

**TD4: Diagrammes TRC et TTT (Correction)**

**EXERCICE 1 :**

L'acier 5160 est fréquemment utilisé dans l'industrie automobile pour fabriquer des ressorts hélicoïdaux ou des barres de torsion.

Sa composition chimique (en % massique) est la suivante :

C = 0,6 %, Mn = 0,9 %, Cr = 0,9 %.

Q1- En supposant que cet acier obéit au diagramme

binaires Fe - C, Quels sont les phases

présentes dans cet acier à 724 °C ? Donner leurs

compositions chimiques (en % C) et leurs fractions massiques (en %) ?

Q2- Quelle est la microstructure de cet acier à la température ambiante ? Expliquer pourquoi ?

Q3- Donner la température d'austénitisation de cet acier ?

Ta = .....°C

Q4- Expliquer le choix de cette température d'austénitisation ?

Trois pièces de cet acier 5160 subissent chacune un traitement thermique différent qui conduit aux propriétés mécaniques suivantes :

Pièce	Microstructure	Dureté (HRC)
A	Martensite	65
B	Bainite	50
C	Perlite	40

Q5- Quels sont les programmes des traitements thermiques isothermes (après austénitisation complète) qui ont conduit aux propriétés désirées des pièces A, B et C ? Donnez la température de maintien (en °C) et la durée nécessaire du traitement (en secondes).

Pièce A : (T = ..... °C, t = .....s) ; Pièce B : (T = ..... °C, t = ..... s) ; Pièce C : (T = ..... °C, t = ..... s)

Q6- Quelle serait la microstructure finale et la dureté d'une pièce en acier 5160 qui aurait subi le traitement thermique suivant ?

Austénitisation → Trempe à 410 °C et maintient pendant 100 s → Trempe à l'eau à 25 °C

Q7- Sur le diagramme TTT ci-contre relatif à l'acier

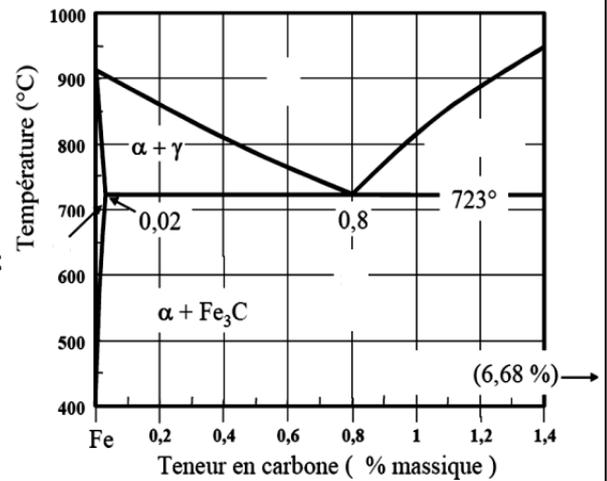


Diagramme Fer - carbone

5160, tracer, à l'aide des couleurs différentes, les

traitements industriels suivants :

- Trempe étagée martensitique (100% Martensite);
- Trempe étagée bainitique (100% Bainite) ;

**Q8-** Quels sont les facteurs qui influent sur la forme et la position du diagramme TTT.

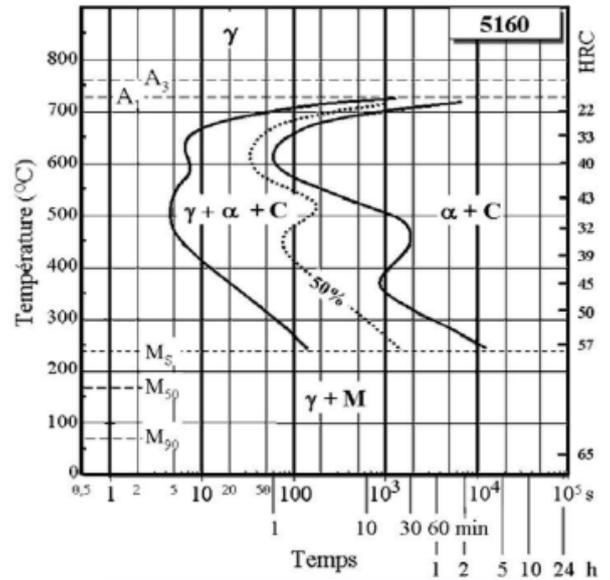
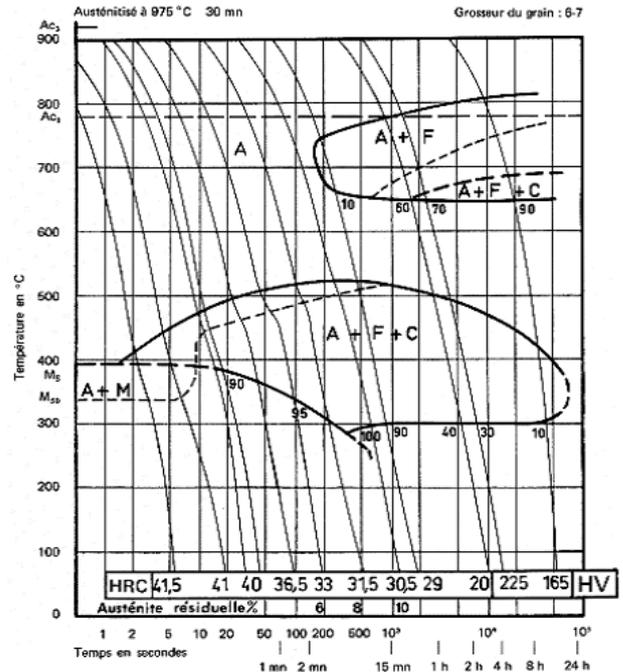
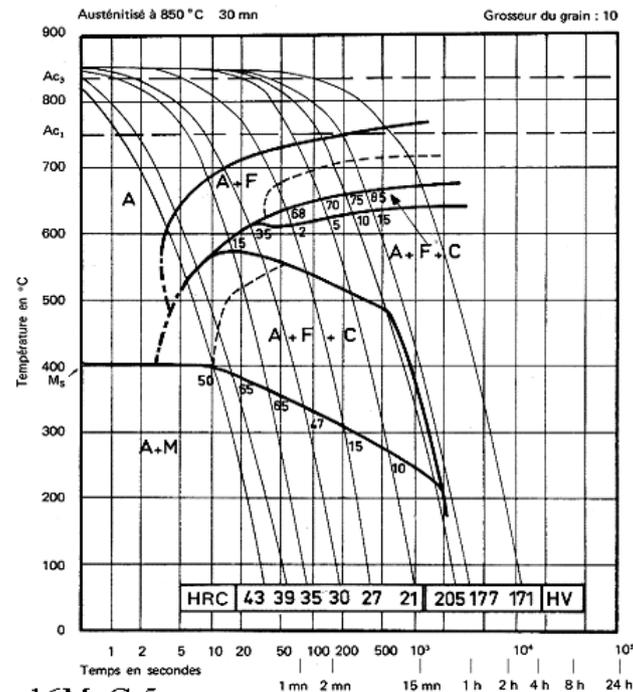


Diagramme TTT de l'acier 5160

**EXERCICE 2 :**

Soient les deux diagrammes TRC des nuances d'aciers 21CrMoV5-7 et 16MnCr5 (Voir les Figures ci-dessous).



21CrMoV5-7

C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	V%
0.18	1.40	0.27	0.025	0.025	0.28	1.02	0.04	0.18	

Diagramme TRC de la nuance 16MnCr5

C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	V%
0.14	0.96	0.15	0.011	0.017	-	1.40	0.96	-	0.270

Diagramme TRC de la nuance 21CrMoV5-7

**Q1-** Donner la signification de la désignation normalisée de chaque nuance ?

21CrMoV5-7 : .....

16MnCr5 : .....

**Q2-** Donner les conditions d'austénitisation pour chaque nuance.

21CrMoV5-7 : ( $T_a = \dots\dots\dots$  °C,  $t_a = \dots\dots\dots$ s)

16MnCr5 : ( $T_a = \dots\dots\dots$  °C,  $t_a = \dots\dots\dots$ s)

**Q3-** Analyser (donner la microstructure finale) les lois de refroidissement conduisant à une dureté égale à 20 HRC pour la nuance 21CrMoV5-8 et 30 HRC pour la nuance 16MnCr5

## Correction

### EXERCICE 1 :

L'acier 5160 est fréquemment utilisé dans l'industrie automobile pour fabriquer des ressorts hélicoïdaux ou des barres de torsion.

Sa composition chimique (en % massique) est la suivante : C = 0,6 %, Mn = 0,9 %, Cr = 0,9 %.

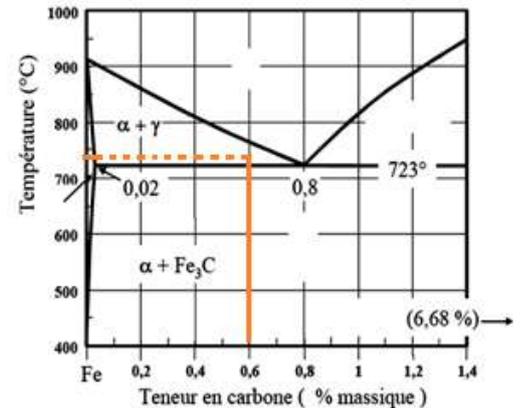
**Q1-** En supposant que cet acier obéit au diagramme binaire

Fe - C,

Quels sont les phases présentes dans cet acier à 724 °C ?

Donner leurs compositions chimiques (en % C) et leurs

fractions massiques (en %) ?



**R1-** Ferrite<sub>proeutectoïde</sub> ( $\alpha$ ) + Austénite ( $\gamma$ )

$$\text{Ferrite}_{\text{proeutectoïde}} (0,02\%C) \quad Y_{\alpha} = \frac{0,8-0,6}{0,8-0,02} \times 100 \approx 25,64 \%$$

$$\text{Austénite} (0,8\% C) \quad Y_{\gamma} = \frac{0,6-0,02}{0,8-0,02} \times 100 \approx 74,36 \%$$

**Q2-** Quelle est la microstructure de cet acier à la température ambiante ? Expliquer pourquoi ?

**R2-** Ferrite<sub>proeutectoïde</sub> ( $\alpha$ ) + perlite ; C'est un acier hypoeutectoïde.

**Q3-** Donner la température d'austénitisation de cet acier ?  $T_a = \dots\dots\dots^{\circ}C$

**R3-**  $T_a = 810^{\circ}C$

**Q4-** Expliquer le choix de cette température d'austénitisation ?

**R4-** C'est un acier hypoeutectoïde donc  $T_a = A_3 + 50^{\circ}C$ , où  $A_3 = 760^{\circ}C$

Trois pièces de cet acier 5160 subissent chacune un traitement thermique différent qui conduit aux propriétés mécaniques suivantes :

Pièce	Microstructure	Dureté (HRC)
A	Martensite	65
B	Bainite	50
C	Perlite	40

**Q5-** Quels sont les programmes des traitements thermiques isothermes (après austénitisation complète) qui ont conduit aux propriétés désirées des pièces A, B et C ? Donnez la température de maintien (en °C) et la durée nécessaire du traitement (en secondes).

**Pièce A :** ( $T = \dots\dots^{\circ}C$ ,  $t = \dots\dots s$ ) ; **Pièce B :** ( $T = \dots\dots^{\circ}C$ ,  $t = \dots\dots s$ ) ; **Pièce C :** ( $T = \dots\dots^{\circ}C$ ,  $t = \dots\dots s$ )

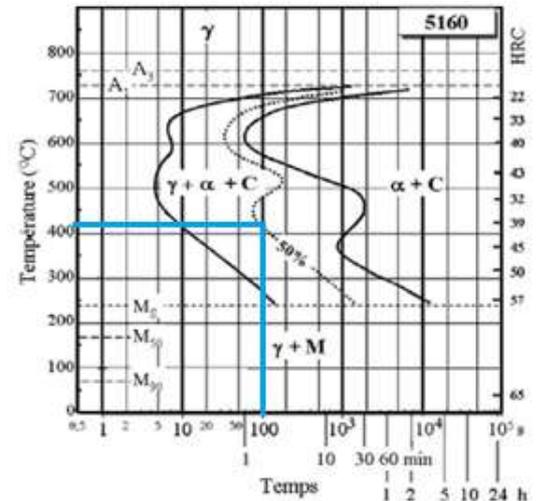
- R5-** Pièce A : (T = 40 °C, t = < 5s)  
 Pièce B : (T = 320 °C, t = 1800 s)  
 Pièce C : (T = 600 °C, t = 60 s)

**Q6-** Quelle serait la microstructure finale et la dureté d'une pièce en acier 5160 qui aurait subi le traitement thermique suivant ?

Austénitisation → Trempe à 410 °C et maintien pendant 100 s → Trempe à l'eau à 25 °C

- R6-** 50% bainite + 50% martensite  
 Dureté 42 HRC

Diagramme TTT de l'acier 5160



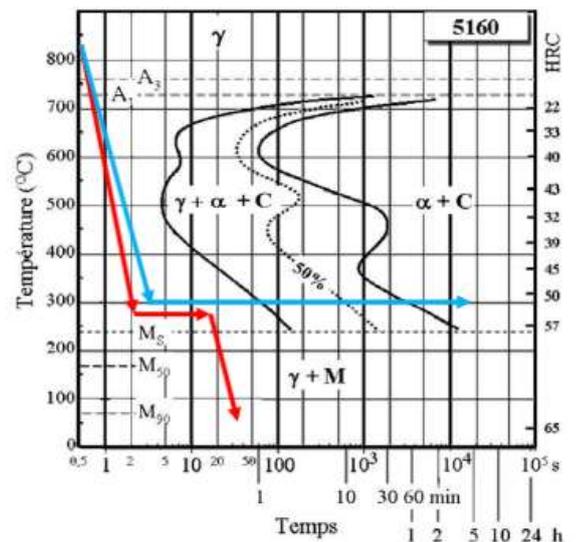
**Q7-** Sur le diagramme TTT ci-contre relatif à l'acier

5160, tracer, à l'aide des couleurs différentes,

les traitements industriels suivants :

- Trempe étagée martensitique (100% Martensite);
- Trempe étagée bainitique (100% Bainite) ;

- R7-** Diagramme TTT de l'acier 5160



**Q8-** Quels sont les facteurs qui influent sur la forme et la position du diagramme TTT.

- R8-** - Les éléments d'alliages. - Les conditions d'austénitisation.

**EXERCICE 2 :**

Soient les deux diagrammes TRC des nuances d'aciers 21CrMoV5-7 et 16MnCr5 .

**Q1-** Donner la signification de la désignation normalisée de chaque nuance ?

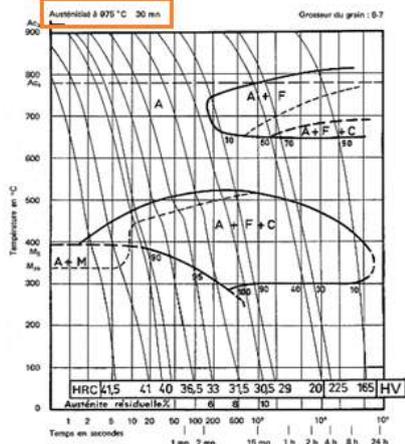
- R1 :**  
**21CrMoV5-7 :** acier faiblement allié à 0.21%C, 1.25% de chrome et 0.7% de molybdène et quelque trace de vanadium.  
**16MnCr5 :** acier faiblement allié à 0.16%C, 1% de manganèse et quelque trace de chrome.

**Q2-** Donner les conditions d'austénitisation pour chaque nuance.

**R2 :**

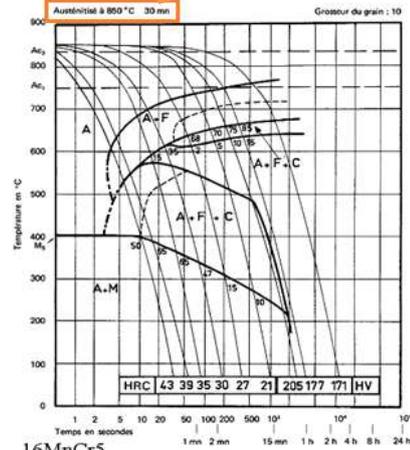
**21CrMoV5-7 :** ( $T_a = 975\text{ °C}$ ,  $t_a = 1800s$ )

**16MnCr5 :** ( $T_a = 850\text{ °C}$ ,  $t_a = 1800s$ )



21CrMoV5-7

C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	V%
0.74	0.96	0.15	0.011	0.017	-	1.40	0.96	-	0.270



16MnCr5

C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	V%
0.18	1.40	0.27	0.025	0.023	0.28	1.02	0.04	0.18	-

**Q3-** Analyser (donner la microstructure finale) les lois de refroidissement conduisant à une dureté égale à 20 HRC pour la nuance 21CrMoV5-8 et 30 HRC pour la nuance 16MnCr5

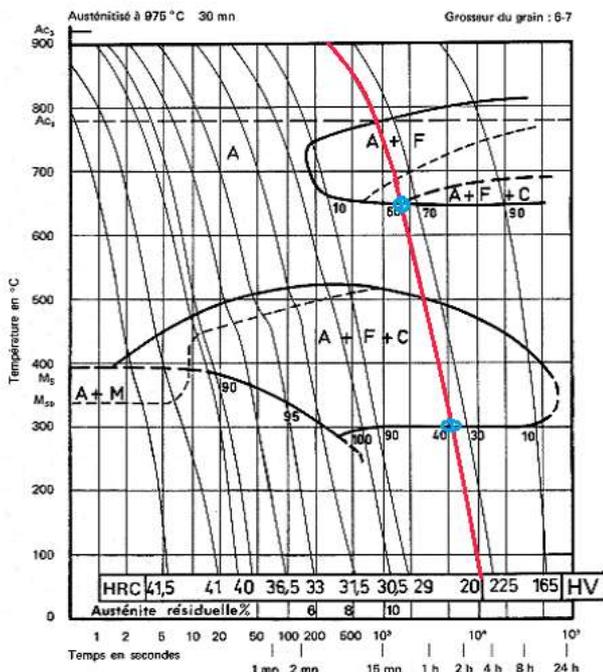
**R3 :**

**21CrMoV5-7 (20HRC)**

**16MnCr5 (30HRC)**

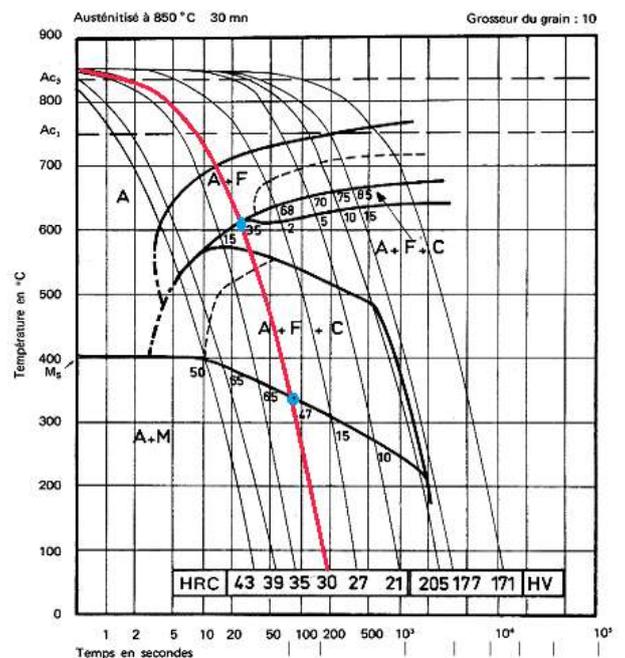
Microstructures : 60% ferrite + 40% bainite

Microstructures : 35% ferrite + 47% bainite + 18% martensite



21CrMoV5-7

C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	V%
0.14	0.96	0.15	0.011	0.017	-	1.40	0.96	-	0.270



16MnCr5

C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	V%
0.18	1.40	0.27	0.025	0.023	0.28	1.02	0.04	0.18	-

**Référence :**

1- Adnene TLILI, EXAMENS CORRIGÉS-SCIENCES DES MATÉRIAUX-, 2014 / 2015.