



Filière:	Mouliste
Épreuve:	Sciences des matériaux

Durée:	2h
Coefficient:	15

Le dossier comprend :

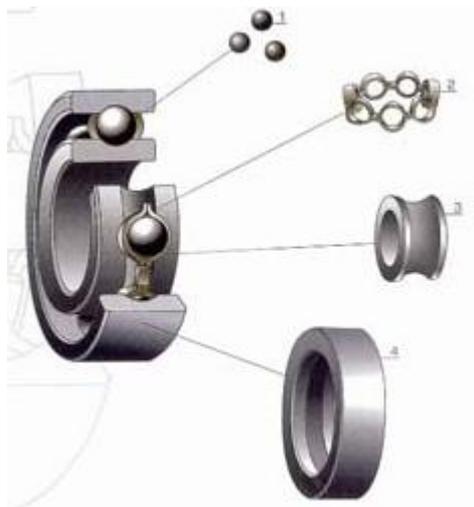
- Le sujet (de la page 1/8 à la page 4/8)
- Documents ressources (de la page 5/8 à la page 8/8)

Barème .. /20

Questions	1-1	1-2-1	1-2-2	1-2-3	1-2-4	1-2-5		
Points	1	1	0.5	1.5	1.5	3		
Questions	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5-1	2-5-2	2-6	2-7
Points	1	1	1.5	2	1	1	2	2

Présentation de l'objet d'étude

L'accroissement continu des performances des roulements et de leur durée de vie repose sur un progrès technologique constant à trois niveaux : la conception, le matériau et la fabrication.



-Sujet-

Conception :

La conception a pour objectif de déterminer la géométrie interne du roulement en respectant une enveloppe normalisée. Le roulement doit satisfaire le plus grand nombre possible d'applications tout en arrivant au meilleur compromis coût/performance.

L'optimisation porte sur les éléments du roulement: corps roulants (nombre, dimensions, profil), chemins de roulement (profil), cage (matériau, dessin), ainsi que sur les joints d'étanchéité en tenant compte :

- de la résistance mécanique des matériaux,
- des moyens de fabrication,
- du prix de revient.

Matériaux et traitements thermique

Pour chaque nuance, on définit des cahiers des charges extrêmement précis et exigeants qui portent sur les points suivants :

- le mode d'élaboration de l'acier,
- la composition chimique,
- la dureté, l'aptitude au durcissement de trempe,
- la macrostructure et la santé macrographique,
- la micro-structure et la micro-propreté,
- l'endurance,

Le contrôle préalable du matériau est effectué par examen métallographique et spectrographique complété par des essais au banc.

Applications standard :

Exigences	Propositions								
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Grande résistance à la fatigue et à l'usure. ▶ Peut accepter une dureté identique entre cœur et surface. 	<p>▶ 100Cr6 (AFNOR) : acier au chrome à haute teneur en carbone Cet acier très couramment utilisé présente de nombreux avantages : propreté, aptitude à la trempe sans carburation, flexibilité du traitement thermique. Notre suivi qualité continu des matériaux nous a permis d'augmenter de manière importante l'endurance de ce type d'acier.</p>								
	<p>▶ Composition chimique</p> <table style="margin-left: 200px; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">C</td> <td>de 0,98 à 1,10 %</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>de 0,15 à 0,35 %</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>de 0,25 à 0,45 %</td> </tr> <tr> <td>Cr</td> <td>de 1,30 à 1,60 %</td> </tr> </table>	C	de 0,98 à 1,10 %	Si	de 0,15 à 0,35 %	Mn	de 0,25 à 0,45 %	Cr	de 1,30 à 1,60 %
	C	de 0,98 à 1,10 %							
	Si	de 0,15 à 0,35 %							
Mn	de 0,25 à 0,45 %								
Cr	de 1,30 à 1,60 %								
<p>▶ Caractéristiques mécaniques</p> <table style="margin-left: 200px; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Coefficient de dilatation</td> <td>: $C1=12 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$</td> </tr> <tr> <td>Module d'élasticité</td> <td>: $E = 205\,000 \text{ N/mm}^2$</td> </tr> <tr> <td>Coefficient de Poisson</td> <td>: $\eta = 0,3$</td> </tr> </table>	Coefficient de dilatation	: $C1=12 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$	Module d'élasticité	: $E = 205\,000 \text{ N/mm}^2$	Coefficient de Poisson	: $\eta = 0,3$			
Coefficient de dilatation	: $C1=12 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$								
Module d'élasticité	: $E = 205\,000 \text{ N/mm}^2$								
Coefficient de Poisson	: $\eta = 0,3$								
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 100 Cr6 refondu sous vide lorsqu'un gain de performance dans une même enveloppe est absolument nécessaire ▶ XC68 pour les roulements réalisés à partir de feuillard 									

L'acier au chrome **100 Cr6** pour roulements est utilisé pour la fabrication des **bagues** et des **billes** des roulements standards. Le principe du traitement thermique de l'acier à roulement est de lui donner une structure martensitique qui lui confère :

- la dureté requise (**62 HRc** environ),
- la résistance à la fatigue,
- la stabilité dimensionnelle, nécessaires pour couvrir la majorité des applications.

Il comprend :

- **avant trempe**, une phase d'austénitisation à haute température au-dessus du point de transformation.
- **plusieurs types de trempe** de l'acier **100 Cr6** sont adaptés aux exigences de l'application.
Par exemple :

La trempe martensitique qui permet d'obtenir, à l'aide de revenus judicieusement choisis, des compromis parfaitement maîtrisés entre l'aptitude à résister aux contraintes de Hertz et la stabilité dimensionnelle, donc le maintien de la précision géométrique des roulements dans les conditions les plus générales d'utilisation.

La trempe superficielle des chemins de roulement et des surfaces utiles (faces d'appui par exemple), le cœur de la pièce restant à l'état métallurgique initial.

La trempe bainitique qui permet d'obtenir dans la masse et sur les pistes un compromis intéressant entre la dureté et la ténacité.

- **Un revenu** ; un traitement spécifique vise à conférer à l'acier les meilleures propriétés mécaniques pour une application déterminée.

I. Analyse de la matière

1-1 décoder la désignation de la nuance d'acier proposée.

1-2 A l'aide du diagramme binaire métastable Fe-C,

1-2.1 Quel est la structure cristalline de la phase austénitique γ ? schématisez-la en précisant les paramètres a , b , c , α , β et γ .

1-2.2 Combien y-a-t-il d'atome de Fer γ par maille ?

1-2.3 A l'aide du diagramme binaire Fe-C, combien y a-t-il de réactions isothermes sur ce diagramme ? Identifiez-les en donnant la température, les réactions ainsi que les phases en présence.

1-2.4 A la température 730°C, quels sont les constituants présents dans cet alliage ?

1-2.5 Etudier le refroidissement de cet acier, de 1400°C à la température ambiante. En précisant les proportions massiques des constituants aux températures particulières et en schématisant la structure.

II. Traitement thermique des bagues internes et externes

- 2-1 Quel sont les deux conditions nécessaire pour effectuer une austénitisation ?
- 2-2 Quel est la température d'austénitisation de l'acier 100Cr6 ?
- 2-3 Donner brièvement la description de la trempe Martensitique.
- 2-4 A l'aide du diagramme TTT donnez les conditions de maintien isotherme pour effectuer une trempe bainitique totale.
- 2-5 On cherche généralement dans ce cas à obtenir la dureté maximale pour la nuance d'acier 100Cr6
- 2-5-1 D'après le diagramme **TRC**, quelle est la vitesse de refroidissement de la loi qui permet d'avoir une dureté maximale ?
 - 2-5-2 Donner la composition des constituants qui apparaisse successivement ainsi que la dureté HRC obtenue suivant cette loi (Table de conversion dureté).
- 2-6 Afin de respecter le cahier des charges (avoir une dureté de 62HRc) et à l'aide du diagramme de revenu,
- 2-6.1 Donner l'intervalle de températures retenues pour ce traitement.
 - 2-6.2 Déterminer les valeurs finales des caractéristiques A%, Rp0.2, K2 et Rm obtenues à la fin de ce revenu

-Documents ressources-

Gamme de fabrication

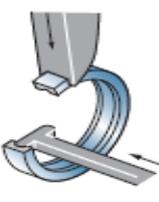
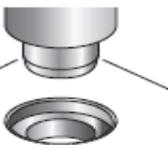
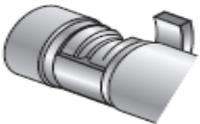
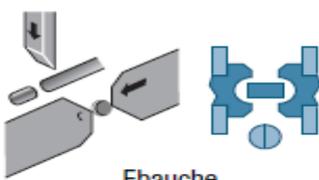
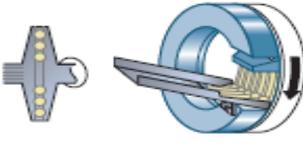
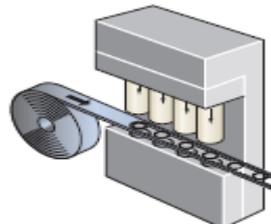
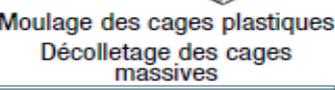
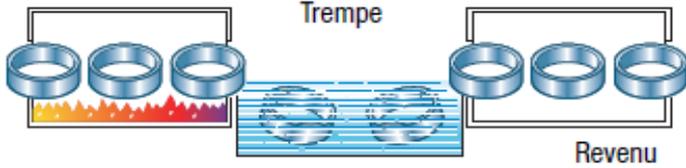
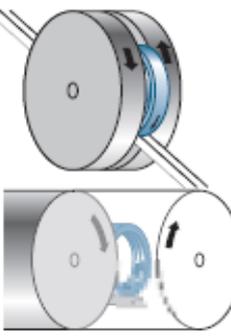
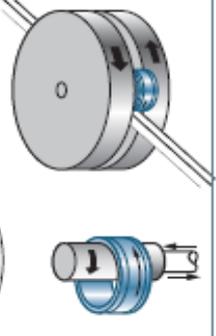
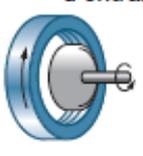
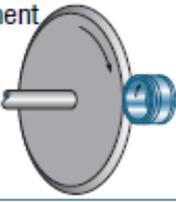
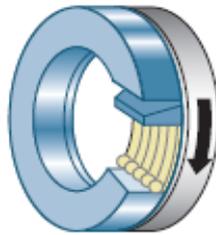
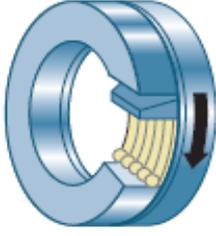
Opération	Bagues Tubes, barres	Corps roulants Fils	Cage Feuilles
Matière			
Mise en forme	<p>Décolletage</p>  <p>Forgeage</p>  <p>Roulage</p> 	<p>Coupe et frappe du lopin</p>  <p>Ebauche</p> 	<p>Emboutissage des cages en tôle</p>  <p>Moulage des cages plastiques</p> <p>Décolletage des cages massives</p> 
Traitement thermique	<p>Trempe</p>  <p>Austénisation</p> <p>Revenu</p>		
Finition	<p>Rectification</p> <p>Bague extérieure</p>  <p>Bague intérieure</p>  <p>Meule</p>  <p>Cylindre d'entraînement</p>  <p>Superfinition</p>	<p>Rectification sur meule</p>  <p>Rodage par pâte abrasive entre 2 plateaux</p> 	
Montage du roulement	<p>Lavage, Marquage, Contrôle final, Emballage</p> 		

Table de conversion des Duretés et Résistances

Table de conversion des duretés et résistances à la traction de l'acier				
Brinell HB (P = 30 D ²)	Rockwell		Vickers HV (P = 30 kg)	Résistance à la traction (MPa)
	HRB	HRC		
340		34,9	340	1125
350		36,0	350	1156
359		37,0	360	1186
368		38,0	370	1217
376		38,9	380	1247
385		39,8	390	1278
392		40,7	400	1308
400		41,5	410	1339
408		42,4	420	1369
415		43,2	430	1400
423		44,0	440	1430
430		44,8	450	1460
		45,5	460	
		46,3	470	
		47,0	480	
		47,7	490	
		48,3	500	
		49,0	510	
		49,7	520	
		50,3	530	
		50,9	540	
		51,5	550	
		52,1	560	
		52,8	570	
		53,3	580	
		53,8	590	
		54,4	600	
		54,9	610	
		55,4	620	
		55,9	630	
		56,4	640	
		56,9	650	
		57,4	660	
		57,9	670	
		58,4	680	
		58,9	690	
		59,3	700	
		60,2	720	
		61,1	740	
		61,9	760	
		62,8	780	
		63,5	800	
		64,3	820	
		65,0	840	
		65,7	860	
		66,3	880	
		66,9	900	
		67,5	920	
		68,0	940	

Diagramme binaire Fe-C

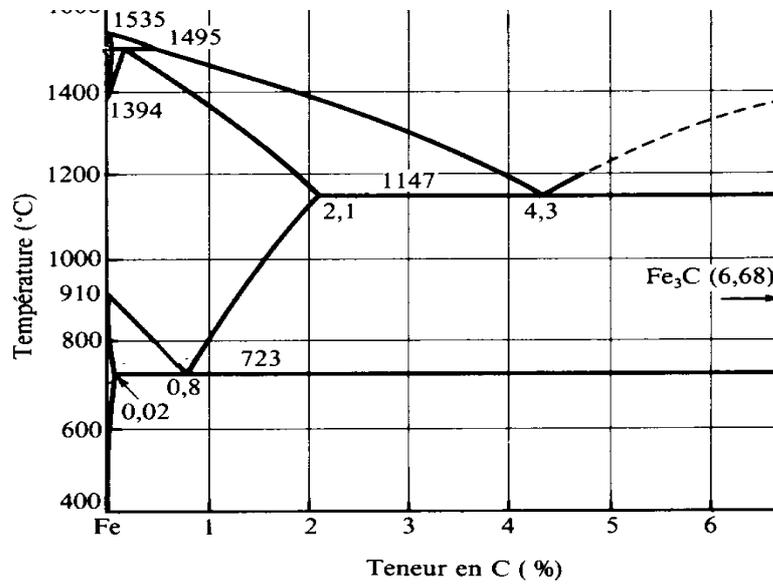


Diagramme TTT de 100Cr6

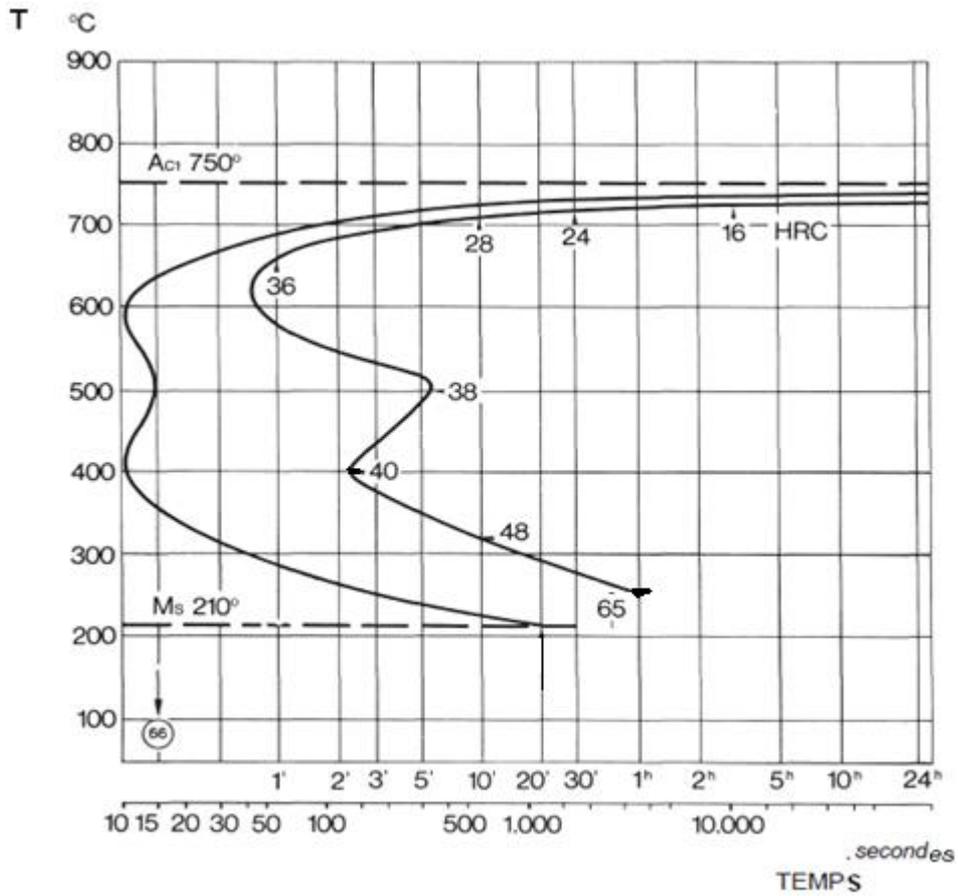


Diagramme TRC de 100Cr6

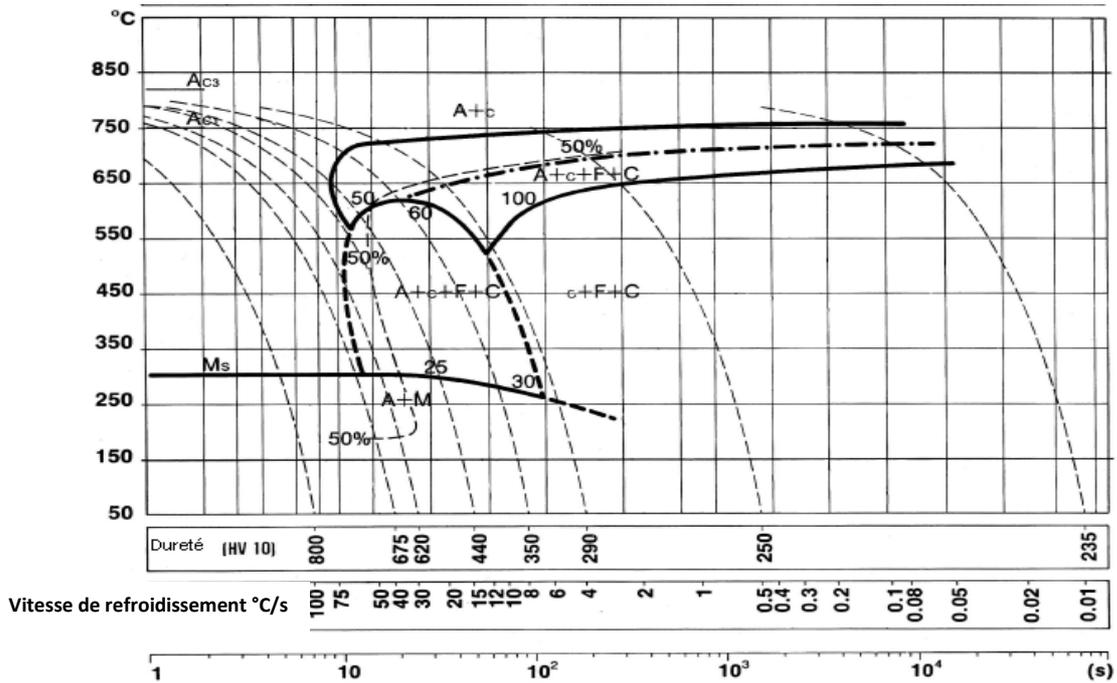


Diagramme de revenu de 100Cr6

