

## EXAMEN SEMESTRIEL

### Matériaux Métallique

Licence Appliquée en Génie Mécanique LA\_GM1

1<sup>ère</sup> Année

Temps alloué : 1h30min

Janvier 2012

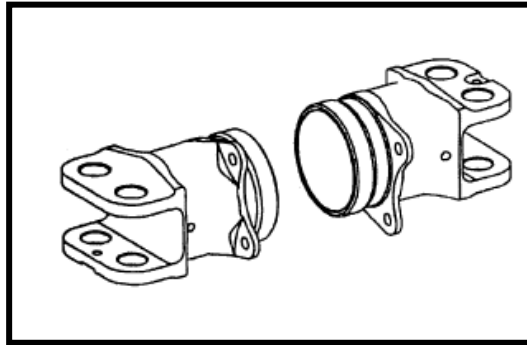
Nom. .... Prénom : ..... Classe : ..... N° de place : .....

Enseignants : Brayek M., Hassine H. &amp; Ben Nasser M.

**DOCUMENTS NON AUTORISES****NB : les parties indépendantes, Gérer bien votre temps et votre concentration.****Mise en situation**

Une entreprise de sous-traitance est spécialisée dans la réalisation d'un ensemble mécanique de précision, elle intervient notamment dans le secteur aéronautique.

La pièce étudiée est un manchon (voir dessin ci-contre) qui fait partie d'un dispositif de transmission susceptible d'équiper certains modèles d'avions. S'agissant d'une pièce de sécurité le cahier des charges doit être strictement respecté.

**Cahier des charges**

Matière: 35 NiCrMo 16

La pièce étudiée est une pièce de sécurité dont les caractéristiques mécaniques requises sont :

- une limite élastique :  $R_{p0,2} > 1000 \text{ MPa}$
- une résistance maximale :  $1150 \text{ MPa} < R_m < 1270 \text{ MPa}$
- $A \% > 10$
- $Z \% > 40$
- $KCU > 60 \text{ J/cm}^2$

**Gamme de fabrication du manchon**

Phase 10 :	Obtention du brut: estampage
Phase 20 :	Recuit d'adoucissement
Phase 30 :	Usinage d'ébauche (le trou diamètre 63,7 est ébauché)
Phase 40 :	Trempe + revenu
Phase 50 :	Contrôles des traitements thermiques
Phase 60 :	Usinage demi finition à l'outil
Phase 70 :	Rectification
Phase 80 :	Perçage
Phase 90 :	Grenaillage de précontrainte
Phase 100 :	Contrôle final



***Preliminaire***

***1. Donner la designation normalisee de l'acier 35NiCrMo16 :***

.....  
.....

***2. Donner la signification des symboles suivant :***

*R<sub>P0.2</sub>* : .....

*R<sub>m</sub>* : .....

*A%* : .....

*Z%* : .....

*KCU* : .....

***3. L'acier 35NiCrMo16 à son état initial (recuit) ne possède pas les propriétés demandées par le cahier de charge, d'où le recours aux traitements thermiques. A cette fin on vous demande de commencer par présenter une définition sommaire à chacun des termes suivants :***

***Austénitisation :***

.....  
.....

***Durcissement par trempe :***

.....  
.....  
.....

***Recuit :***

.....  
.....

***Trempe :***

.....  
.....

***Revenu :***

.....  
.....

***Trempabilité :***

.....  
.....

***Trempe étagée martensitique :***

.....  
.....

**Partie 1 : Transformations isothermes de la nuance 35NiCrMo16 : Diagramme TTT**

L'acier 35NiCrMo16 est un acier allié à trempabilité remarquable. Sa composition chimique permet de mettre par un traitement thermique approprié plusieurs mécanismes de durcissement structurale par la formation de différents carbures d'où la possibilité d'ajuster ses propriétés aux conditions imposées en service. On dispose du diagramme TTT de cette nuance (**Fig. 1**) et on vous demande :

1. À quelle température minimale (en °C) doit être réalisée l'austénitisation de cet acier ? Justifier.

.....  
.....  
Après austénitisation complète de l'acier, on désire obtenir une dureté finale (à température ambiante) égale à 20 HRC.

2. Choisir la température de maintien isotherme après son austénitisation ?

.....  
.....  
3. Après 40 secondes de maintien à cette température, quels sont les constituants en présence dans l'acier ?

.....  
.....  
4. Au bout de combien de temps (en secondes) l'austénite est-elle totalement transformée ?

.....  
.....  
5. Quelles sont alors les constituants en présence ?

.....  
.....  
6. Si l'on avait trempé à l'eau (20 °C) l'acier après 40 secondes de maintien à la température déterminée à la question 2) ci-dessus, quels auraient été les constituants obtenus à la température ambiante (20 °C) ?

.....  
.....  
On vous donne aussi de la courbe de revenu de cet acier (**Fig. 2**).

7. Proposez deux traitements thermiques différents qui conduiront à une dureté finale égale à 44 HRC (**consulter Fig. 1 et Fig. 2**), Pour chacun des deux traitements, préciser clairement chacune des étapes, sa durée (en secondes) et la température à laquelle elle se déroule.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Partie 2 : Transformation anisothermes de l'acier 35CrNiMo16 : Diagramme TRC**

4. Définir le recuit d'adoucissement et justifier son application avant l'usinage de manchon (**ph20**)

.....  
.....  
.....

5. Pourquoi la phase de traitement thermique (**ph40** et son contrôle **ph50**) est planifiée **après** la phase d'usinage en ébauche (**ph30**) et **avant** la phase d'usinage en finition (**ph60**) ?

.....  
.....  
.....

6. Tracer sur la courbe TRC (Fig 3) la loi représentant la vitesse critique de trempe martensitique.
7. Calculer la  $V_{\text{moy}}$  de refroidissement entre  $700^{\circ}$  et  $300^{\circ}$  relative à cette vitesse critique en expliquant votre façon de procéder. Quelles conclusions peut-on en tirer ?

.....

.....

.....

.....

.....

8. Tracez le cycle thermique des traitements en phase 40 et permettant de répondre au cahier des charges. vous précisez les températures de chauffage, les temps de maintien et les modes de refroidissement utilisé.



9. Au cours de la trempe de cet acier le refroidissement du métal est plus rapide en peau qu'à cœur de la pièce (Fig. 4). Il s'établit donc un gradient de température, gradient qui, au cours du refroidissement, croît, passe par un maximum puis décroît.

9.1 A quel instant ce gradient de température est maximal.

.....

.....

9.2 Calculez et comparez les deux vitesses moyennes de refroidissement (peau et cœur)

.....

.....

.....

.....

9.3 Expliquer l'origine de cette différence.

.....

.....

.....

.....

9.4 En chaque point de la pièce, des changements de volume apparaissent, pourquoi ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fig. 1 : Courbes TTT de l'acier 35NiCrMo16

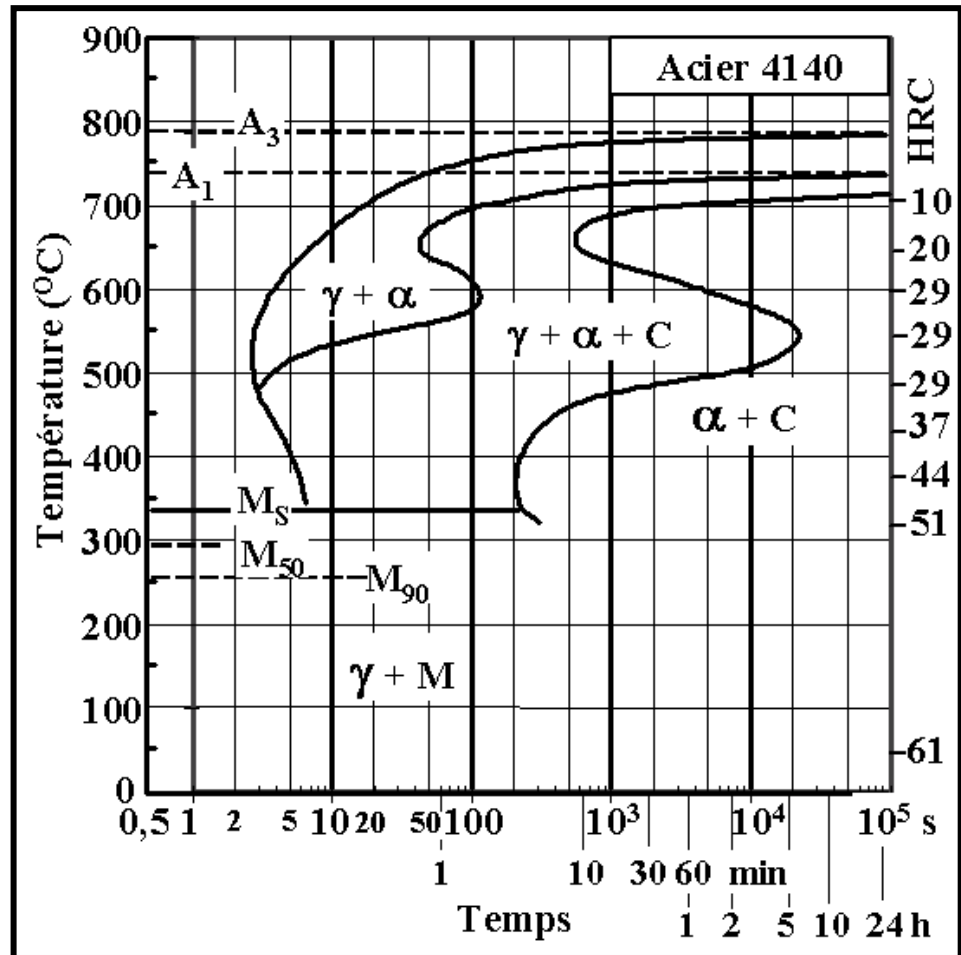
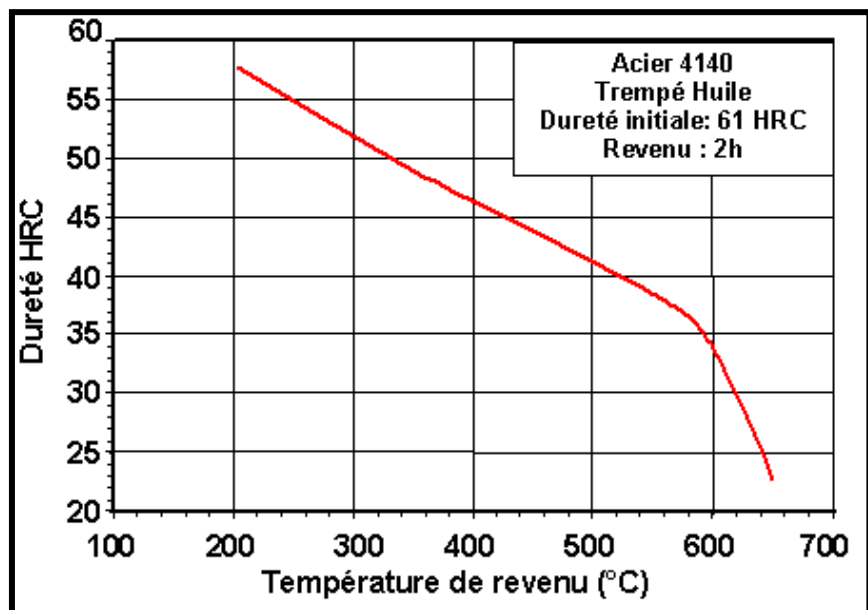


Fig. 2: Courbe de revenu de l'acier 35NiCrMo16



Ne rien écrire ici

Fig. 3 : Courbes TRC de l'acier 35NiCrMo16

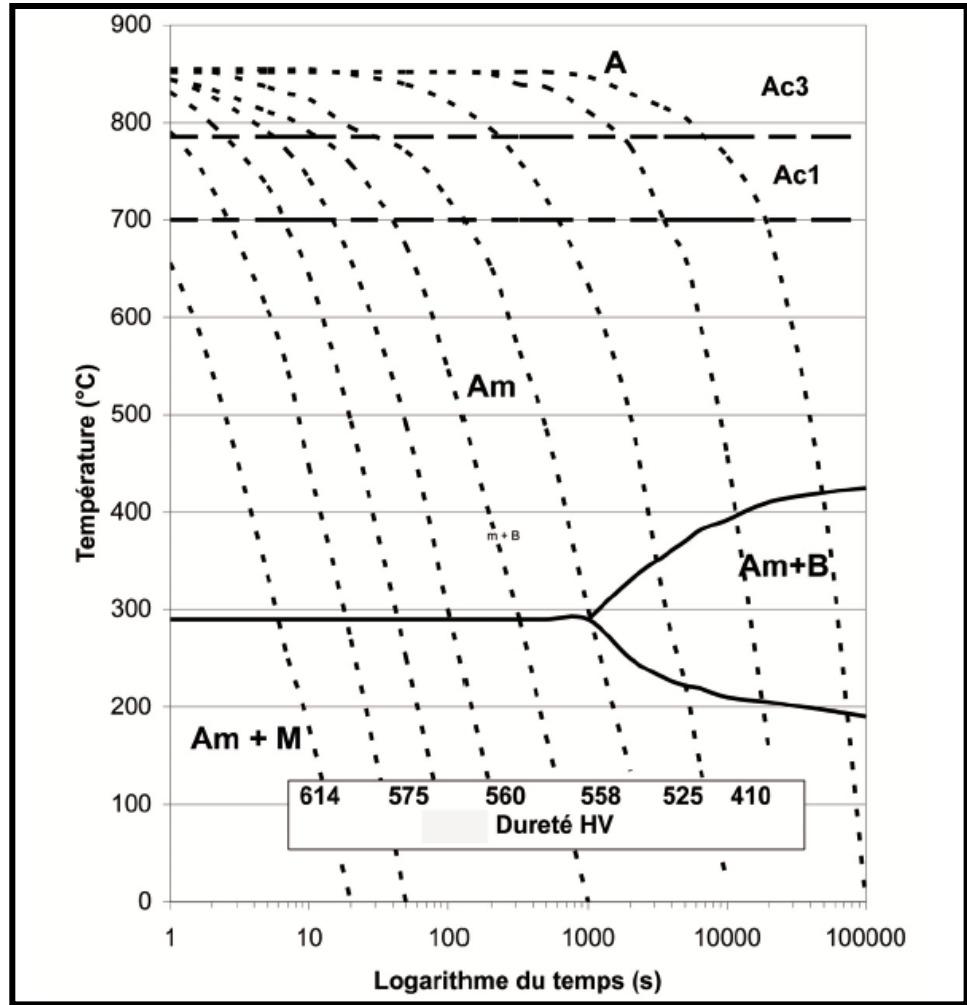


Fig. 4 : Diagramme TRC d'un acier 35NiCrMo16, lois de refroidissement d'un cylindre de 100 mm de diamètre trempé à l'eau agitée et écart de température entre peau et cœur du cylindre traité.

