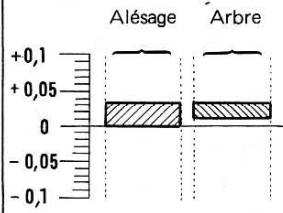
Écart inf.(ei) = + 0,013

- Représenter l'IT.



AJUSTEMENT :

- Représenter les IT.
- Les IT se chevauchent-ils ?
- OUI (oui ou non)
- De quel type d'ajustement s'agit-il ? (avec jeu, avec serrage, incertain)
- Incertain



3/11 -

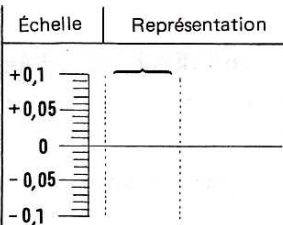
AJUSTEMENT : 112 H8/f7

ALÉSAGE :

Écart sup.(ES) =

Écart inf.(EI) =

- Représenter l'IT.

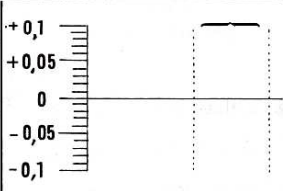


ARBRE :

Écart sup.(es) =

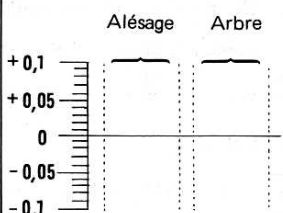
Écart inf.(ei) =

- Représenter l'IT.



AJUSTEMENT

- Représenter les IT
- Les IT se chevauchent-ils ?
- (oui ou non)
- De quel type d'ajustement s'agit-il ? (avec jeu, avec serrage, incertain)
-



3/12 -

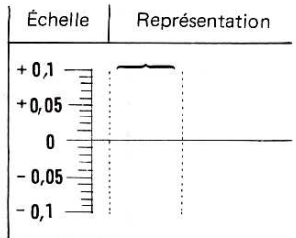
AJUSTEMENT : 170 H7/js6

ALÉSAGE :

Écart sup.(ES) =

Écart inf.(EI) =

- Représenter l'IT.

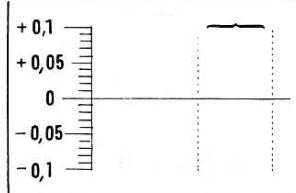


ARBRE :

Écart sup.(es) =

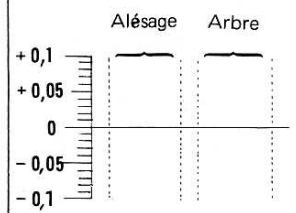
Écart inf.(ei) =

- Représenter l'IT.



AJUSTEMENT

- Représenter les IT
- Les IT se chevauchent-ils ?
-(oui ou non)
- De quel type d'ajustement s'agit-il ? (avec jeu, avec serrage, incertain)
-



3/13 -

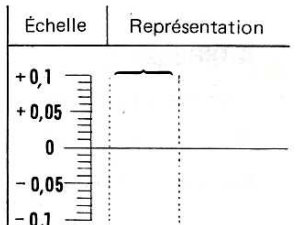
AJUSTEMENT : 140 H7/p6

ALÉSAGE :

Écart sup.(ES) =

Écart inf.(EI) =

- Représenter l'IT.

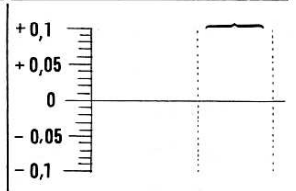


ARBRE :

Écart sup.(es) =

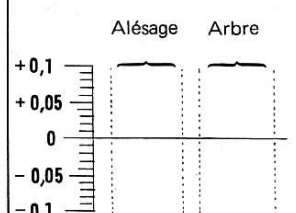
Écart inf.(ei) =

- Représenter l'IT.



AJUSTEMENT

- Représenter les IT
- Les IT se chevauchent-ils ?
- (oui ou non)
- De quel type d'ajustement s'agit-il ? (avec jeu, avec serrage, incertain)
-



15.24 Principaux ajustements

| | | | Arbres* | H 6 | H 7 | H 8 | H 9 | H 11 | |
|---|--|---|---|-----|-----|-----|-----|------|---|
| Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre | Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.). | | c | | | | 9 | 11 | |
| | | | d | | | | 9 | 11 | |
| | Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré). | | e | | 7 | 8 | 9 | | |
| | | | f | 6 | 6-7 | 7 | | | |
| Pièces avec guidage précis pour mouvements de faible amplitude. | | | g | 5 | 6 | | | | |
| Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre | Démontage et remontage possible sans détérioration des pièces | L'assemblage ne peut pas transmettre d'effort | Mise en place possible à la main | | h | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | Mise en place au maillet | | js | 5 | 6 | | |
| | Démontage impossible sans détérioration des pièces | L'assemblage peut transmettre des efforts | Mise en place à la presse | | k | 5 | | | |
| | | | Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique) | | m | | 6 | | |
| | | | | | p | | 6 | | |
| | | | | | s | | | 7 | |
| | | | u | | | 7 | | | |
| | | | x | | | 7 | | | |

15.25 Principaux écarts en micromètres

Température de référence : 20 °C

| Alésages | Jusqu'à 3 inclus | 3 à 6 inclus | 6 à 10 | 10 à 18 | 18 à 30 | 30 à 50 | 50 à 80 | 80 à 120 | 120 à 180 | 180 à 250 | 250 à 315 | 315 à 400 | 400 à 500 |
|----------|------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| D 10 | + 60 + 20 | + 78 + 30 | + 98 + 40 | + 120 + 50 | + 149 + 65 | + 180 + 80 | + 220 + 100 | + 260 + 120 | + 305 + 145 | + 355 + 170 | + 400 + 190 | + 440 + 210 | + 480 + 230 |
| F 7 | + 16 + 6 | + 22 + 10 | + 28 + 13 | + 34 + 16 | + 41 + 20 | + 50 + 25 | + 60 + 30 | + 71 + 36 | + 83 + 43 | + 96 + 50 | + 108 + 56 | + 119 + 62 | + 121 + 68 |
| G 6 | + 8 + 2 | + 12 + 4 | + 14 + 5 | + 17 + 6 | + 20 + 7 | + 25 + 9 | + 29 + 10 | + 34 + 12 | + 39 + 14 | + 44 + 15 | + 49 + 17 | + 54 + 18 | + 60 + 20 |
| H 6 | + 6 0 | + 8 0 | + 9 0 | + 11 0 | + 13 0 | + 16 0 | + 19 0 | + 22 0 | + 25 0 | + 29 0 | + 32 0 | + 36 0 | + 40 0 |
| H 7 | + 10 0 | + 12 0 | + 15 0 | + 18 0 | + 21 0 | + 25 0 | + 30 0 | + 35 0 | + 40 0 | + 46 0 | + 52 0 | + 57 0 | + 63 0 |
| H 8 | + 14 0 | + 18 0 | + 22 0 | + 27 0 | + 33 0 | + 39 0 | + 46 0 | + 54 0 | + 63 0 | + 72 0 | + 81 0 | + 89 0 | + 97 0 |
| H 9 | + 25 0 | + 30 0 | + 36 0 | + 43 0 | + 52 0 | + 62 0 | + 74 0 | + 87 0 | + 100 0 | + 115 0 | + 130 0 | + 140 0 | + 155 0 |
| H 10 | + 40 0 | + 48 0 | + 58 0 | + 70 0 | + 84 0 | + 100 0 | + 120 0 | + 140 0 | + 160 0 | + 185 0 | + 210 0 | + 230 0 | + 250 0 |
| H 11 | + 60 0 | + 75 0 | + 90 0 | + 110 0 | + 130 0 | + 160 0 | + 190 0 | + 210 0 | + 250 0 | + 290 0 | + 320 0 | + 360 0 | + 400 0 |
| H 12 | + 100 0 | + 120 0 | + 150 0 | + 180 0 | + 210 0 | + 250 0 | + 300 0 | + 350 0 | + 400 0 | + 460 0 | + 520 0 | + 570 0 | + 630 0 |
| H 13 | + 140 0 | + 180 0 | + 220 0 | + 270 0 | + 330 0 | + 390 0 | + 460 0 | + 540 0 | + 630 0 | + 720 0 | + 810 0 | + 890 0 | + 970 0 |
| J 7 | + 4 - 6 | + 6 - 6 | + 8 - 7 | + 10 - 8 | + 12 - 9 | + 14 - 11 | + 18 - 12 | + 22 - 13 | + 26 - 14 | + 30 - 16 | + 36 - 16 | + 39 - 18 | + 43 - 20 |
| K 6 | 0 - 6 | + 2 - 6 | + 2 - 7 | + 2 - 9 | + 2 - 11 | + 3 - 13 | + 4 - 15 | + 4 - 18 | + 4 - 21 | + 5 - 24 | + 5 - 27 | + 7 - 29 | + 8 - 32 |
| K 7 | 0 - 10 | + 3 - 9 | + 5 - 10 | + 6 - 12 | + 6 - 15 | + 7 - 18 | + 9 - 21 | + 10 - 25 | + 12 - 28 | + 13 - 33 | + 16 - 36 | + 17 - 40 | + 18 - 45 |
| M 7 | - 2 - 12 | 0 - 12 | 0 - 15 | 0 - 18 | 0 - 21 | 0 - 25 | 0 - 30 | 0 - 35 | 0 - 40 | 0 - 46 | 0 - 52 | 0 - 57 | 0 - 63 |
| N 7 | - 4 - 14 | - 4 - 16 | - 4 - 19 | - 5 - 23 | - 7 - 28 | - 8 - 33 | - 9 - 39 | - 10 - 45 | - 12 - 52 | - 14 - 60 | - 14 - 66 | - 16 - 73 | - 17 - 80 |
| N 9 | - 4 - 29 | 0 - 30 | 0 - 36 | 0 - 43 | 0 - 52 | 0 - 62 | 0 - 74 | 0 - 87 | 0 - 100 | 0 - 115 | 0 - 130 | 0 - 140 | 0 - 155 |
| P 6 | - 6 - 12 | - 9 - 17 | - 12 - 21 | - 15 - 26 | - 18 - 31 | - 21 - 37 | - 26 - 45 | - 30 - 52 | - 36 - 61 | - 41 - 70 | - 47 - 79 | - 51 - 87 | - 55 - 95 |
| P 7 | - 6 - 16 | - 8 - 20 | - 9 - 24 | - 11 - 29 | - 14 - 35 | - 17 - 42 | - 21 - 51 | - 24 - 59 | - 28 - 68 | - 33 - 79 | - 36 - 88 | - 41 - 98 | - 45 - 108 |
| P 9 | - 9 - 31 | - 12 - 42 | - 15 - 51 | - 18 - 61 | - 22 - 74 | - 26 - 88 | - 32 - 106 | - 37 - 124 | - 43 - 143 | - 50 - 165 | - 56 - 186 | - 62 - 202 | - 68 - 223 |

JS = ± IT/2 (voir tableau 15.24).

* Utiliser de préférence les qualités teintées en jaune.

| bres | Jusqu'à 3 inclus | 3 à 6 inclus | 6 à 10 | 10 à 18 | 18 à 30 | 30 à 50 | 50 à 80 | 80 à 120 | 120 à 180 | 180 à 250 | 250 à 315 | 315 à 400 | 400 à 500 |
|-------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 11 | - 270 - 330 | - 270 - 345 | - 280 - 370 | - 290 - 400 | - 300 - 430 | - 320 - 470 | - 360 - 530 | - 410 - 600 | - 580 - 710 | - 820 - 950 | - 1 050 - 1 240 | - 1 350 - 1 560 | - 1 650 - 1 900 |
| c 11 | - 60 - 120 | - 70 - 145 | - 80 - 170 | - 95 - 205 | - 110 - 240 | - 130 - 280 | - 150 - 330 | - 180 - 390 | - 230 - 450 | - 280 - 530 | - 330 - 620 | - 400 - 720 | - 480 - 840 |
| d 9 | - 20 - 45 | - 30 - 60 | - 40 - 75 | - 50 - 93 | - 65 - 117 | - 80 - 142 | - 100 - 174 | - 120 - 207 | - 145 - 245 | - 170 - 285 | - 190 - 320 | - 210 - 350 | - 230 - 385 |
| d 10 | - 20 - 60 | - 30 - 78 | - 40 - 98 | - 50 - 120 | - 65 - 149 | - 80 - 180 | - 100 - 220 | - 120 - 250 | - 145 - 305 | - 170 - 355 | - 190 - 400 | - 210 - 440 | - 230 - 480 |
| d 11 | - 20 - 80 | - 30 - 105 | - 40 - 130 | - 50 - 160 | - 65 - 195 | - 80 - 240 | - 100 - 290 | - 120 - 340 | - 145 - 395 | - 170 - 460 | - 190 - 510 | - 210 - 570 | - 230 - 630 |
| e 7 | - 14 - 24 | - 20 - 32 | - 25 - 40 | - 32 - 50 | - 40 - 61 | - 50 - 75 | - 60 - 90 | - 72 - 107 | - 85 - 125 | - 100 - 146 | - 110 - 162 | - 125 - 182 | - 135 - 198 |
| e 8 | - 14 - 28 | - 20 - 38 | - 25 - 47 | - 32 - 59 | - 40 - 73 | - 50 - 89 | - 60 - 106 | - 72 - 126 | - 85 - 148 | - 100 - 172 | - 110 - 191 | - 125 - 214 | - 135 - 232 |
| e 9 | - 14 - 39 | - 20 - 50 | - 25 - 61 | - 32 - 75 | - 40 - 92 | - 50 - 112 | - 60 - 134 | - 72 - 159 | - 85 - 185 | - 100 - 215 | - 110 - 240 | - 125 - 265 | - 135 - 290 |
| f 6 | - 6 - 12 | - 10 - 18 | - 13 - 22 | - 16 - 27 | - 20 - 33 | - 25 - 41 | - 30 - 49 | - 36 - 58 | - 43 - 68 | - 50 - 79 | - 56 - 88 | - 62 - 98 | - 68 - 108 |
| f 7 | - 6 - 16 | - 10 - 22 | - 13 - 28 | - 16 - 34 | - 20 - 41 | - 25 - 50 | - 30 - 60 | - 36 - 71 | - 43 - 83 | - 50 - 96 | - 56 - 106 | - 62 - 119 | - 68 - 131 |
| f 8 | - 6 - 20 | - 10 - 28 | - 13 - 35 | - 16 - 43 | - 20 - 53 | - 25 - 64 | - 30 - 76 | - 36 - 90 | - 43 - 106 | - 50 - 122 | - 56 - 137 | - 62 - 151 | - 68 - 165 |
| g 5 | - 2 - 6 | - 4 - 9 | - 5 - 11 | - 6 - 14 | - 7 - 16 | - 9 - 20 | - 10 - 23 | - 12 - 27 | - 14 - 32 | - 15 - 35 | - 17 - 40 | - 18 - 43 | - 20 - 47 |
| g 6 | - 2 - 8 | - 4 - 12 | - 5 - 14 | - 6 - 17 | - 7 - 20 | - 9 - 25 | - 10 - 29 | - 12 - 34 | - 14 - 39 | - 15 - 44 | - 17 - 49 | - 18 - 54 | - 20 - 60 |
| h 5 | 0 - 4 | 0 - 5 | 0 - 6 | 0 - 8 | 0 - 9 | 0 - 11 | 0 - 13 | 0 - 15 | 0 - 18 | 0 - 20 | 0 - 23 | 0 - 25 | 0 - 27 |
| h 6 | 0 - 6 | 0 - 8 | 0 - 9 | 0 - 11 | 0 - 13 | 0 - 16 | 0 - 19 | 0 - 22 | 0 - 25 | 0 - 29 | 0 - 32 | 0 - 36 | 0 - 40 |
| h 7 | 0 - 10 | 0 - 12 | 0 - 15 | 0 - 18 | 0 - 21 | 0 - 25 | 0 - 30 | 0 - 35 | 0 - 40 | 0 - 46 | 0 - 52 | 0 - 57 | 0 - 63 |
| h 8 | 0 - 14 | 0 - 18 | 0 - 22 | 0 - 27 | 0 - 33 | 0 - 39 | 0 - 46 | 0 - 54 | 0 - 63 | 0 - 72 | 0 - 81 | 0 - 89 | 0 - 97 |
| h 9 | 0 - 25 | 0 - 30 | 0 - 36 | 0 - 43 | 0 - 52 | 0 - 62 | 0 - 74 | 0 - 87 | 0 - 100 | 0 - 115 | 0 - 130 | 0 - 140 | 0 - 155 |
| h 10 | 0 - 40 | 0 - 48 | 0 - 58 | 0 - 70 | 0 - 84 | 0 - 100 | 0 - 120 | 0 - 140 | 0 - 160 | 0 - 185 | 0 - 210 | 0 - 230 | 0 - 250 |
| h 11 | 0 - 60 | 0 - 75 | 0 - 90 | 0 - 110 | 0 - 130 | 0 - 160 | 0 - 190 | 0 - 220 | 0 - 250 | 0 - 290 | 0 - 320 | 0 - 360 | 0 - 400 |
| h 13 | 0 - 140 | 0 - 180 | 0 - 220 | 0 - 270 | 0 - 330 | 0 - 390 | 0 - 460 | 0 - 540 | 0 - 630 | 0 - 720 | 0 - 810 | 0 - 890 | 0 - 970 |
| j 6 | + 4 - 2 | + 6 - 2 | + 7 - 2 | + 8 - 3 | + 9 - 4 | + 11 - 5 | + 12 - 7 | + 13 - 9 | + 14 - 11 | + 16 - 13 | + 16 - 16 | + 18 - 18 | + 20 - 20 |
| js 5 | ± 2 | ± 2,5 | ± 3 | ± 4 | ± 4,5 | ± 5,5 | ± 6,5 | ± 7,5 | ± 9 | ± 10 | ± 11,5 | ± 12,5 | ± 13,5 |
| js 6 | ± 3 | ± 4 | ± 4,5 | ± 5,5 | ± 6,5 | ± 8 | ± 9,5 | ± 11 | ± 12,5 | ± 14,5 | ± 16 | ± 18 | ± 20 |
| js 9 | ± 12 | ± 15 | ± 18 | ± 21 | ± 26 | ± 31 | ± 37 | ± 43 | ± 50 | ± 57 | ± 65 | ± 70 | ± 77 |
| js 11 | ± 30 | ± 37 | ± 45 | ± 55 | ± 65 | ± 80 | ± 95 | ± 110 | ± 125 | ± 145 | ± 160 | ± 180 | ± 200 |
| k 5 | + 4 0 | + 6 + 1 | + 7 + 1 | + 9 + 1 | + 11 + 2 | + 13 + 2 | + 15 + 2 | + 18 + 3 | + 21 + 3 | + 24 + 4 | + 27 + 4 | + 29 + 4 | + 32 + 5 |
| k 6 | + 6 0 | + 9 + 1 | + 10 + 1 | + 12 + 1 | + 15 + 2 | + 18 + 2 | + 21 + 2 | + 25 + 3 | + 28 + 3 | + 33 + 4 | + 36 + 4 | + 40 + 4 | + 45 + 5 |
| m 5 | + 6 + 2 | + 9 + 4 | + 12 + 6 | + 15 + 7 | + 17 + 8 | + 20 + 9 | + 24 + 11 | + 28 + 13 | + 33 + 15 | + 37 + 17 | + 43 + 20 | + 46 + 21 | + 50 + 23 |
| m 6 | + 8 + 2 | + 12 + 4 | + 15 + 6 | + 18 + 7 | + 21 + 8 | + 25 + 9 | + 30 + 11 | + 35 + 13 | + 40 + 15 | + 46 + 17 | + 52 + 20 | + 57 + 21 | + 63 + 23 |
| n 6 | + 10 + 4 | + 16 + 8 | + 19 + 10 | + 23 + 12 | + 28 + 15 | + 33 + 17 | + 39 + 20 | + 45 + 23 | + 52 + 27 | + 60 + 31 | + 66 + 34 | + 73 + 37 | + 80 + 40 |
| p 6 | + 12 + 6 | + 20 + 12 | + 24 + 15 | + 29 + 18 | + 35 + 22 | + 42 + 26 | + 51 + 32 | + 59 + 37 | + 68 + 43 | + 79 + 50 | + 88 + 56 | + 98 + 62 | + 108 + 68 |

js = ± IT/2 (voir tableau 15.24).