

# 1 Diffusion et germination : 7 pnts

## A rédiger à part

### 1.1 Cémentation

Le procédé de cémentation des alliages de fer consiste à maintenir la pièce à cémenter dans un récipient fermé contenant une source de carbone (hydrocarbures, charbon), et à chauffer à une température donnée pendant un temps suffisant pour obtenir une couche superficielle où la concentration en carbone est supérieure à une valeur déterminée. L'objectif étant d'obtenir un durcissement superficiel par un traitement approprié.

Soit un alliage Fe-C de concentration initiale 0.1% C en masse. C'est un cylindre de longueur  $L$  et de section  $S = 20\text{cm}^2$ . On se propose d'obtenir une couche cémentée  $z=2\text{mm}$  d'épaisseur. La concentration en tout point de cette couche doit être au moins égale à 0.8% C. La concentration à la surface est maintenue constante à 1.2 %C. On suppose que la diffusion s'effectue parallèlement à la génératrice le long de l'axe Oz.

La masse volumique du fer  $\gamma$  est  $\rho_\gamma = 7.8\text{g.cm}^{-3}$ . La concentration  $c$  et la composition  $x$  en carbone sont liées par la relation approchée :  $c = \rho x$

1. Donner le profil de concentration en carbone en supposant que le système correspond à un milieu-semi infini.
2. Déterminer l'expression de l'épaisseur cémentée en fonction du temps et de la température.
3. Comparer la relation trouvée avec l'expression suivante :  

$$e(\text{mm}) = 13.4e^{\frac{-8572}{T}}\sqrt{t}$$
où  $e$  désigne une épaisseur cémentée
4. Appliquer les deux relations pour déterminer le temps de maintien nécessaire à  $920^\circ\text{C}$  pour obtenir une l'épaisseur cémentée  $X = 2\text{mm}$  .. commenter

Données :  $D_{C_\gamma} = 17.5e^{\frac{-16634}{T}}\text{mm}^2.\text{s}^{-1}$  Table erfc.

### 1.2 Germination

Une surfusion est nécessaire pour amorcer une transformation en refroidissement. Commenter • 1 page maximum •

# 1 Table des fonctions erreur et erreur complémentaire

x	Erf x	Erfc x
0.00	0.0	1.0
0.04	0.0451111	0.954889
0.08	0.0900781	0.909922
0.12	0.134758	0.865242
0.16	0.179012	0.820988
0.2	0.222703	0.777297
0.24	0.2657	0.7343
0.28	0.30788	0.69212
0.32	0.349126	0.650874
0.36	0.38933	0.61067
0.4	0.428392	0.571608
0.44	0.466225	0.533775
0.48	0.50275	0.49725
0.52	0.537899	0.462101
0.56	0.571616	0.428384
0.6	0.603856	0.396144
0.64	0.634586	0.365414
0.68	0.663782	0.336218
0.72	0.691433	0.308567
0.76	0.717537	0.282463
0.8	0.742101	0.257899
0.84	0.765143	0.234857
0.88	0.786687	0.213313
0.92	0.806768	0.193232
0.96	0.825424	0.174576
1.	0.842701	0.157299
1.04	0.85865	0.14135
1.08	0.873326	0.126674
1.12	0.886788	0.113212
1.16	0.899096	0.100904
1.2	0.910314	0.089686
1.24	0.920505	0.0794948
1.28	0.929734	0.0702658
1.32	0.938065	0.0619348
1.36	0.945561	0.0544386
1.4	0.952285	0.0477149
1.44	0.958297	0.0417034
1.48	0.963654	0.0363459
1.52	0.968413	0.0315865
1.56	0.972628	0.0273719
1.6	0.976348	0.0236516
1.64	0.979622	0.0203782
1.68	0.982493	0.0175072
1.72	0.985003	0.0149972
1.76	0.98719	0.0128097
1.8	0.989091	0.0109095
1.84	0.990736	0.00926405
1.88	0.992156	0.00784378
1.92	0.993378	0.00662177

Out [0]=

```
Out[0]=
x      Erf x      Erfc x
1.96   0.994426   0.00557372
2.     0.995322   0.00467773
2.04   0.996086   0.00391419
2.08   0.996734   0.00326559
2.12   0.997284   0.00271639
2.16   0.997747   0.00225285
2.2    0.998137   0.00186285
2.24   0.998464   0.00153577
2.28   0.998738   0.00126234
2.32   0.998966   0.00103449
2.36   0.999155   0.000845223
2.4    0.999311   0.000688514
2.44   0.999441   0.000559174
2.48   0.999547   0.000452764
2.52   0.999635   0.000365499
2.56   0.999706   0.000294163
2.6    0.999764   0.000236034
2.64   0.999811   0.000188819
2.68   0.999849   0.000150591
2.72   0.99988   0.000119739
2.76   0.999905   0.0000949176
2.8    0.999925   0.0000750132
2.84   0.999941   0.0000591023
2.88   0.999954   0.0000464244
2.92   0.999964   0.0000363547
2.96   0.999972   0.0000283823
3.     0.999978   0.0000220905
```

## 2 Traitements thermiques : 14 pnts

### A rédiger à part

#### 2.1 EXERCICE 1

Une petite éprouvette d'acier contenant 1 % en masse de carbone est austénitisé à  $800^{\circ}\text{C}$  puis trempée à l'eau jusqu'à température ambiante ( $25^{\circ}\text{C}$ ) :

1. Déterminer la nature, la fraction et la composition des phases d'équilibre présentes à l'issue de l'austénitisation à  $800^{\circ}\text{C}$ . Faire un schéma de l'aspect de la microstructure avant la trempe.
2. Que se passe-t-il ensuite lors du refroidissement associé à la trempe ?
3. Déterminer la nature, la fraction et la composition des phases à l'issue de la trempe. Faire un schéma de l'aspect de la microstructure après la trempe.
4. Quelle sera sa dureté finale ? On admettra que la dureté est une fonction linéaire de la quantité des phases en présence.

On donne : cémentite =  $1000\text{Hv}$  , martensite = voir courbes en fonction de la concentration en carbone.

#### 2.2 EXERCICE 2

Un acier 30NC11 austénitisé à  $850^{\circ}\text{C}$  durant  $30\text{mn}$  subit le refroidissement R :

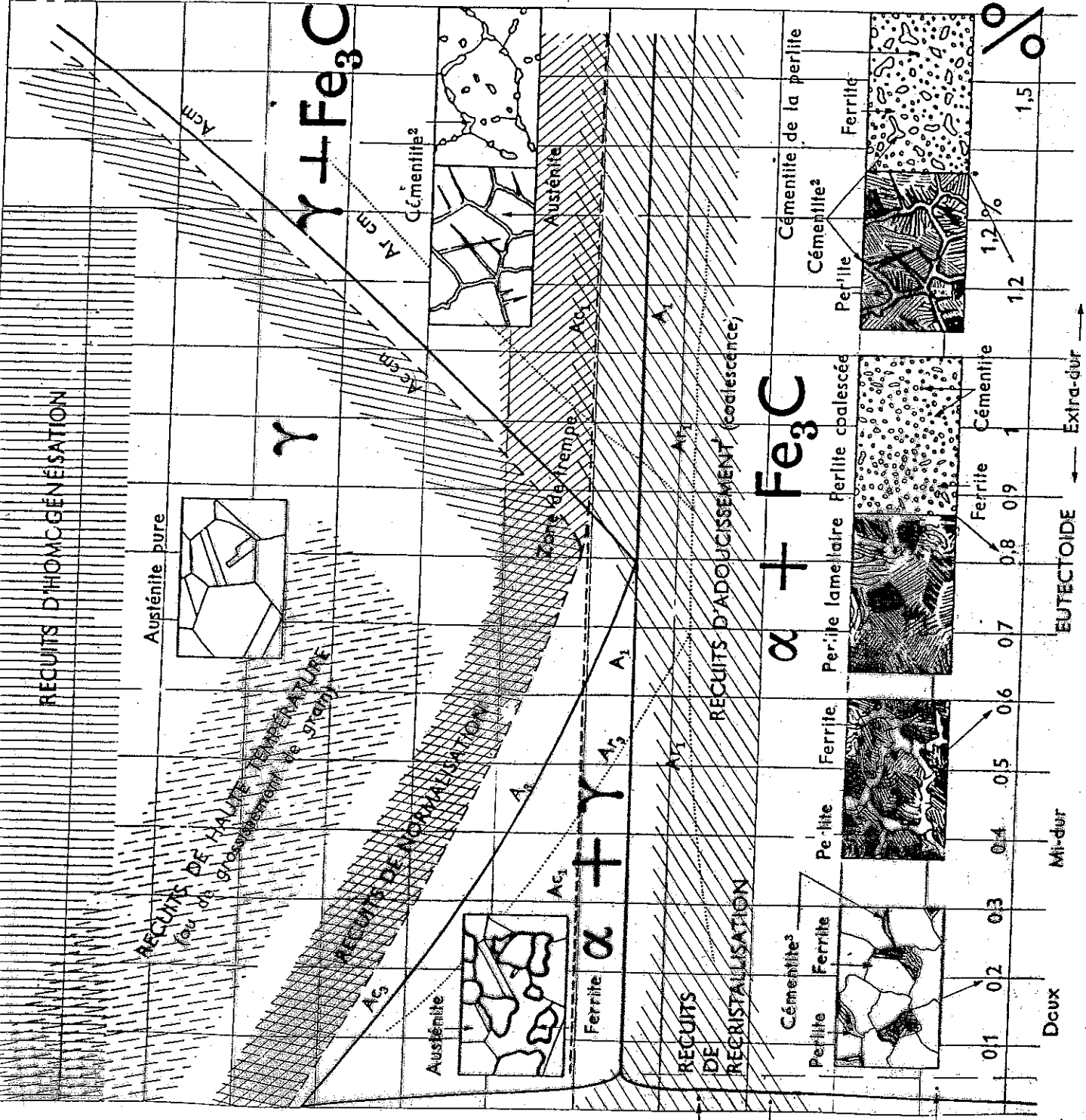
1. R correspond à une trempe à l'huile, à cœur, d'un rond de  $\phi = 250\text{mm}$ . Décrivez ce qui se passe depuis la température d'austénitisation jusqu'à l'ambiante (températures d'apparition, proportion, nature, microstructure, dureté du produit final).
2. Mêmes questions pour un rond de même diamètre refroidi à l'air.

# ACIERS AU CARBONE. POINTS DE TRANSFORMATION (1)

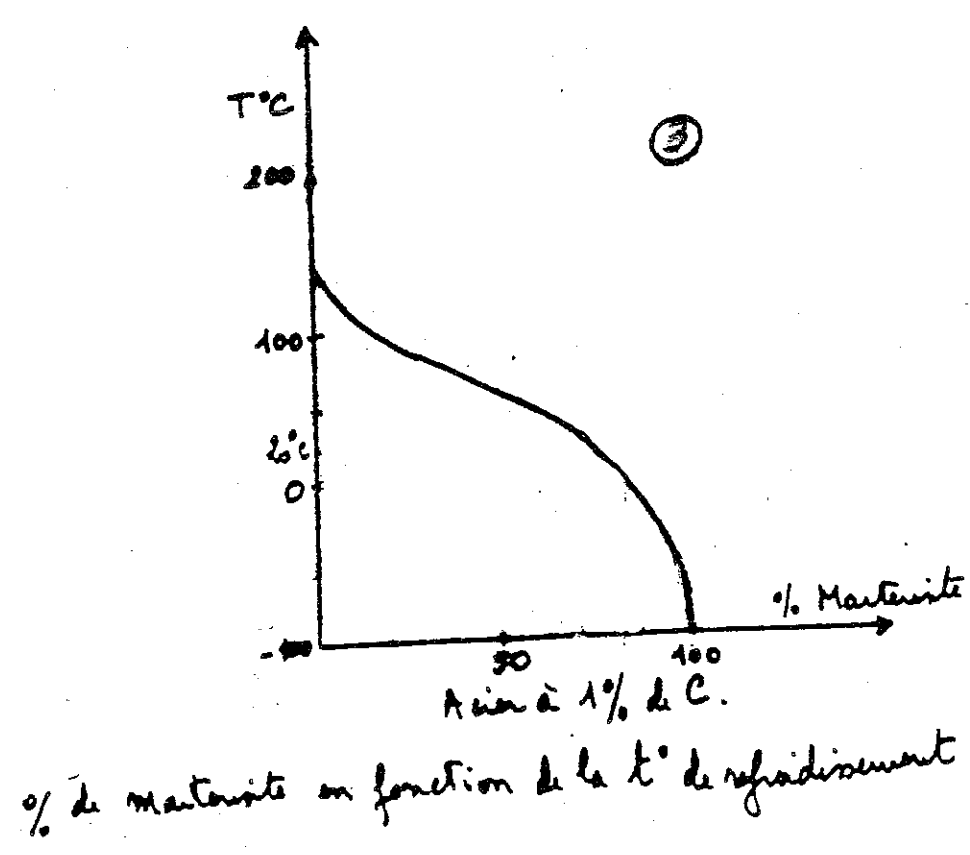
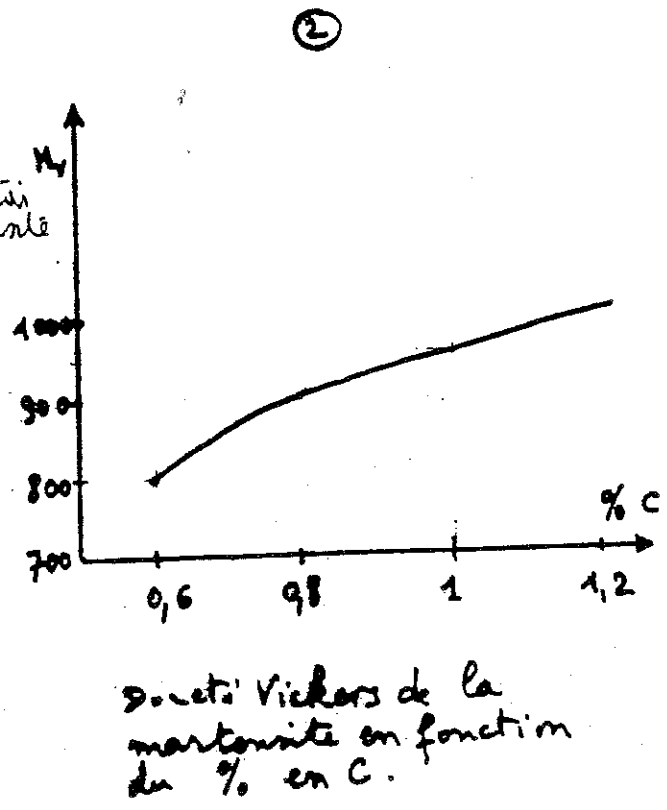
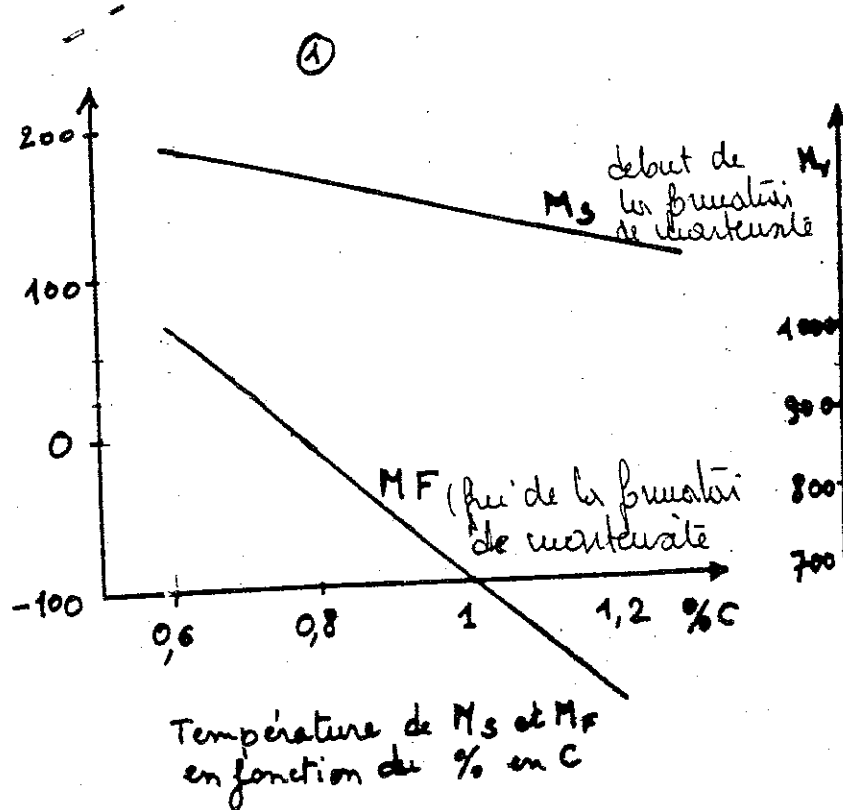
La position des lignes  $A_1$ ,  $A_3$ ,  $A_{cm}$  varie avec la teneur en Mn, Si, P, Ni, Cu..., celle des lignes Ac et Ar varie de plus avec la vitesse  $\frac{d\theta}{dt}$  et avec la «propreté» de l'acier.

Légende des schémas de structure

- Acier à 0,04 % C : ferrite + cémentite tertiaire.
- Acier à 0,2 % C : ferrite + perlite lamellaire + cémentite tertiaire.
- Acier à 0,6 % C : perlite lamellaire + ferrite.
- Acier à 0,8 % C : État recuit : perlite lamellaire. État coalescé : perlite globulaire (globules fins de cémentite sur fond ferritique).
- Acier à 1,2 % C : État recuit : perlite lamellaire + cémentite secondaire en réseau. État coalescé : perlite globulaire + cémentite secondaire en gros globules.



CESSID  
Album de microscopie  
par J. Fokorty

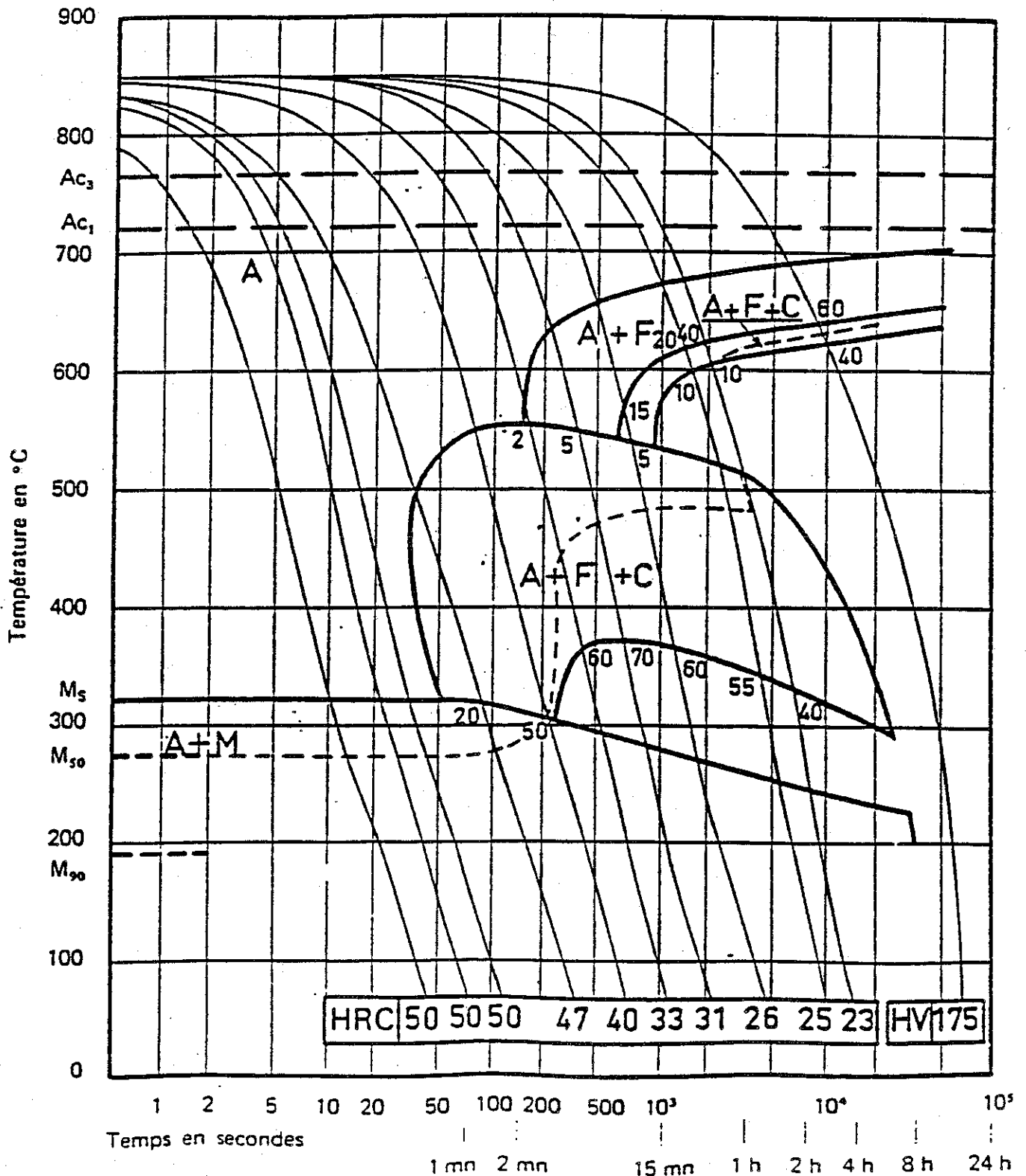


# 30 NC 11

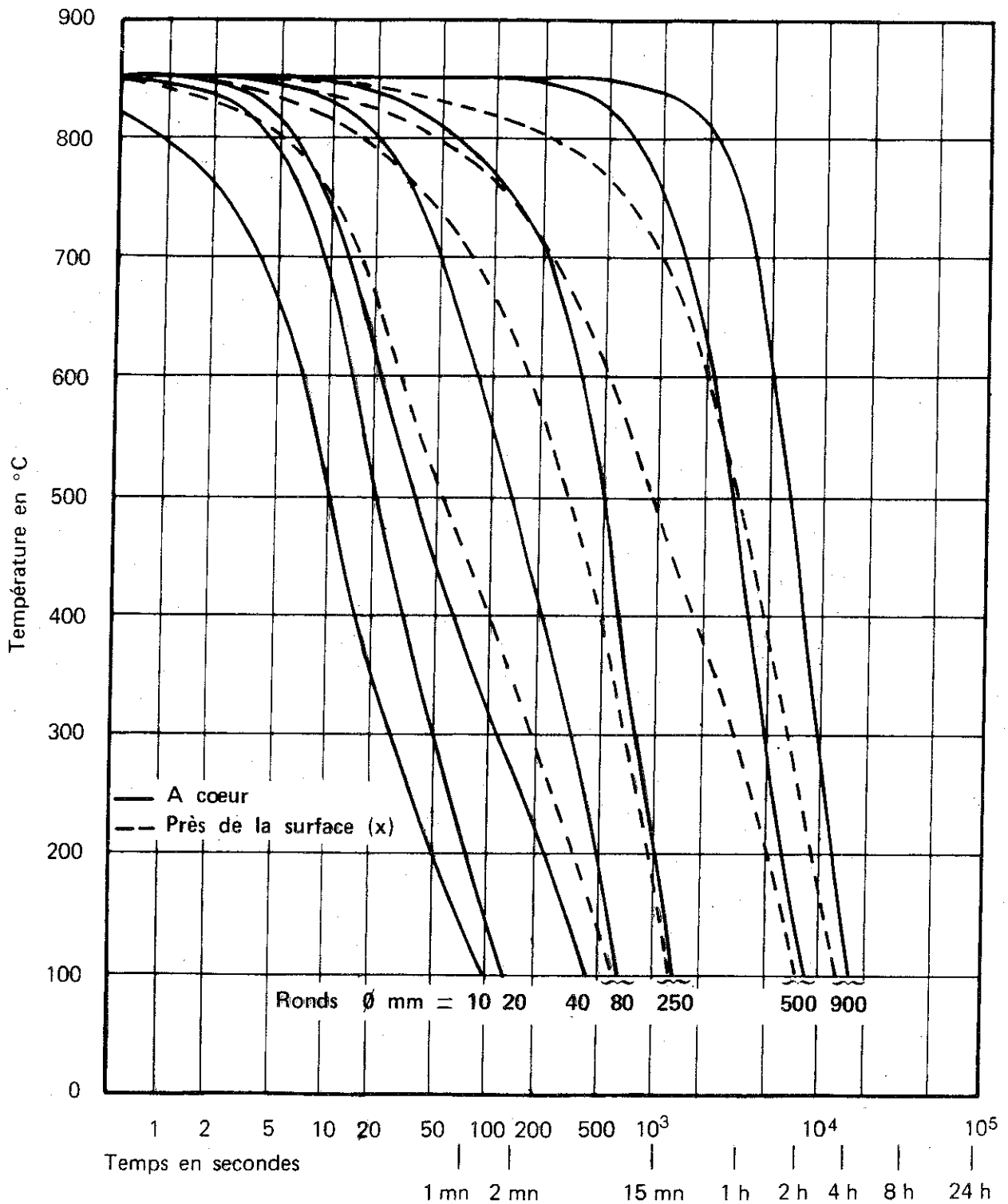
C %	Mn %	Si %	S %	P %	Ni %	Cr %	Mo %	Cu %	V %	W %
0,32	<u>0,30</u>	0,20	0,008	0,017	2,95	0,69	<0,10	0,31	0,030	0,06

Austénitisé à 850 °C 30 mn

Grosueur du grain : 12



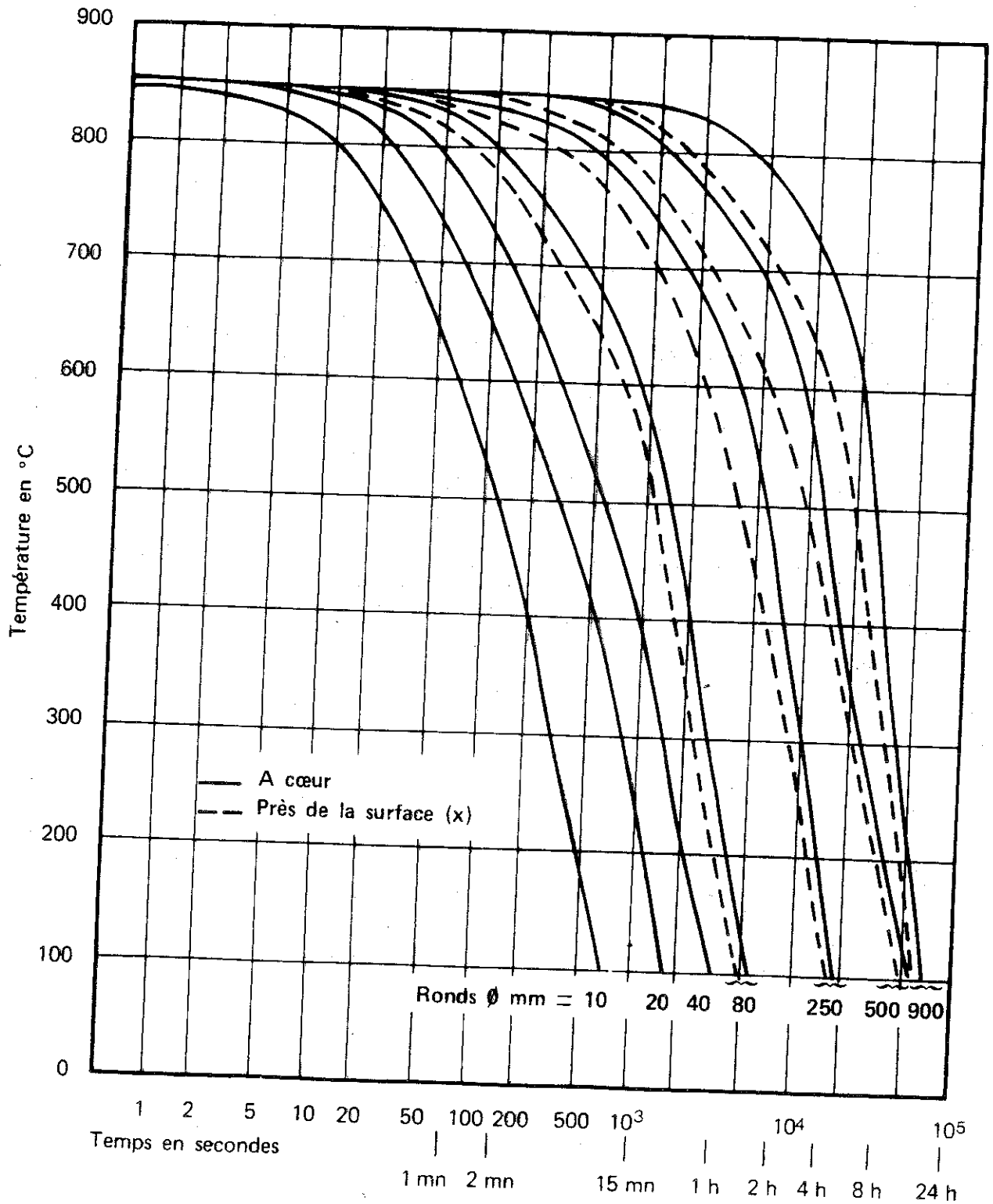
## Mode de refroidissement : **HUILE**



- (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

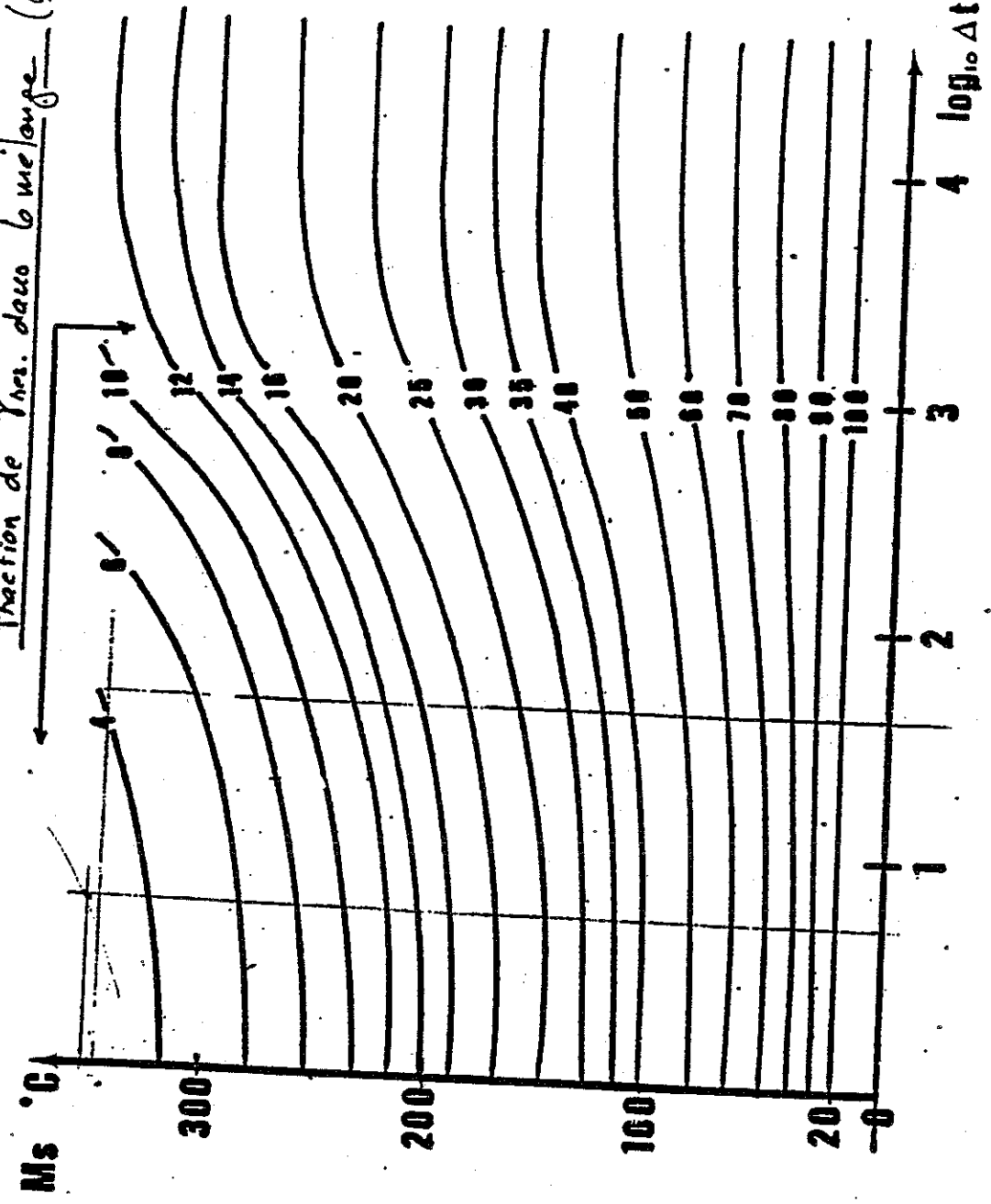


## Mode de refroidissement : AIR



- (x) }  $\phi$  80 mm : à 10 mm de la surface
- }  $\phi$  250 et 500 mm : à 20 mm de la surface
- }  $\phi$  900 mm : à R/3 (150 mm) de la surface

fraction de  $\gamma_{ms}$  dans le mélange ( $\alpha' + \gamma_{ms}$ )



$\Delta t$ : temps de refroidissement de 700°C à 300°C