

13,5
20

DS de MATÉRIAUX

I. TRAITEMENTS THERMIQUES

1°. On demande les vitesses critiques, soit donc

À gauche, la vitesse critique de tremp

$$V_{c.tr.} = \frac{700 - 300}{t_{300} - t_{700}} \quad (\text{lues sur la courbe TRC})$$

$$= \frac{700 - 300}{16 - 2} = 28,57^\circ\text{C/s.}$$

De même, à droite, on calcule la vitesse critique de recuit.

$$V_{c.r.} = \frac{700 - 300}{\underbrace{(7 - 2)}_{\text{heures}} \times 3600} = 0,02^\circ\text{C/s.}$$

On a donc obtenu les deux vitesses critiques demandées

2°) → 200°C en 200 secondes

La structure observée, obtenue en suivant la courbe appropriée sur le diagramme TRC, nous donne :

50% Bainite et 50% Martensite + Austénite résiduelle pour une durée de 49 HRC.

→ 200°C en 10000 secondes

Sur le même graphique, on lit :

30% ferrite, 10% de perlite, 60% de bainite pour une durée de 29 HRC

3°) On désire une trempe complète à cœur dans l'eau et dans l'huile.

Trempe complète à cœur signifie, transformation totale de l'austénite en martensite et austénite résiduelle (100%) donc en un temps maximal de 50 seconde

9. Cela signifie que pour l'eau, on pourra tremper jusqu'à pour des diamètres de 40 mm [diamètres 10 à 40 compris]

Pour l'huile, on ne pourra pas tremper, le temps minimal pour le plus faible diamètre étant de 100 à 200 secondes.

4°) On regarde ici le graphe III.

On constate donc que l'acier ne se prête pas à la trempe martensitique, le délai de maintien étant vraiment trop court (entre 4 et 5 secondes!)

Par contre, la trempe bainitique peut, elle, être envisagée, puisque les temps de maintien peuvent aller jusqu'à 500 secondes.

5°) La structure micrographique sera la suivante
ferite et perlite pour une dureté de 22,5 HRC
100%

6°) La structure micrographique sera:

ferite, bainite et martensite + Austénite résiduelle.

environ 50% (quasiment) 50%

La dureté sera de $0,5 \times 26 + 0,5 \times 57,5$ dureté de la martensite + Austénite résiduelle.
entre 22,5 et 30
 $= 41,75 \text{ HRC}$

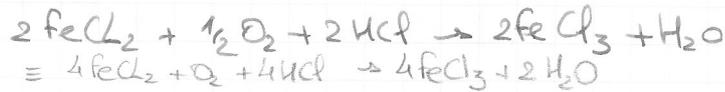
7°) On utilise le terme "petit" car il faut éviter l'effet de masse (pièces volumineuses et massives) qui génère des problèmes de type gradient thermique entre cœur et peau, topures de trempe, etc...

L'objectif est d'utiliser de petits échantillons pour "s'affranchir" de ces problèmes.

CORROSION

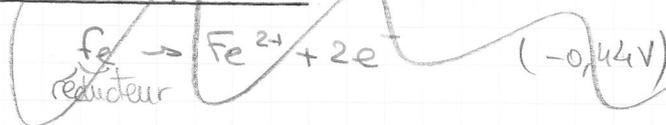
Exercice 1

Sait donc la réaction



Les 2 demi réactions sont les suivantes

→ réaction d'oxydation :



L'oxydation a lieu si le potentiel de l'espèce oxydante est supérieur à celui du réducteur.

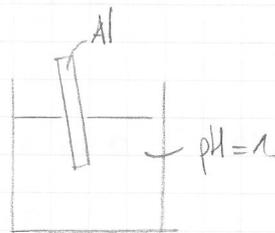
→ réaction de réduction :



→ Le fer va céder 2 électrons à H^+ (oxydant) qui les accepte. Cependant la réaction d'oxydation va s'effectuer 2 fois plus vite que celle de réduction car l'ion H^+ a besoin de 4 électrons (le fer n'en fournit que 2 à chaque fois). La réaction d'oxydation aura donc lieu 2 fois pour une réaction de réduction.

Le fer va donc ainsi se détruire sous forme d'ions (état stable auquel il tend à revenir) et 4H^+ , O_2 et les électrons captés vont former de l'eau.

Exercice 2



$$[\text{H}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

On se place à $T = 25^\circ = 298 \text{K}$



$$E = E_0 - \frac{0,314 \cdot 293}{3 \times 96500} \ln \frac{[\text{Al}]}{[\text{Al}^{3+}]} \quad E_0 = -1,67 \text{V}$$

$$= -1,67 + 0,0387 = -1,63 \text{ Volts}$$

En a l'autre réactif :



Le potentiel est de

$$E = E_0 - \frac{0,314 \times 293}{2 \times 96500} \ln \frac{[H_2]^{1/2}}{[H^+]^2} \quad E_0 = 0V$$

$$= E_0 + 0,01262 \cdot 2 \ln [H^+] \quad \text{or} \quad 10^{-pH} = [H^+]$$

$$d'ou = 0,01262 \times 2 \ln (10^{-1})$$

$$= -0,058 \text{ Volts}$$

III - QUESTIONS

1. C'est faux : le revenu est un traitement consécutif à la trempe, qui a pour but d'augmenter la ductilité de ce dernier et donc à le rendre moins fragile (et usinable). Après une trempe, le pièce est généralement trop dure et trop fragile d'où l'utilité de ce traitement (y compris pour son usinabilité donc)

2. En théorie, les métaux peuvent subir une trempe de type martensitique ; mais il faut pour cela regarder le diagramme TTT. En effet, en pratique, le refroidissement ne sera pas instantané et donc dans certains cas, ne conduira pas à une trempe "totallement" martensitique.

3. Une contrainte résiduelle est une contrainte qui peut apparaître dans 1 matériau à l'issue de sollicitations mécaniques ou encore d'ordre thermique (*). Le moyen d'y remédier est d'effectuer un recuit, qui aura justement pour but de relaxer ces contraintes.

(*) subies pas de sa dureté de ré.

On peut également parler de contrainte résiduelle pour désigner celles qui peuvent être présentes à l'issue d'un traitement de type trempe par exemple

POTENTIELS D'EQUILIBRE

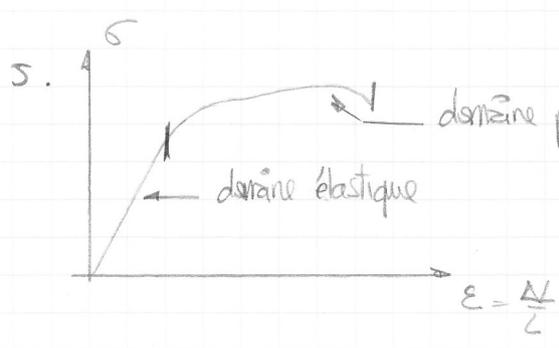
activité des sels =1

à 20°C

COUPLE	POTENTIEL en
$\text{Au} \Leftrightarrow \text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$	1.5
$2\text{Cl}^- \Leftrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$	1.36
$2\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	1.23
$\text{Pt} \Leftrightarrow \text{Pt}^{++} + 2\text{e}^-$	1.19
$\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^-$	0.96
$\text{Ag} \Leftrightarrow \text{Ag}^+ + 1\text{e}^-$	0.8
$\text{Fe}^{++} \Leftrightarrow \text{Fe}^{+++} + 1\text{e}^-$	0.77
$2\text{I}^- \Leftrightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$	0.53
$4\text{OH}^- \Leftrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$	0.4
$\text{Cu} \Leftrightarrow \text{Cu}^{++} + 2\text{e}^-$	0.34
$\text{H}_2 \Leftrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	0
$\text{Pb} \Leftrightarrow \text{Pb}^{++} + 2\text{e}^-$	-0.13
$\text{Sn} \Leftrightarrow \text{Sn}^{++} + 2\text{e}^-$	-0.14
$\text{Ni} \Leftrightarrow \text{Ni}^{++} + 2\text{e}^-$	-0.25
$\text{Cd} \Leftrightarrow \text{Cd}^{++} + 2\text{e}^-$	-0.40
$\text{Fe} \Leftrightarrow \text{Fe}^{++} + 2\text{e}^-$	-0.44
$\text{Cr} \Leftrightarrow \text{Cr}^{++} + 2\text{e}^-$	-0.74
$\text{Zn} \Leftrightarrow \text{Zn}^{++} + 2\text{e}^-$	-0.76
$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \Leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	-0.82
$\text{Al} \Leftrightarrow \text{Al}^{+++} + 3\text{e}^-$	-1.67
$\text{Mg} \Leftrightarrow \text{Mg}^{++} + 2\text{e}^-$	-2.37
$\text{Na} \Leftrightarrow \text{Na}^+ + 1\text{e}^-$	-2.71

Elles peuvent avoir pour origine une différence de température (gradient thermique) interne provoquée lors du refroidissement brutal.

4. Une ténacité n'est pas forcément synonyme de dureté : on prendra ainsi le cas des allages d'aluminium qui constitue un contre exemple à cette "règle" néanmoins vraie pour les aciers (fer)



5. C'est ici la courbe de traction d'un acier.
 On exploitera l'acier dans son domaine plastique pour lui conférer une forme qu'il conservera.
 Il doit donc être choisi pour ne pas "aller" jusqu'à la rupture.

6. Un métal ductile peut présenter une rupture fragile dans le cas par exemple où il sera très dur en extérieur (peau) mais d'une composition "tendre" à l'intérieur.

IV. CORROSION

La corrosion a été définie comme suit : transformations permettant à un métal de tendre vers un état plus stable s'il est placé dans un environnement particuliers : en effet, un métal a tendance à se "décomposer" et se détruire sous forme d'oxydes. Nous avons passé en revue un certain nombre de cas concrets qui présentaient ou non des facilités pour se corroder.

Ainsi, on retiendra que l'argent (Ag) ou encore l'aluminium (Al) sont sujets à la corrosion facilement. A contrario, l'or (Au) ne se corrodent pas facilement.

DEVOIR DE SCIENCE DES MATERIAUX

Durée : 2H30

Documents autorisés : sans documents

Nb: Les données concernant le traitement thermique sont en annexe.

I TRAITEMENTS THERMIQUES

I Le choix d'un acier 40NCD3 (voir composition chimique en annexe) a été fait pour fabriquer des arbres de transmission. Il s'agit dans un premier temps de vérifier si ce choix est pertinent dans le cadre de l'utilisation prévue.

Pour cela, nous allons tout d'abord découvrir cet acier.

1° Calculez les vitesses critiques de cet acier à partir des caractéristiques à 700 et 300°C.

2° On réalise deux refroidissements sur deux échantillons :

- 200°C en 200 secondes pour le premier
- 200°C en 10000 secondes pour le second

Indiquez pour chacun de ces deux échantillons les structures micrographiques et les duretés atteintes.

3° Ces arbres seront fabriqués à partir de barres cylindriques. Quels seront les choix de diamètres possibles pour avoir une trempe complète à coeur, aussi bien dans l'eau que dans l'huile?

4° Cet acier se prête-t-il aux trempes étagées martensitiques? Bainitiques?

5° On austénétise un petit échantillon, puis on le refroidit rapidement à 600°C. Il subit un maintien de 2H50mn à 600°C avant d'être refroidit calmement. Quelle sera sa structure micrographique et sa dureté?

6° Sur un autre échantillon, on fait la même chose (refroidissement à 500°C, maintien pendant 200 secondes, puis à nouveau refroidissement rapide pour avoir une trempe martensitique de l'austénite restante). Structure micrographique et dureté approximative.

7° Pourquoi prendre la précaution d'utiliser le terme "petit échantillon"?

II CORROSION

Nb: Les paramètres concernant les exercices de corrosion sont donnés en annexe. Quand cela n'est pas indiqué, la température ambiante est de 20°C. De même, les coefficients d'activité des espèces ionisées seront considérés comme étant égaux à 1, sauf indications contraires.

Exercice 1: On considère la réaction d'oxydo - réduction suivante :



Ecrire et détailler les deux demi réactions conduisant à cette réaction générale.

Exercice 2 Essayons de provoquer la corrosion d'une électrode d'aluminium plongée dans une solution acide de pH = 1, le tout dans une enceinte hermétique ! Quelle serait la pression théorique d'hydrogène nécessaire pour arrêter la réaction ? Cela vous semble-t-il possible?

Vous prendrez comme potentiel de l'aluminium, celui atteint pour une concentration de 0.01 mol/l

On donne $E = E_0 - (RT/nF) \cdot \ln ([red] / [ox])$ avec $F = 96500$, $R = 8,314$

III QUESTIONS : Répondre aux questions suivantes en expliquant et argumentant votre réponse :

1. Le revenu est un traitement thermique destiné à augmenter la dureté d'un acier pour pouvoir plus facilement l'usiner : Qu'en pensez vous?
2. Tous les métaux et alliages peuvent théoriquement subir une trempe de type martensitique?
3. Qu'est ce qu'une contrainte résiduelle?
4. Une trempe est forcément synonyme de dureté?
5. Faites le croquis de la courbe de traction d'un acier devant être embouti profondément (fabrication d'une cuve par exemple). 1 point
6. Un métal ductile peut-il présenter une rupture fragile? 1

Nb: une absence d'argumentation annulera la question.....

IV CORROSION

Dans le cours, nous avons évoqué 5 métaux et alliages assez familiers qui nous ont permis de donner une première définition de la corrosion. Pourriez vous en quelques lignes en faire une synthèse?

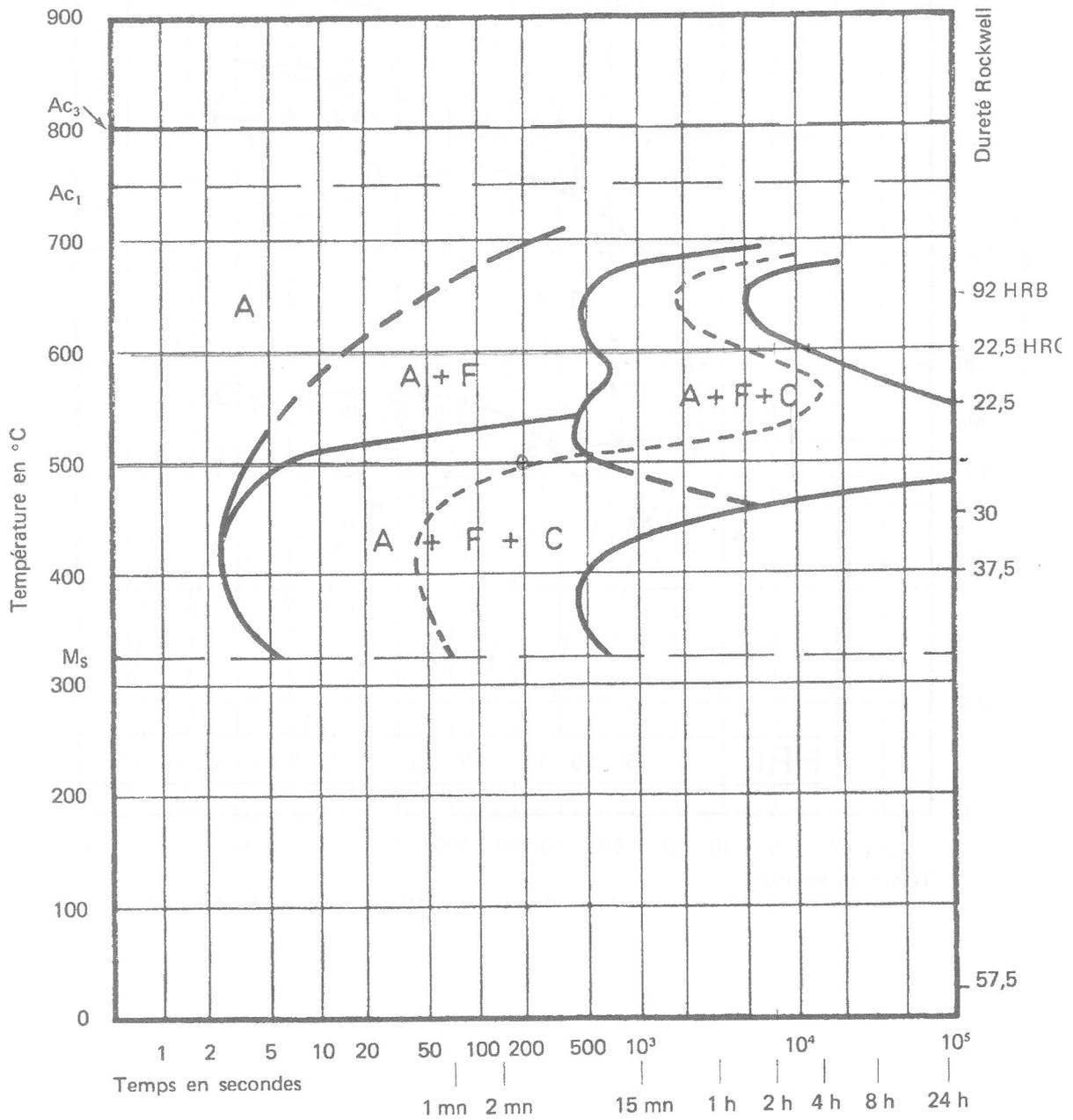
40 NCD 3

AN NCD 3 NE A 2E EE 1

C %	Mn %	Si %	S %	P %	Ni %	Cr %	Mo %	Cu %
0,40	0,80	0,33	0,019	0,018	<u>0,58</u>	<u>0,56</u>	0,28	0,10

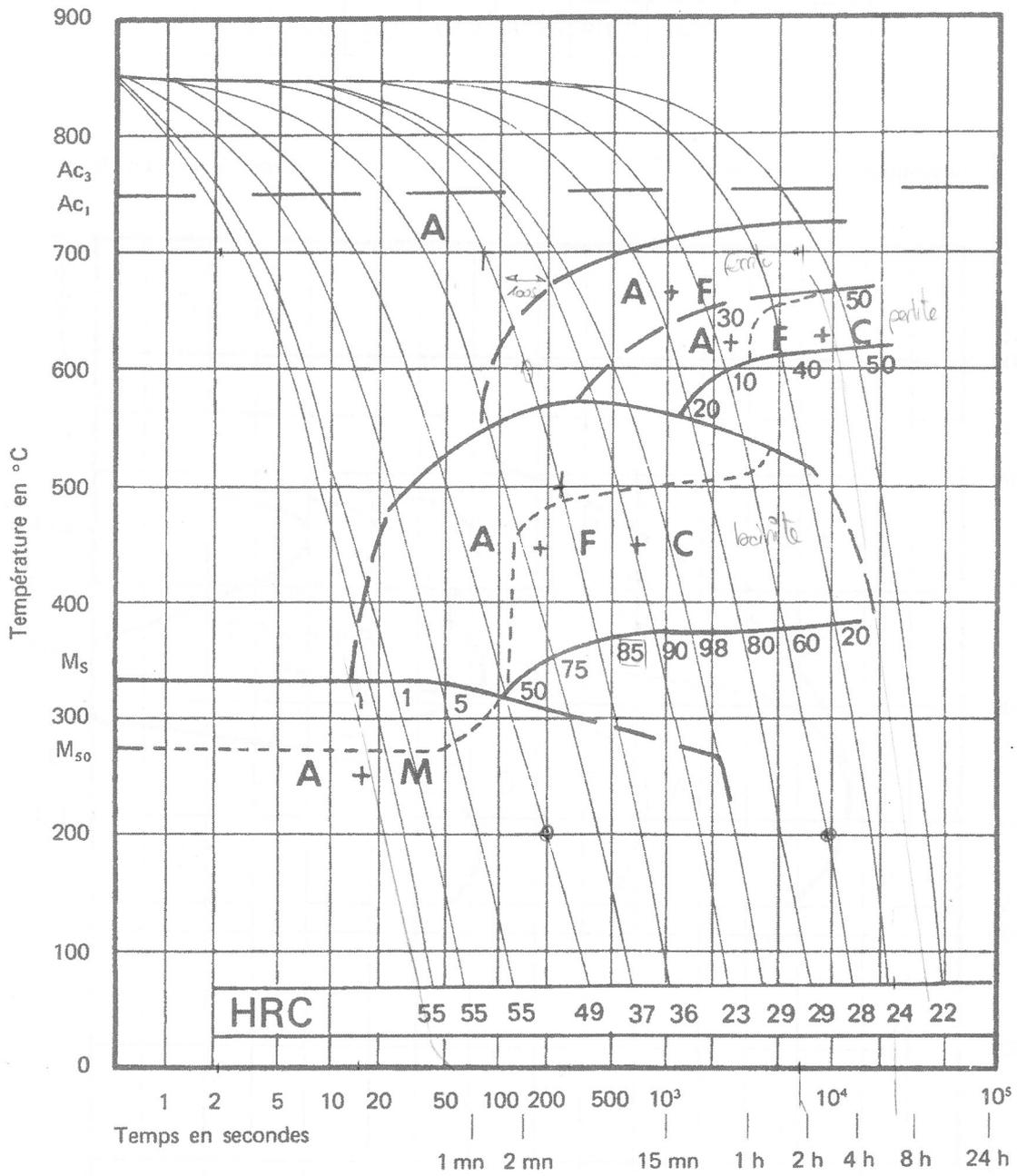
Austénitisé à 850 °C 30 mn

Grosueur du grain : 8

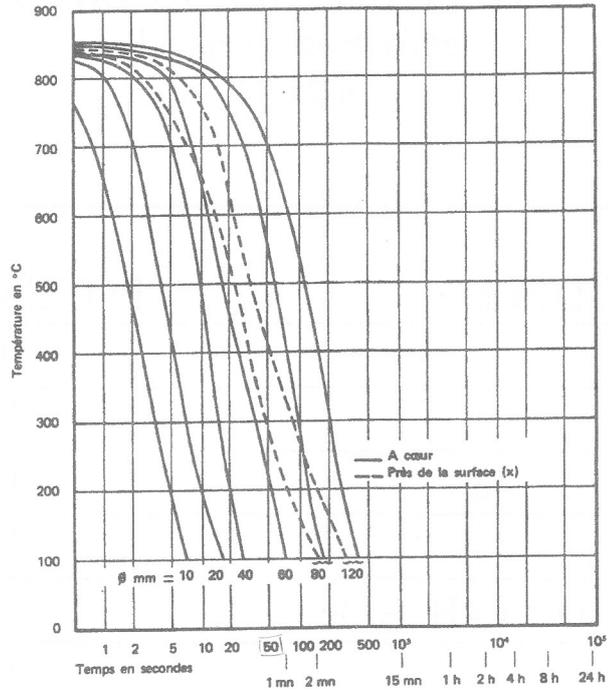


Austénitisé à 850 °C 30 mn

Grosueur du grain : 8

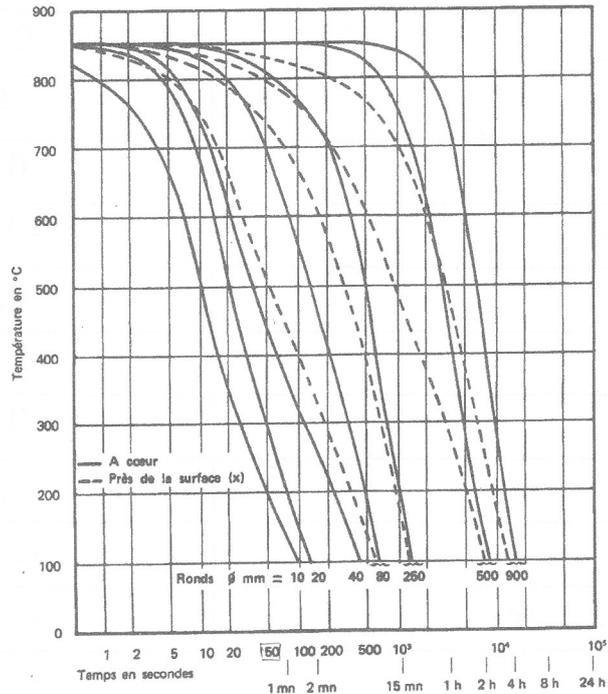


Mode de refroidissement : **EAU**



- (x) { ϕ 80 mm : à 10 mm de la surface
- ϕ 250 et 500 mm : à 20 mm de la surface
- ϕ 900 mm : à R/3 (150 mm) de la surface

Mode de refroidissement : **HUILE**



- (x) { ϕ 80 mm : à 10 mm de la surface
- ϕ 250 et 500 mm : à 20 mm de la surface
- ϕ 900 mm : à R/3 (150 mm) de la surface