

**Alpine A110 Cup :**

*L'entreprise Signatech est chargée du développement de la nouvelle Alpine A110 Cup. Cette voiture reste fidèle au modèle de série avec une adaptation à la compétition*



**La pièce étudiée est le boîtier de différentiel en sortie de boîte de vitesse séquentielle à 6 rapports. La boîte n'est pas de série et est spécifiquement développée par 3MO performances ; cette entreprise étudie et produit des boîtes de vitesses pour la compétition.**

**Cotation de la pièce forgée « Boîtier de différentiel ETLC »**

La pièce est forgée à partir d'un lopin de diamètre  $\varnothing 100$  mm. L'étude porte sur la réalisation de la pièce verticalement. La matière est de l'acier : 18CrNiMo7-6. Densité  $7,82\text{kg/dm}^3$ ,  
Masse de la pièce forgée **Mf = 3.68 kg**.

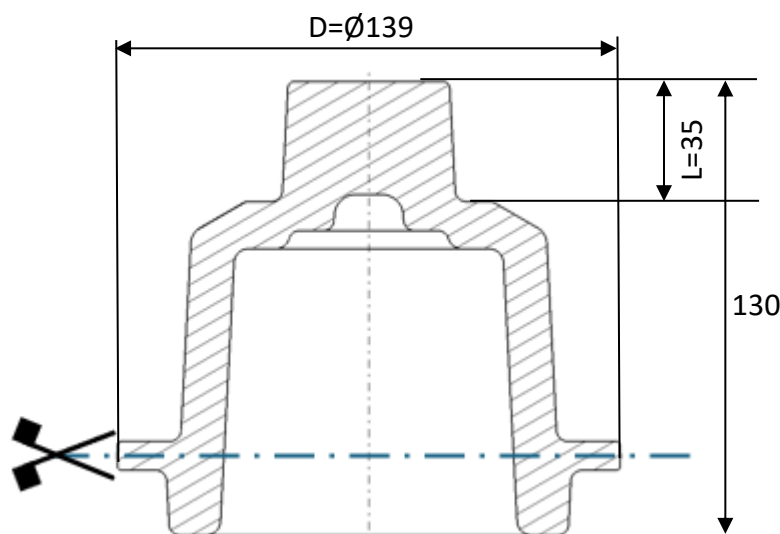
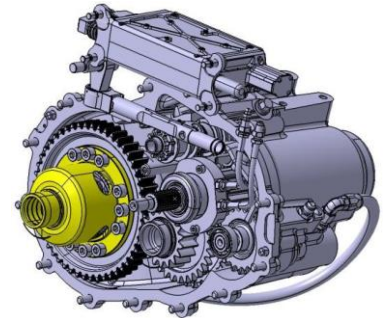


Figure 2 : Dessin de définition partiel du brut forgé

- Déterminer le volume enveloppe cylindrique  $V_e$  de la pièce forgée (la surépaisseur d'usinage est déjà prise en compte)

Application numérique :  $V_e =$

- Quel est le volume de la pièce forgée.

$V_f =$  dm<sup>3</sup>

- Le volume du lopin de départ fait  $V_l = 1,05 \cdot V_f$  pour prendre en considération la perte au feu (perte de matière liée à l'oxydation en surface des pièces chauffées). De quelle hauteur  $h$  doit on couper la barre de  $\varnothing 100$  mm pour obtenir le lopin?

$h =$  mm

- Calculer le coefficient de difficulté de forme  $S$  (Voir les valeurs en Annexe 1) et donner la classe de celle-ci.

$S =$  → S1 S2 S3 S4  
Entourer la bonne réponse

- Quel est la classe de difficulté matière (Annexe 3).

M1 M2 Justification :  
Entourer la bonne réponse

6. Déterminer les intervalles de tolérance  $t_1$  et  $t_2$  des cotes de brut  $D = \varnothing 139$  et  $L = 35$  mm (Figure2)

|            |                   |                                      |
|------------|-------------------|--------------------------------------|
| IT $t_1 =$ | $\varnothing 139$ | $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ |
| IT $t_2 =$ | 35                | $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ |

### Industrialisation - analyse de fabrication

On souhaite vérifier la gamme de fabrication suivante sur plusieurs cotes BE. Gamme de fabrication envisagée :

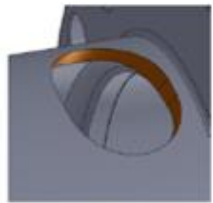
|                                  |                                                                                                                                                                                               | <b>NOMENCLATURE des PHASES</b>             |                                                                                                                                                    | Bureau des méthodes                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ensemble : Boîte de vitesse ETLV |                                                                                                                                                                                               | Elément : Boîtier de différentiel          |                                                                                                                                                    | 1 / 2                                                                                                                                                                         |
| Matière : <b>18 Cr Ni Mo 7-6</b> |                                                                                                                                                                                               | Programme : <b>500 pièces / an / 5 ans</b> |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                               |
| N° phase                         | Opérations                                                                                                                                                                                    | Machines                                   | Observations/Croquis                                                                                                                               |                                                                                                                                                                               |
| Phase 10                         | Forgeage                                                                                                                                                                                      | Presse hydraulique                         |                                                                  |                                                                                                                                                                               |
| Phase 20                         | Tournage CN :<br>- percer $\varnothing 80$<br>- usiner le profil extérieur<br>- usiner le profil intérieur<br>- usiner la gorge (fond de denture)<br>- percer les 12 trous $\varnothing 12.2$ | Tour CN 3 axes                             | Porte-pièce : mandrin 3 mors durs à serrage concentrique.<br>Liaison pivot glissant sur $\varnothing 145$ ;<br>liaison ponctuelle sur bout brut    |                                                                                          |
| Phase 30                         | Tournage CN :<br>- usiner le profil extérieur,<br>- percer $\varnothing 32$ ,<br>- aléser en finition le $\varnothing 34H7$<br>- usiner la rainure hélicoïdale                                | Tour CN 2 axes                             | Porte-pièce : mandrin 3 mors doux à serrage concentrique.<br>Liaison appui plan sur plan A ;<br>liaison linéaire annulaire sur $\varnothing 105g6$ |                                                                                          |
| Phase 40                         | Fraisage CN :<br>- fraiser les 4 lumières à $90^\circ$ ,                                                                                                                                      | Centre d'usinage 4 axes.                   | Porte-pièce : mandrin 3 mors doux à serrage concentrique.<br>Liaison pivot sur $\varnothing 105g6$ ;<br>liaison ponctuelle sur plan D              | <br> |

Figure 4 : Gamme de fabrication

7. Pour les contraintes BM C19, C20, C21 et C22, on considère qu'il est nécessaire de laisser un copeau minimum de 0.6 mm et une épaisseur maximum de 3 mm pour la résistance de l'outil. Donner la cote moyenne et IT.

C19, C20, C21 et C22 = IT

8. Compléter le document réponse N°1 : Graphe des contraintes, valeurs et IT connus, cotes fabriquées et graphe des cotes fabriquées.
9. Sur la base des résultats obtenus sur les documents réponses former le système d'inéquation de résolution des conditions axiales :

$IT\ C_i \geq IT\ C_{f_{j,k}} + IT\ C_{f_{m,n}} + \dots$

10. Résoudre le système d'inéquations par la méthode des  $\Delta L$ .

Quelles sont les cotes les plus difficiles ou impossible ? :

Propositions d'amélioration :

## Annexe 1 : Tolérances des pièces forgées

Tableau 1. — Tolérances (courantes) sur longueurs, largeurs, hauteurs, départ, saillies résiduelles de bavure et plats d'ébavurage pour pièces exécutées sur marteaux-pilons, sur presses et sur machines horizontales à forger.

Pièces exécutées sur marteaux-pilons sur presses et sur machines horizontales à forger - Tolérances sur longueurs, largeurs, hauteurs\*, départ, saillies résiduelles de bavure et plats d'ébavurage  
(\* diamètres et longueurs des pièces exécutées sur machines horizontales à forger)

Nota : Dimension entre un axe et une face, cote partielle d'un côté du joint + 1/3 — 1/3 de la tolérance totale (attention voir § 3.2.1.1. et 9.2.1.2).  
Dimension intérieure : inverser les signes + et —.

| Départ              | Saillie res. bav. (+)<br>Plat d'ébav. (-) | Joint<br>Asymétrique<br>Plan ou<br>symétrique | Masse (kg)<br>de — à (incl.) | Coefficient de<br>difficulté matière | Difficulté<br>forme<br>0.63<br>0.32<br>0.16<br>0.16 | de à (inclus) mm |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |      |
|---------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                     |                                           |                                               |                              |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |      |
|                     |                                           |                                               |                              |                                      |                                                     | M1               | M2 | S1 | S2 | S3 | S4 | 0   | 32  | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 |
| 0.4                 | 0.5                                       |                                               | 0-0.4                        |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2   |     |      |
| 0.5                 | 0.6                                       |                                               | 0.4-1.0                      |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2   | 2.2 |     |      |
| 0.6                 | 0.7                                       |                                               | 1.0-1.8                      |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2   | 2.2 | 2.5 | 2.8 |      |
| 0.7                 | 0.8                                       |                                               | 1.8-3.2                      |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 1.6 | 1.8 | 2   | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.6  |
| 0.8                 | 1                                         |                                               | 3.2-5.6                      |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 1.8 | 2   | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4    |
| 1                   | 1.2                                       |                                               | 5.6-10                       |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 2   | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4   | 4.5  |
| 1.2                 | 1.4                                       |                                               | 10-20                        |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4   | 4.5 | 5    |
| 1.4                 | 1.7                                       |                                               | 20-50                        |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4   | 4.5 | 5   | 5.6  |
| 1.7                 | 2                                         |                                               | 50-120                       |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4   | 4.5 | 5   | 5.6 | 6.3  |
| 2                   | 2.4                                       |                                               | 120-250                      |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 3.2 | 3.6 | 4   | 4.5 | 5   | 5.6 | 6.3 | 7    |
| 2.4                 | 2.8                                       |                                               |                              |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 3.6 | 4   | 4.5 | 5   | 5.6 | 6.3 | 7   | 8    |
| QUALITÉ F (NORMALE) |                                           |                                               |                              |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 4   | 4.5 | 5   | 5.6 | 6.3 | 7   | 8   | 9    |
|                     |                                           |                                               |                              |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 4.5 | 5   | 5.6 | 6.3 | 7   | 8   | 9   | 10   |
|                     |                                           |                                               |                              |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 5   | 5.6 | 6.3 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11   |
|                     |                                           |                                               |                              |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 5.6 | 6.3 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   |
|                     |                                           |                                               |                              |                                      |                                                     |                  |    |    |    |    |    | 6.3 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 14   |

Tableau 3. — Tolérances (courantes) sur épaisseurs pour pièces exécutées sur marteaux-pilons, sur presses et sur machines horizontales à forger, et tolérances sur traces d'éjecteur pour pièces exécutées sur marteaux-pilons et sur presses.

Pièces exécutées sur marteaux-pilons, sur presses et sur machines horizontales à forger - Tolérances sur épaisseurs et sur traces d'éjecteur\*.

\* (Pour pièces exécutées sur marteaux-pilons et sur presses seulement).

| Traces<br>d'éjecteur | Masse (kg)<br>de — à (incl.) | Coefficient de<br>difficulté matière | Coefficient de<br>difficulté de forme<br>0.63<br>0.32<br>0.16<br>0.16 | de à (inclus) mm |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      |                              |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|                      |                              |                                      |                                                                       | M1               | M2 | S1 | S2 | S3 | S4 | 0   | 16  | 40  | 63  | 100 |
| 1                    | 0-0.4                        |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 1   | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 |
| 1.2                  | 0.4-1.2                      |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 |
| 1.6                  | 1.2-2.5                      |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2   |
| 2                    | 2.5-5                        |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2   | 2.2 |
| 2.4                  | 5-8                          |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 1.6 | 1.8 | 2   | 2.2 | 2.5 |
| 3.2                  | 8-12                         |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 1.8 | 2   | 2.2 | 2.5 | 2.8 |
| 4                    | 12-20                        |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 2   | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.2 |
| 5                    | 20-36                        |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.6 |
| 6.4                  | 36-63                        |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4   |
| 8                    | 63-110                       |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4   | 4.5 |
| 10                   | 110-200                      |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 3.2 | 3.6 | 4   | 4.5 | 5   |
| 12.6                 | 200-250                      |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 3.6 | 4   | 4.5 | 5   | 5.6 |
| QUALITÉ F (NORMALE)  |                              |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 4   | 4.5 | 5   | 5.6 | 6.3 |
|                      |                              |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 4.5 | 5   | 5.6 | 6.3 | 7   |
|                      |                              |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 5   | 5.6 | 6.3 | 7   | 8   |
|                      |                              |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 5.6 | 6.3 | 7   | 8   | 9   |
|                      |                              |                                      |                                                                       |                  |    |    |    |    |    | 6.3 | 7   | 8   | 9   | 10  |

## Annexe 2 : Dispersions caractéristiques

| <b><i>ΔI Dispersions générales des surfaces brutes obtenue par :</i></b> | <b><i>Valeurs générales</i></b> |                              |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Moulage au sable par gravité                                             | 0,5                             |                              |
| Moulage en coquille sous pression                                        | 0,1                             |                              |
| Forgeage, laminage                                                       | 0,4                             |                              |
| Sciage mécanique                                                         | 0,5                             |                              |
| <b><i>ΔI Dispersions d'usinage avec :</i></b>                            | <b><i>Mini (Finition)</i></b>   | <b><i>Maxi (Ebauche)</i></b> |
| Butée fixe                                                               | 0,01                            | 0,02                         |
| Butée débrayable                                                         | 0,1                             | 0,2                          |
| Butée à came                                                             | 0,02                            | 0,06                         |
| Butée électromagnétique sans ralentissement                              | 0,1                             | 0,3                          |
| Butée électromagnétique avec ralentissement                              | 0,02                            | 0,06                         |
| Butée électrohydraulique sans ralentissement                             | 0,02                            | 0,14                         |
| Butée électrohydraulique avec ralentissement                             | 0,02                            | 0,04                         |
| Arrêt numérique avec cycle de ralentissement (MOCN)                      | 0,005                           | 0,02                         |
| Commande hydraulique en copiage                                          | 0,03                            | 0,1                          |

| <b><i>ΔI' Reprise sur surface obtenues par :</i></b>             | <b><i>Appui Plan</i></b> | <b><i>Appui ponctuel</i></b> |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Moulage au sable par gravité                                     | 1                        | 1                            |
| Moulage en coquille par gravité                                  | 0,5                      | 0,7                          |
| Moulage en coquille sous pression                                | 0,1                      | 0,3                          |
| Sciage mécanique                                                 | 1                        | 1                            |
| Sciage automatique                                               | 0,1                      | 0,4                          |
| Laminage à chaud - Forgeage                                      | 0,3                      | 0,5                          |
| Etirage à froid                                                  | 0,1                      | 0,3                          |
| Usinage                                                          | 0,02                     | 0,1                          |
| <b><i>ΔI' sur l'axe - Reprise sur montage concentrique :</i></b> | <b><i>de</i></b>         | <b><i>à</i></b>              |
| Trois Mors durs                                                  | 0,3                      | 0,5                          |
| Trois Mors doux                                                  | 0,04                     | 0,1                          |
| Mandrin à pince expansible                                       | 0,02                     | 0,06                         |
| Mandrin hydraulique                                              | 0,02                     | 0,05                         |
| Mandrin à rondelles Ringspann                                    | 0,005                    | 0,02                         |

| <b><i>Perçage Alésage</i></b> | <b><i>Qualités</i></b> |    |
|-------------------------------|------------------------|----|
| Perçage dans le plein         | 13                     | 11 |
| Perçage avec avant trou       | 11                     | 10 |
| Foret aléseur                 | 10                     | 9  |
| Alésoir machine               | 9                      | 7  |

| <b><i>Perçage position de l'axe</i></b>   | <b><i>de</i></b> | <b><i>à</i></b> |
|-------------------------------------------|------------------|-----------------|
| Perçage sans guide affutage normal        | 0,3              | 0,6             |
| Perçage sans guide affutage 2 ou 3 pentes | 0,2              | 0,3             |
| Affutage 2 ou 3 pentes avec pointage      | 0,1              | 0,2             |
| Affutage 2 ou 3 pentes avec guide (canon) | 0,08             | 0,12            |

## Annexe 3 : Règles de difficulté de forgeage

|                               |           |                                                                                                  |
|-------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coeff. difficulté matière (M) | <b>M1</b> | - % de Carbone $\leq 0,65\%$ <b>ET</b><br>- somme des éléments Mn, Ni, Cr, Mo, V et W $\leq 5\%$ |
|                               | <b>M2</b> | - % de Carbone $\geq 0,65\%$ <b>OU</b><br>- somme des éléments Mn, Ni, Cr, Mo, V et W $\geq 5\%$ |
| Coeff. Difficulté forme (S)   |           | S = Masse de la pièce / Masse du solide enveloppe                                                |

## Annexe 4 : Désignation des matériaux (Extrait)

