

Exercices Séries 2

1. Transformations de phases dans le fer et les aciers

a. Pour le fer pur à 1 bar la température d'équilibre entre la phase γ (austénite, fcc) et la phase α (ferrite, bcc) est de 910°C (Fig. 1). A cette température le paramètre de maille de la phase γ est $a_{\gamma} = 0.3648 \text{ nm}$ et celui de phase α est $a_{\alpha} = 0.2906 \text{ nm}$. A partir de la Fig.1, estimez le changement d'entropie de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$. Prenez 55.85 g/mol pour la masse molaire du fer.

b. On peut lire dans un handbook, que la chaleur latente de la transformation $\gamma \rightarrow \delta$ est de 15 kJ/kg . Note : la phase δ est une ferrite bcc similaire à α . Estimez le changement de volume associé à la transformation.

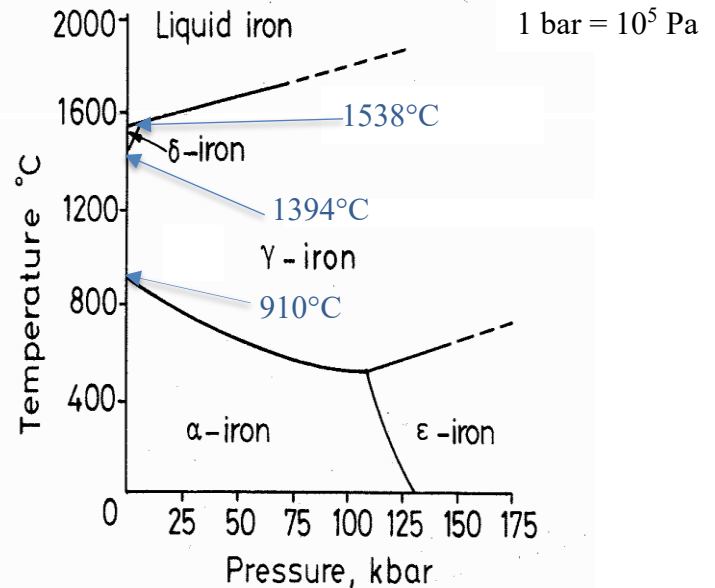


Fig.1 Diagramme (p,T) du fer pur

c. On considère la courbe de dilatométrie de l'acier Fe-8Cr-0.2C obtenue par votre dévoué enseignant il y a 20 ans (Fig. 2). Sachant qu'au départ l'acier était dans un état 100% ferritique, expliquez la courbe et estimez la composition de l'état final ? Que valent les coefficients de dilatation de l'austénite et de la ferrite (ou martensite = ferrite sursaturée en carbone) ?

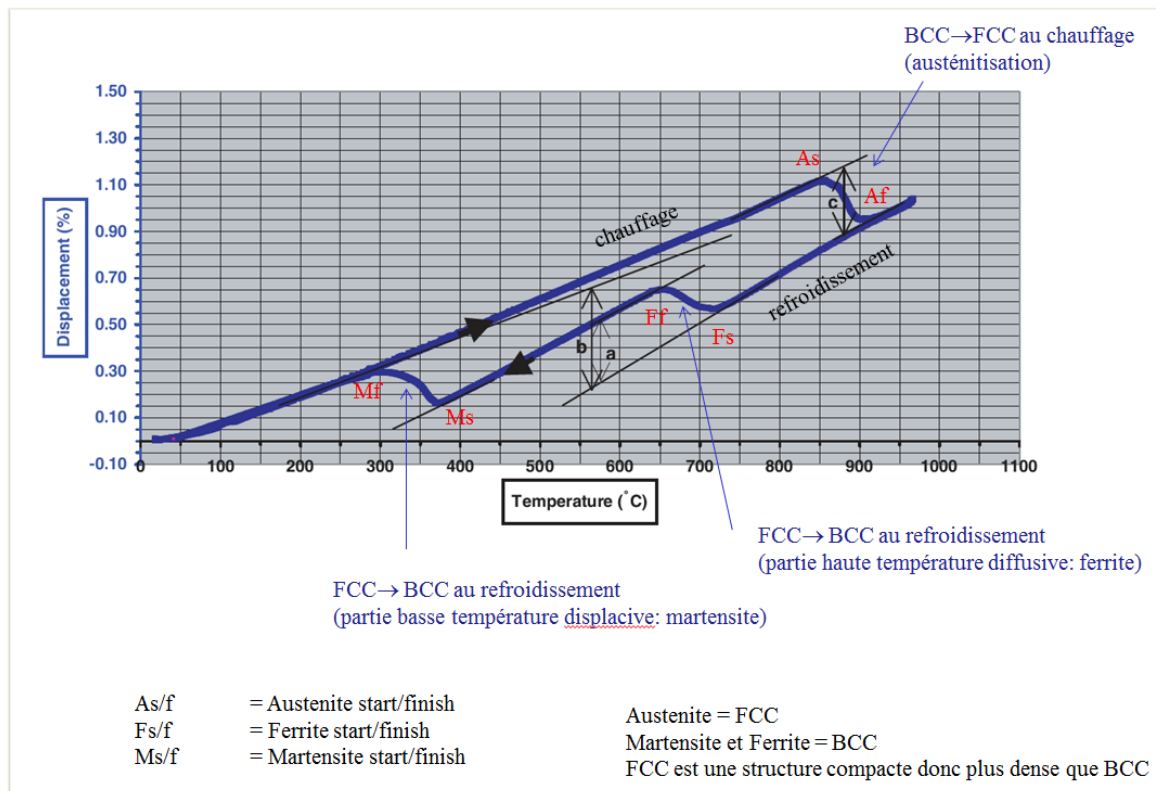


Fig. 2. Courbe de dilatométrie d'un acier

2. Solution régulière et gap de miscibilité

Le but de cet exercice est de calculer le gap de miscibilité d'une solution régulière faite d'un mélange de deux éléments s A and B avec un paramètre d'échange $\Omega > 0$, ainsi que son changement avec la température.

Votre dévoué enseignant a utilisé Mathematica pour tracer les courbes de l'énergie de Gibbs en utilisant la formule du cours $G^m = X_A G_A^m + X_B G_B^m + RT X_A \ln X_A + RT X_B \ln X_B + \Omega X_A X_B$, ici $G^m(x) = G_B^m x + G_A^m(1-x) + RT x \ln x + RT(1-x) \ln(1-x) + \Omega x(1-x)$ avec $x = X_B$, ainsi que ses dérivées premières et secondes (Fig.3). Il a pris dans cet exemple $G_A^m = 0 \text{ kJ/mol}$ et $G_B^m = 2 \text{ kJ/mol}$, $\Omega = 21 \text{ kJ/mol}$. Pour simplifier les choses, la variation de G_A^m et G_B^m avec T n'a pas été prise en compte.

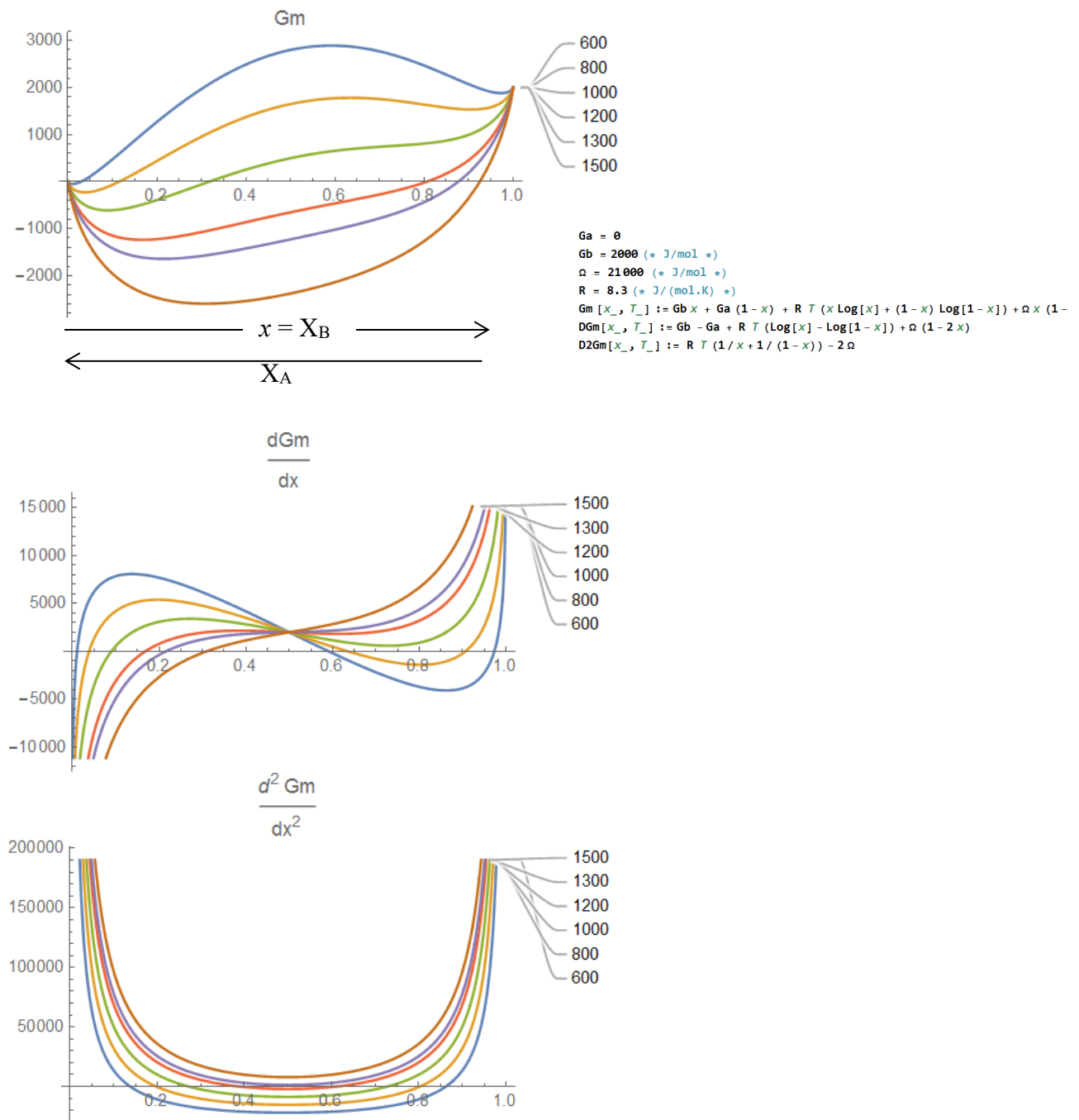


Fig.3 Courbes G^m avec ses dérivées 1^{ère} et 2^{ème} à différentes T (entre 600 et 1500 K).

- A partir des courbes, estimez la température (entre 600 et 1500K) la plus proche de la température critique T_c . On rappelle que T_c au-dessus de laquelle le mélange A-B est total et en-dessous de laquelle la solution se décompose en deux phases, une riche en A et l'autre riche en B.
- Démontrer que pour des températures inférieures à T_c la pente de la tangente commune traduisant l'égalité des potentiels chimiques entre les phases riche en A et riche en B vaut $G_B^m - G_A^m$.
- Montrer géométriquement que la température critique est obtenue pour une fraction molaire $x = 1/2$ et une température telle que $\frac{d^2 G^m}{dx^2} = 0$ à cette fraction molaire. En déduire la relation $2RT_c = \Omega$. Calculez T_c .
- Trouver l'équation donnant la courbe de solvus en fonction de la fraction molaire x de B pour $T < T_c$. Les solutions numériques de l'équation permettent de tracer le gap de miscibilité (la courbe est donnée dans la solution de l'exercice).
- Les alliages platine–iridium sont utilisés en bijouterie. Le diagramme de phase est montré en Fig.4. La température critique est 970°C. Peut-on considérer cette solution comme régulière?

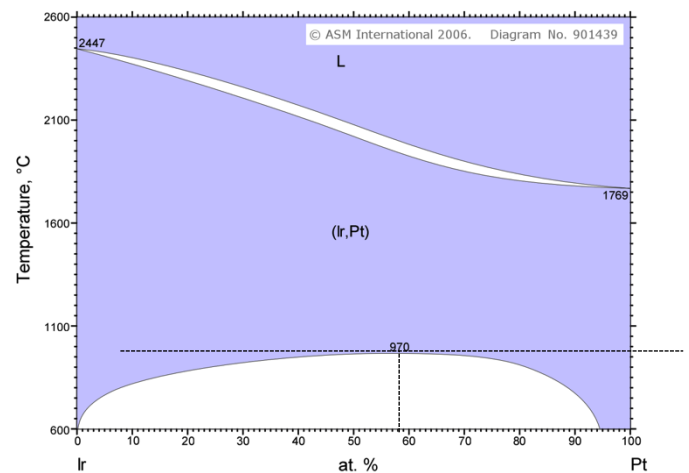


Fig.4. Diagramme Pt-Ir