

# EXAMEN SEMESTRIEL

## Matériaux Métalliques

Licence Appliquée en Génie Mécanique LA\_GMI

1<sup>ère</sup> Année

Durée allouée : 1h30min

Janvier 2011

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

DOCUMENTS NON AUTORISES

### Présentation

Il est bien établi que le principal facteur de durcissement du fer est, en pratique, la **précipitation de carbures**. Ces notions conduisent à la nécessité de «conditionner» correctement la précipitation des carbures, c'est-à-dire de provoquer leur formation au sein des grains de fer en leur donnant une taille la plus proche de la taille optimale. D'un point de vue général, ce résultat est obtenu, pour une large gamme de métaux, par des opérations de traitement thermique qui provoquent des transformations structurales lors d'un refroidissement rapide après austénitisation (cas de trempe) suivi éventuellement par un réchauffage contrôlé (cas de revenu).

Le sujet est constitué de quatre parties indépendantes. Elles peuvent être abordées dans un ordre quelconque.

### PARTIE I. DESCRIPTION METALLURGIQUE D'UN ACIER HYPEREUTECTOÏDE (6 POINTS)

Les aciers hypereutectides sont des nuances à haute teneur en carbone (%C>0.8%), généralement fragiles et constitués d'une matrice perlitique renforcée de fibres de cémentite proeutectoïde structurés en armature selon les joints de grains. La fraction massique et la distribution de ces inclusions dures déterminent essentiellement la grandeur et les mécanismes locaux (à l'échelle de dislocation) de l'écrouissage de ces nuances lors de la déformation plastique. On s'intéresse dans cette première partie à une description métallurgique grossière de l'acier hypereutectoïde **100Cr6** et on vous donne pour cela le diagramme **Fe-Fe<sub>3</sub>C** métastable illustré par la **figure 1**.

1. Donner la signification détaillée de cette désignation

.....

On assimile cet acier à un alliage Fe-Fe<sub>3</sub>C à 1% de carbone et on vous demande :

2. Déterminer les températures : T<sub>0</sub> du début de solidification et T<sub>1</sub> de fin de solidification de cette nuance d'acier.

T<sub>0</sub> = ....., T<sub>1</sub> = .....

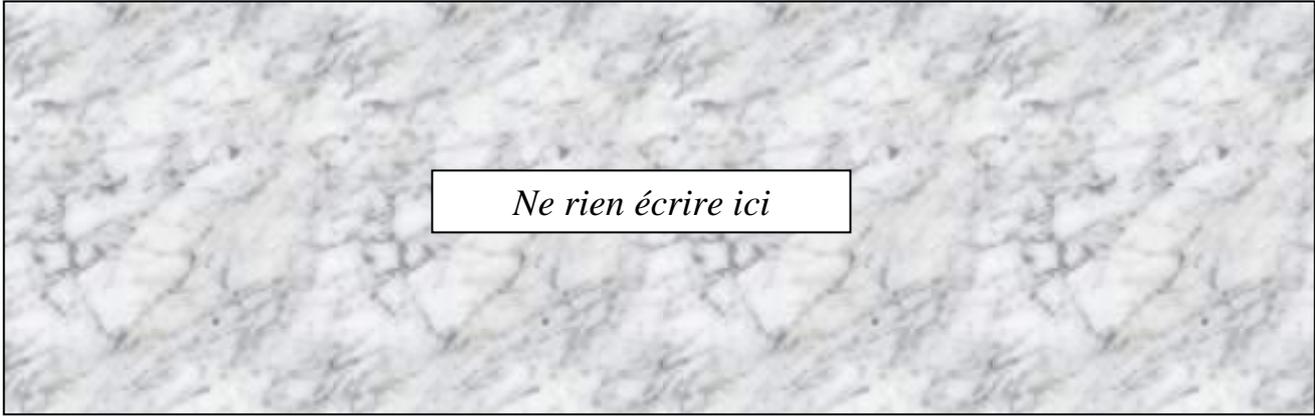
3. Dédurre du diagramme d'équilibre (figure 1) la concentration en carbone du premier germe solide  $\gamma$  formé (à T<sub>0</sub>) ainsi que celle du dernier germe (à T<sub>1</sub>).

Concentration en carbone du premier germe = .....

Concentration en carbone du dernier germe = .....

4. A quelle température débute la formation de la cémentite (la nommer T<sub>2</sub>):

T<sub>2</sub> = .....



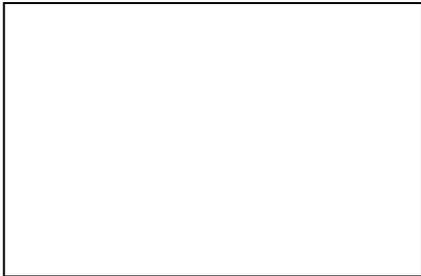
Ne rien écrire ici

5. Quel est le mécanisme de formation de la cémentite Fe<sub>3</sub>C de T<sub>2</sub> à T=727 + ε (en °C) lors de refroidissement dans des conditions d'équilibres. Déduire la fraction massique (par la règle des segments inverses) de cette phase à cette dernière température.

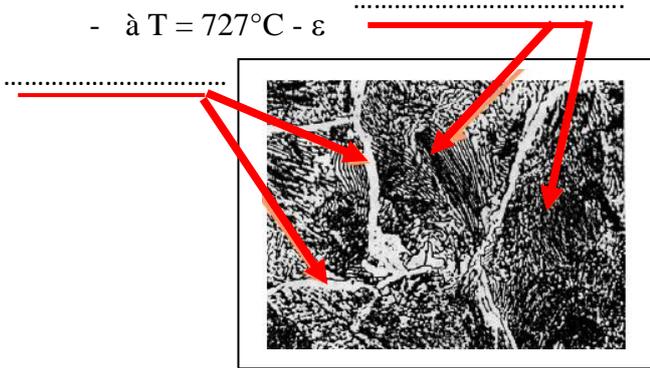
.....  
.....  
.....

6. Schématiser et indexer la structure obtenue légèrement au dessus (727°C +ε) et indexer les phases en présence à 727°C - ε.

- à T = 727°C + ε



- à T = 727°C - ε



7. Quelle influence de la cémentite Fe<sub>3</sub>C sur le comportement en traction (notamment Re, Rm et A%) et sur la dureté de l'acier hypereutectoïde à 1% de carbone. Expliciter la réponse.

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

**PARTIE II. TRANSFORMATION ISOTHERME (5 POINTS)**

On s'adresse dans cette partie aux transformations isothermes de la nuance 25CrMo4 (diagramme TTT de la **figure 2**). On vous demande de répondre aux questions suivantes :

8. Donner la signification détaillée de la désignation 25CrMo4.

.....  
.....

9. Est-il possible de faire une austénitisation à une température comprise entre  $A_{c1}$  et  $A_{c3}$  pour cette nuance. Justifier la réponse.

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

10. Colorier sur le diagramme de la **figure 2** le lieu des points M qui correspond à 50% d'austénite transformé. Indexer le traçage.

11. Etude des transformations à  $T_i = 500^\circ\text{C}$

10.1. Déterminer la durée de la transformation ferritique. Quelle est la dureté résultante.

.....

10.2. Quelles sont les phases en présence à la fin de cette transformation isotherme

.....

12. Choisir la marge des températures  $T_i$  permettant d'avoir une structure purement Bainitique

.....

13. Déduire la marge des duretés résultantes

.....

---

### PARTIE III. TRANSFORMATION ANISOTHERME (6 POINTS)

---

On dispose dans cette partie du diagramme TRC de la même nuance 25CrMo4 (**figure 4**) et on vous demande de répondre aux questions suivantes :

14. Quelles sont les paramètres d'austénitisation de cette nuance. S'agit-il d'une austénitisation complète au partielle.

.....

15. Déduire du diagramme TRC de la **figure 4**, les marges en température et en dureté correspondant aux instants de début de transformation bainitique.

Marge en température : .....

Marge en dureté : .....

16. Remplir le tableau 1 (page 6/6). Effectuer les calculs nécessaires.

.....

.....

17. Choisir les vitesses critiques  $V_{cr1}$  et  $V_{cr2}$  permettant d'avoir une structure exempte de la bainite. Illustrer graphiquement votre réponse sur la **figure 4**.

.....

.....

18. On voudrait effectuer une trempe anisotherme permettant d'avoir 50% de martensite. A ce propos, on vous demande de tracer l'évolution de la loi correspondante et de calculer sa vitesse de refroidissement et d'en déduire sa dureté résultante.

.....

.....

.....

**PARTIE IV. REVENU DE LA NUANCE 25CrMo4 (4 POINTS)**

19. Décrire l'influence de la teneur en molybdène (Mo) et de la température de revenu sur la dureté de cette nuance 25CrMo4 (figure 3).

.....

.....

.....

20. Pour quelle teneur en molybdène (Mo) nous pouvons avoir une dureté comprise entre 45 et 50 HRC pour une marge de température de revenu variant de 500 à 600 °C (figure 3).

.....

21. Pouvez-vous expliquer pourquoi la teneur en Mo n'a pas quasiment d'effet sur la dureté résultante après un revenu à basse température (figure 3).

.....

.....

.....

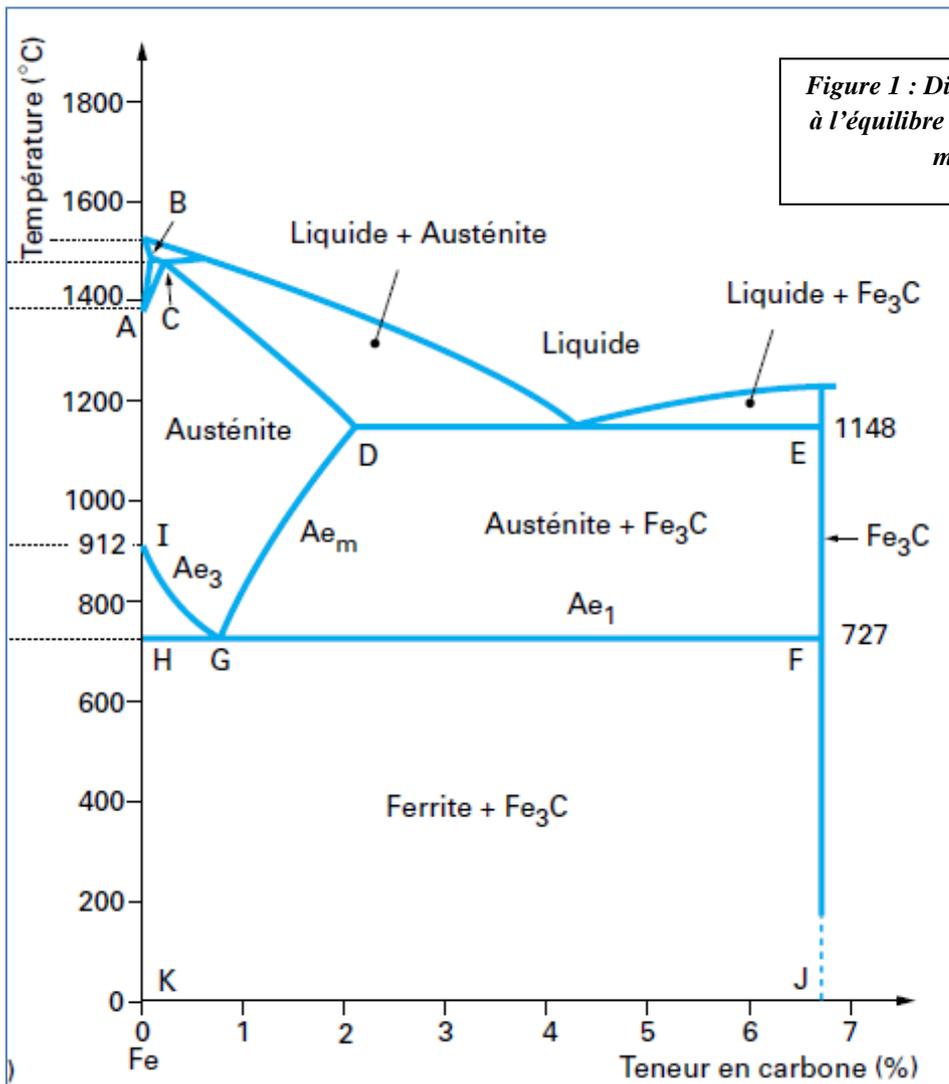


Figure 1 : Diagramme des phases à l'équilibre de l'alliage Fe-Fe<sub>3</sub>C métastable

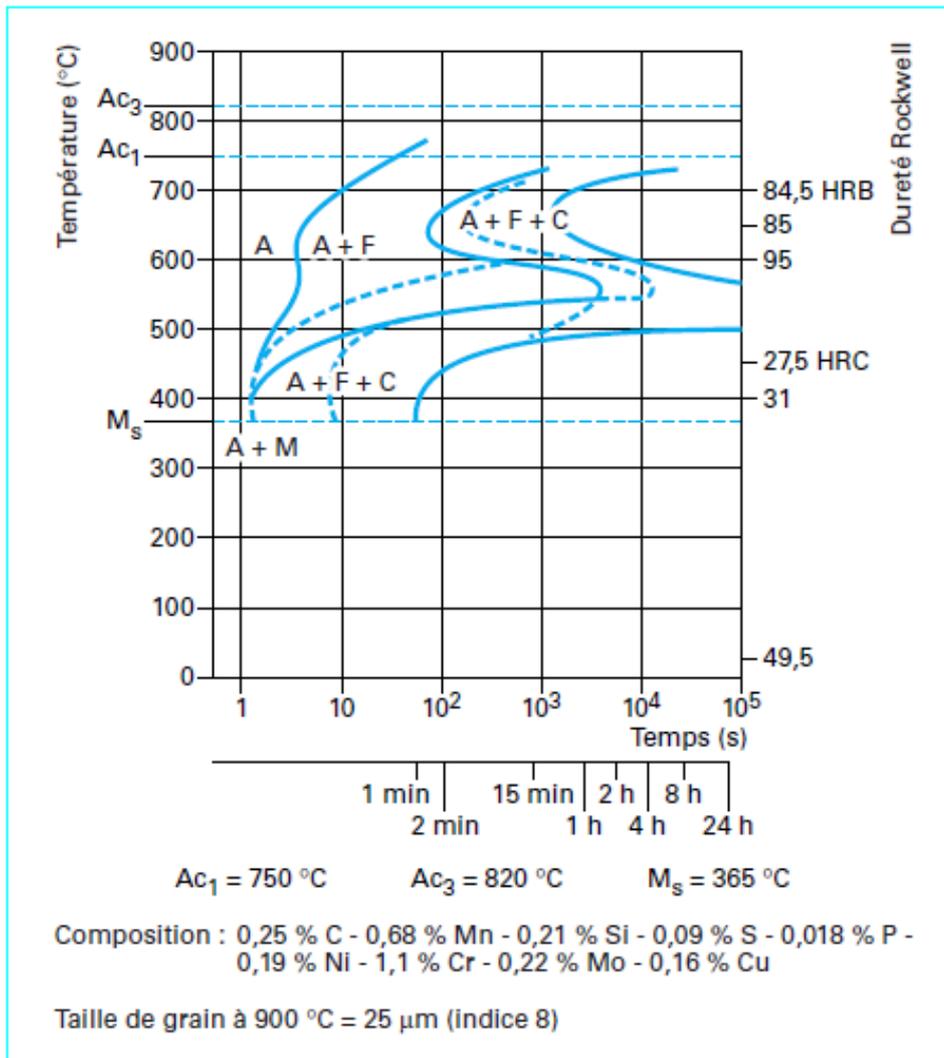
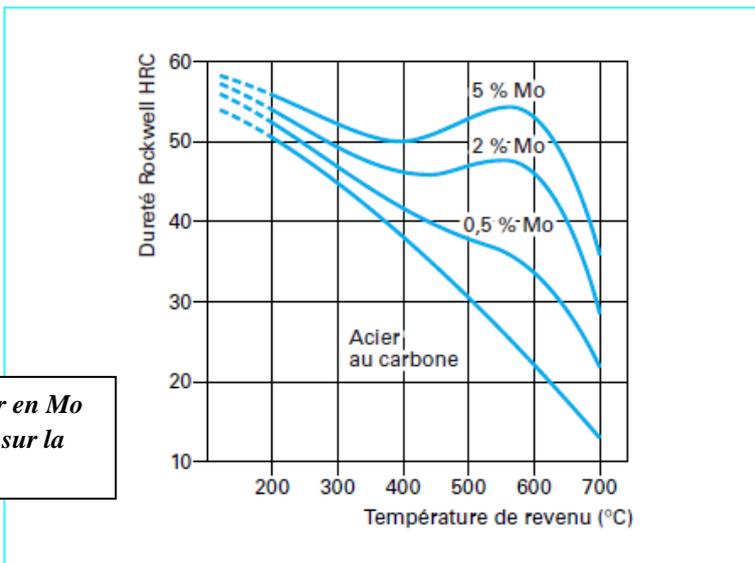


Figure 2 : Diagramme TTT de la nuance 25CrMo4

Figure 3 : Influence de la teneur en Mo et de la température de revenu sur la dureté des aciers



Ne rien écrire ici

Figure 4 : Diagramme TRC de la nuance 25CrMo4

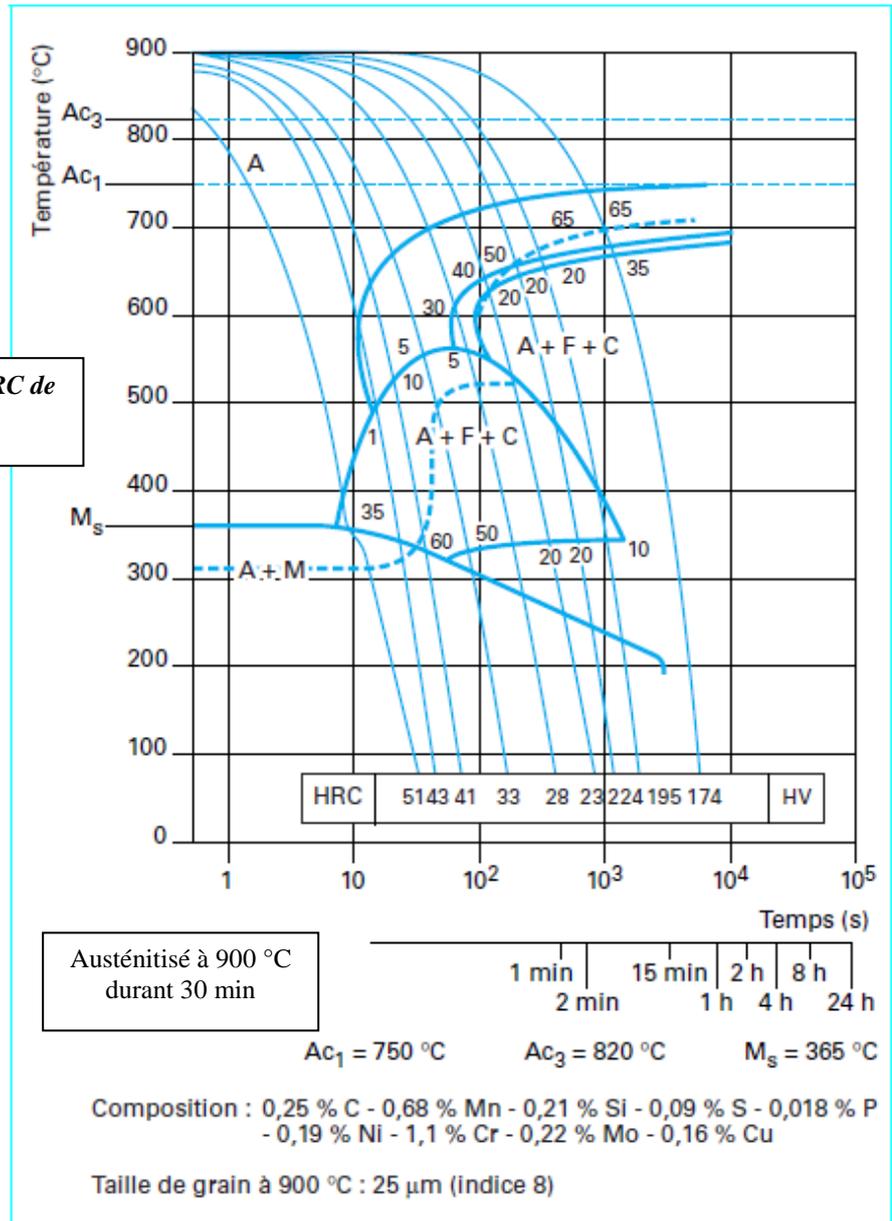


Tableau 1 : Déterminations des phases et des microstructures obtenues par transformations anisothermes des la nuance 25CrMo4

	$\Delta t_{300}^{700}$	$V_r (\Delta t_{300}^{700})$	$Y_F (%)$	$Y_P (%)$	$Y_B (%)$	$Y_{M+Ar} (%)$	Dureté HRC ou HV
Loi N°1							
Loi N°2							
Loi N°3							
Loi N°4							