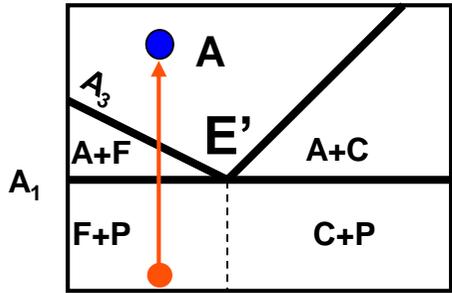
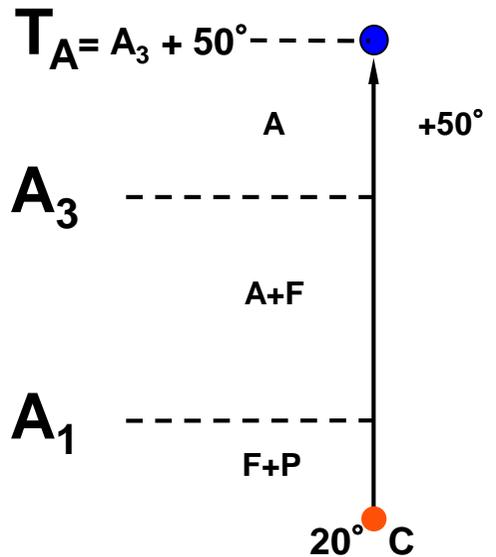


UEF MATA - Enseignement Matériaux 2^{ème} année
Transformation et Comportement des Matériaux
Partie 'Traitement thermique des alliages'
J.E. Masse 2020-2021

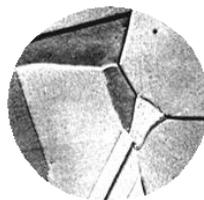
Outils de compréhension des traitements thermiques

Diagrammes TRC et TTT

Austénitisation

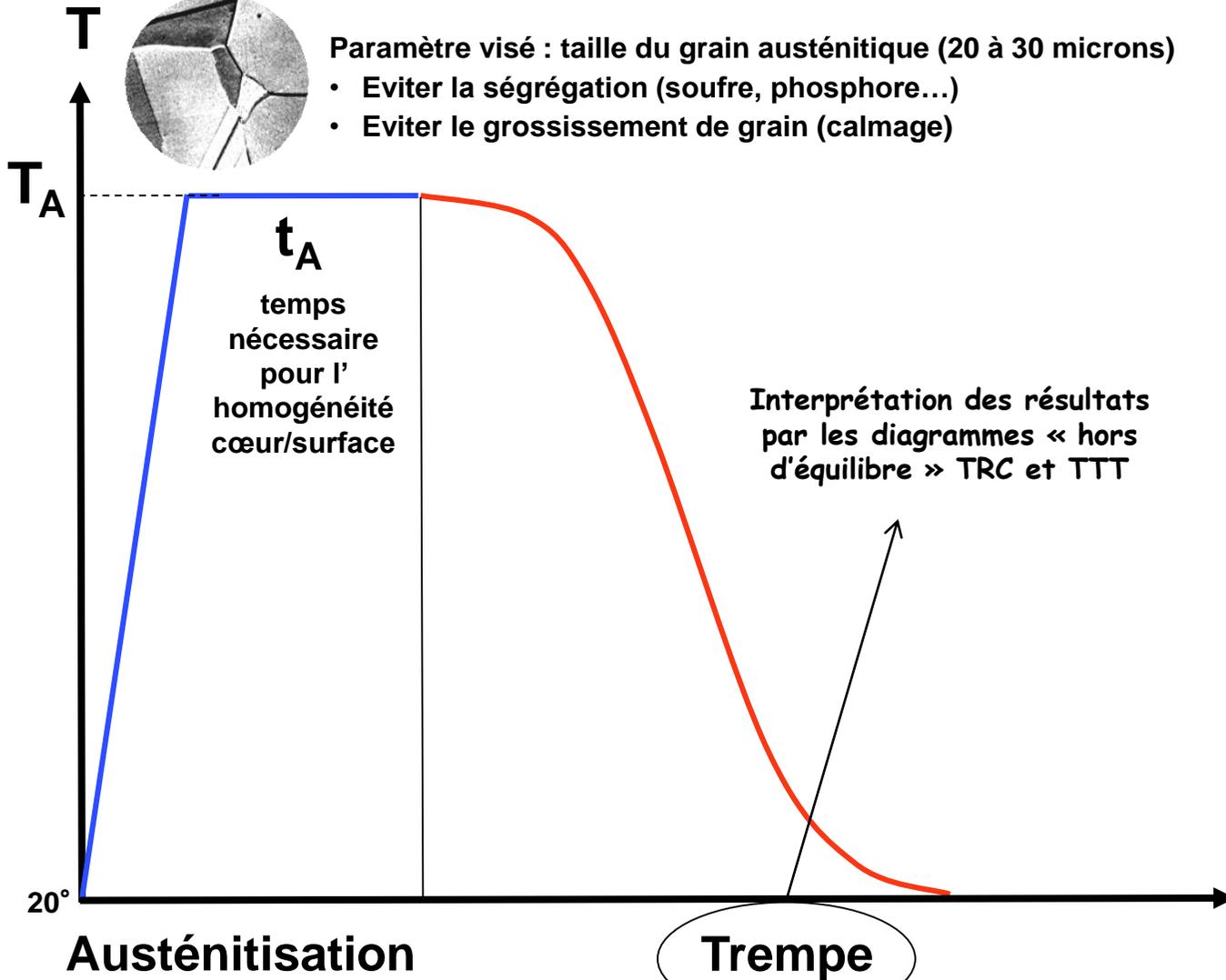


Ferrite + Pearlite (structure d'équilibre)



Paramètre visé : taille du grain austénitique (20 à 30 microns)

- Eviter la ségrégation (soufre, phosphore...)
- Eviter le grossissement de grain (calmage)





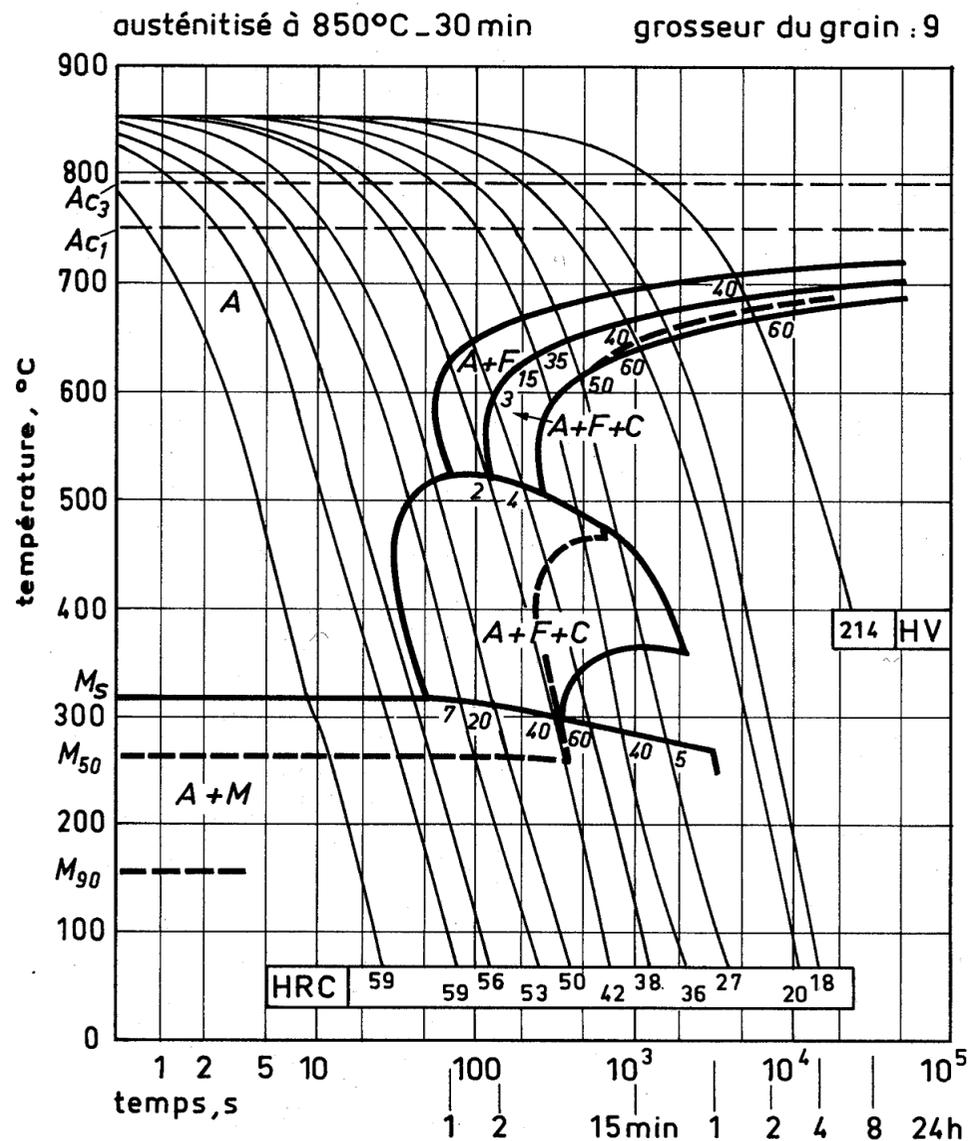
Outils de compréhension des traitements thermiques

Diagramme TRC

Diagramme TTT



Diagramme TRC :
 Transformation en
 Refroidissement Continu
 Se lit de HAUT en BAS



Le « cadre »

Les axes :

Vertical :
température en degré Celsius.
De 0 à 900°

M_s (martensite start), M_{50} , M_{90} ,
parfois M_f (martensite finish)

A_{c1} , A_{c3} (températures de transformation. Voir diagramme Fe-C)

Horizontal :
Temps (échelle logarithmique).
De 0 à 10^5 secondes

Les informations :

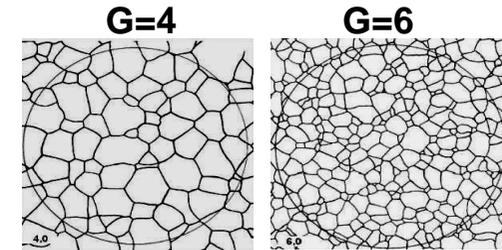
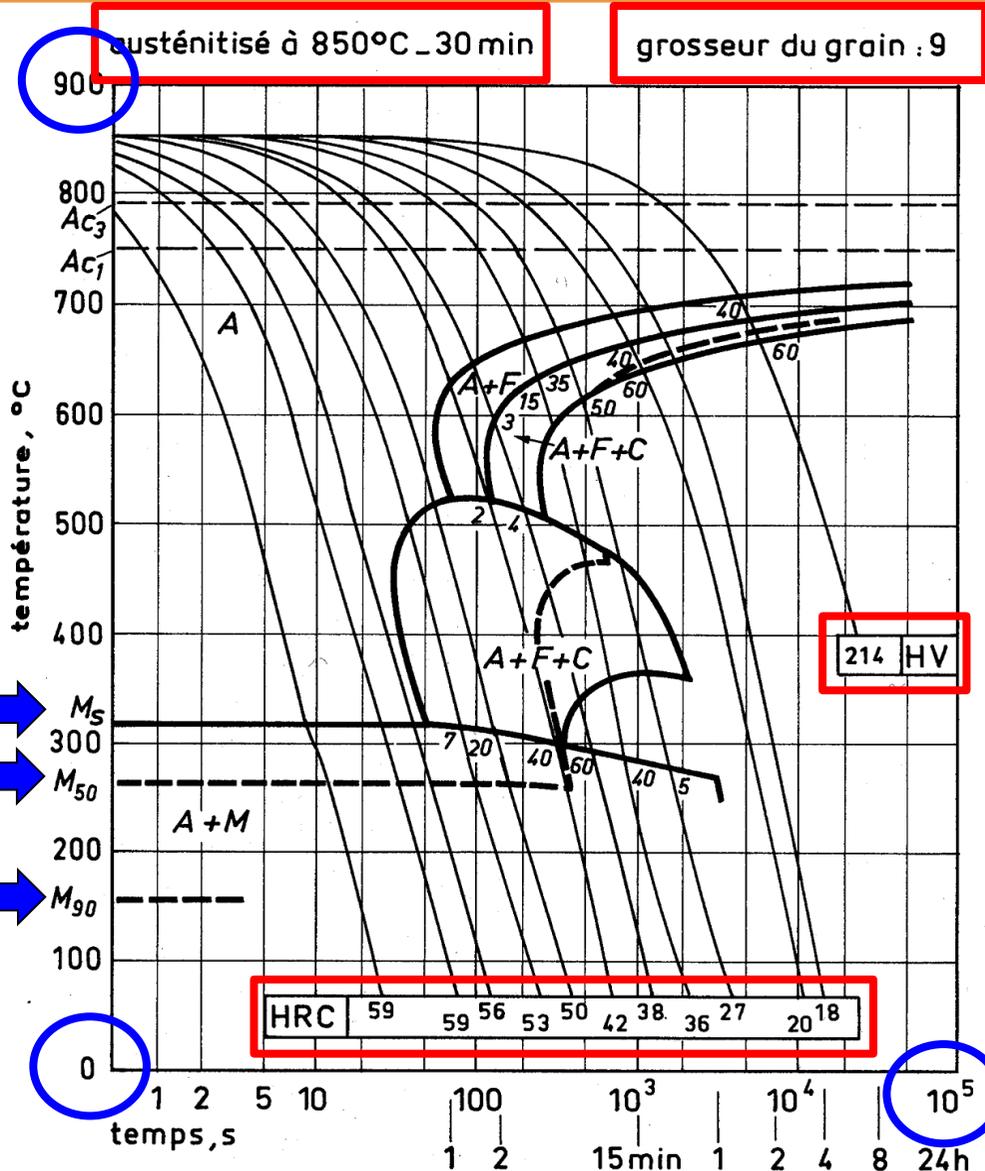
État initial (en haut)

A gauche : condition d'austénitisation

A droite : indice de taille de grain (1)

État final (en bas)

Dureté (Rockwell, Vickers)
(2)



(1)

Valeurs des indices de grosseur de grain G	Diamètre moyen d'un grain en µm	Valeurs des indices de grosseur de grain G	Diamètre moyen d'un grain en µm
-7	4000	6	44.2
-6	2828	7	31.2
-5	2000	8	22.1
-4	1414	9	15.6
-3	1000	10	11
-2	707	11	7.8
-1	500	12	5.5
0	354	13	3.9
1	250	14	2.8
2	177	15	2
3	125	16	1.4
4	88.4	17	1



Le « tableau »

Les informations :

Les lettres :

A : austénite

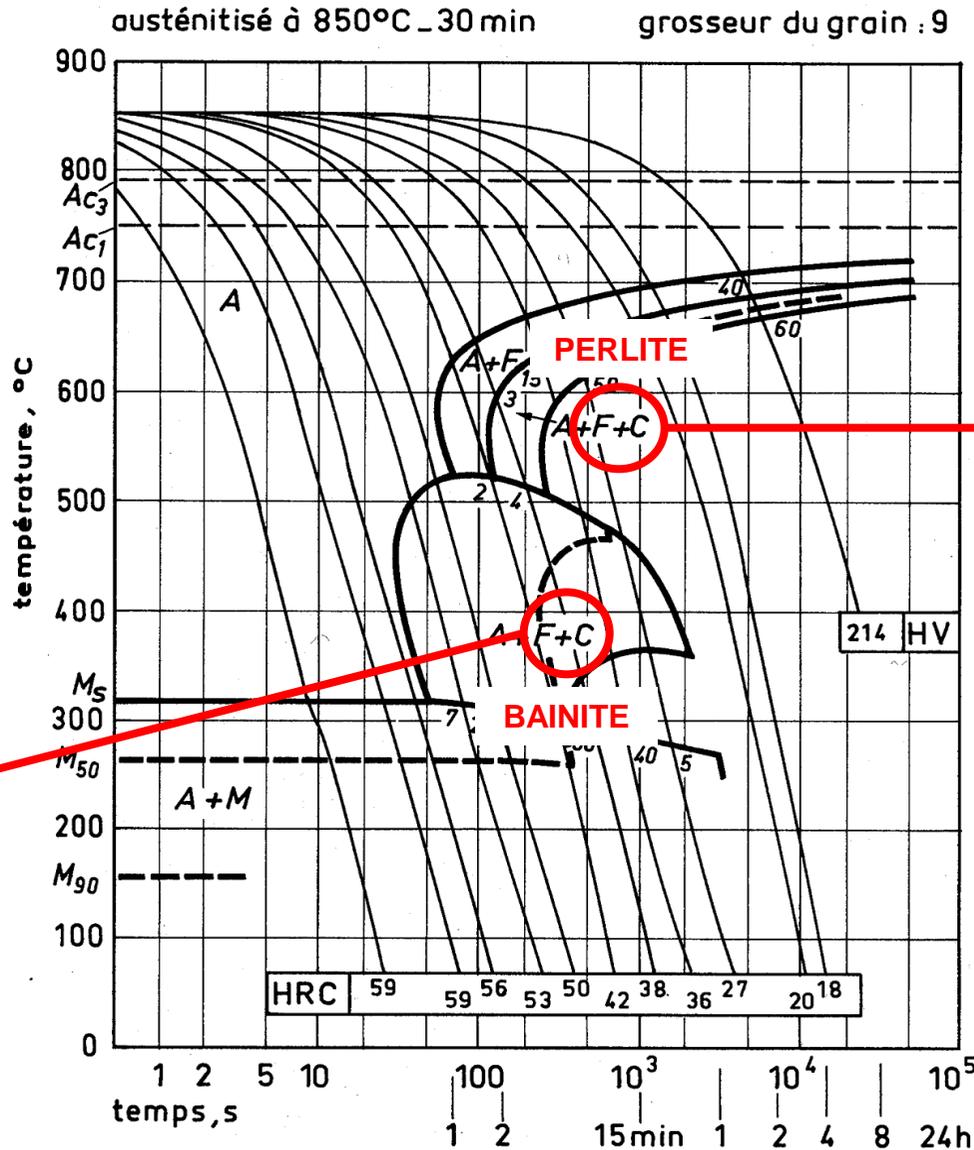
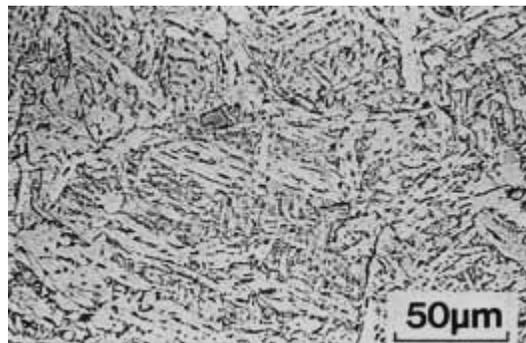
F : ferrite

C : cémentite

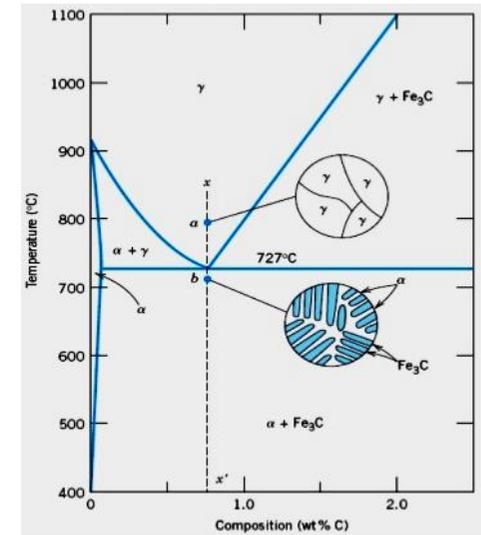
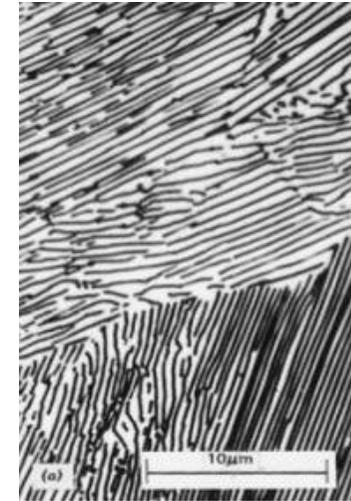
M : martensite

c : carbures (autres que la cémentite)

F+C : bainite



F+C : perlite

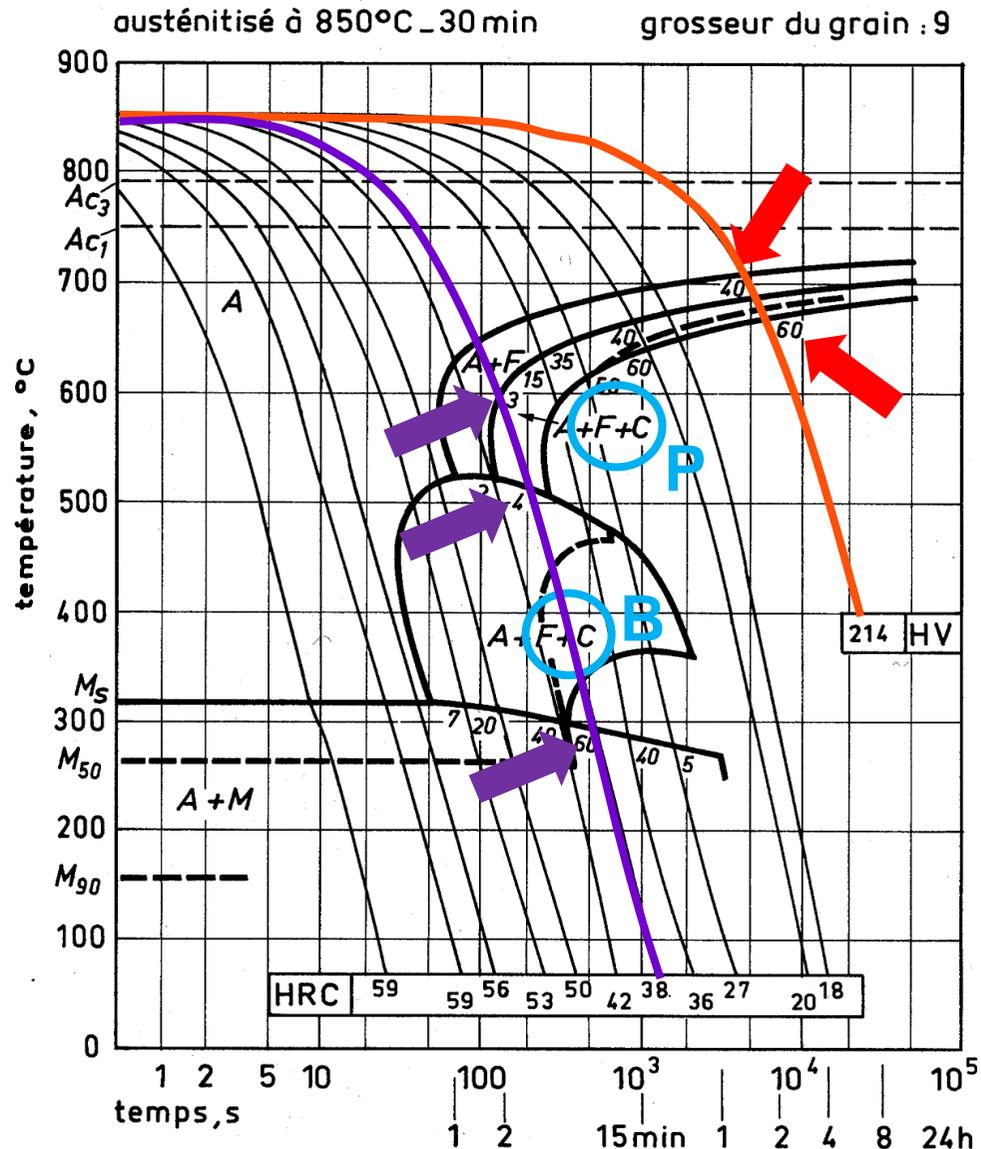


Le « tableau »

Les informations :

Les chiffres :

% de constituant
apparu lors de la
transformation de
l'austénite



Exemple courbe 12

40% de ferrite
60% de perlite

Exemple courbe 7

3% de ferrite
4% de perlite
60% de bainite

Soit 67%
transformé
avant M_s

Reste :
33% martensite
(+ austénite
résiduelle)

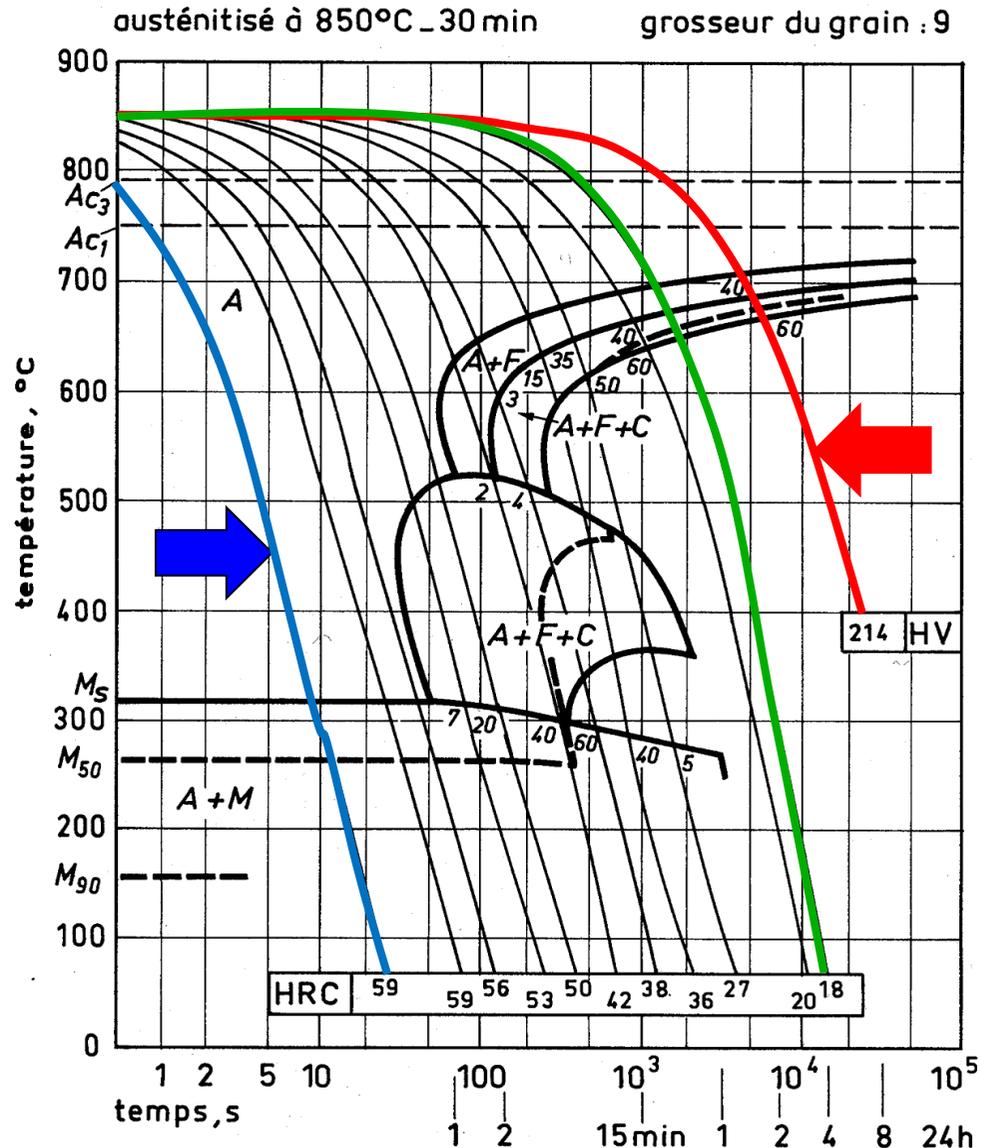
Le « tableau »

Les informations :

Les lois de refroidissement :

De la vitesse de refroidissement la plus grande (GAUCHE) à la plus faible (DROITE)

Représentative du milieu de trempe :
eau, huile, air soufflé,
air calme, en four...



Exprimées en °C/s

$$V_r = \frac{T_{700} - T_{300}}{t_{300} - t_{700}}$$

Exemple courbe 1

$$V_r = \frac{400}{10 - 1,2} = 45,5 \text{ °C/s}$$

Exemple courbe 11

$$V_r = \frac{400}{7200 - 1000} = 0,065 \text{ °C/s}$$



Outils de compréhension des traitements thermiques

Diagramme TRC

Diagramme TTT



Diagramme TTT : Temps Température Transformation
 Diagramme **isotherme**
 Traitement avec palier(s)

Idem diagramme TRC (échelles, lettres...) mais sens de lecture de **GAUCHE à DROITE** →

État initial (austénitisation)

État final (dureté)

Transformation 1 :

- Début de transformation au bout de 5 s
- Entre 5 et 15 s : formation de ferrite (domaine A+F)
- Entre 15 s et 150 s : formation de perlite (domaine A+F+C)
- Fin de transformation au bout de 150 s
- Résultat : présence de ferrite (F) et perlite (F+C), dureté 24 HRC

Transformation 2 :

- Début de transformation au bout de 5 s
- Entre 5 s et 200 s : formation de bainite (domaine A+F+C)
- Fin de transformation au bout de 200 s
- Résultat : présence de bainite (F+C) uniquement, dureté 39,5 HRC

