

## 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  $\gamma$  (austénite, fcc) et la phase  $\alpha$  (ferrite, bcc) est de 910°C (Fig. 1). A cette température le paramètre de maille de la phase  $\gamma$  est  $a_\gamma = 0.3648$  nm et celui de phase  $\alpha$  est  $a_\alpha = 0.2906$  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  $\delta$  est une ferrite bcc similaire à  $\alpha$ . Estimez le changement de volume associé à la transformation.

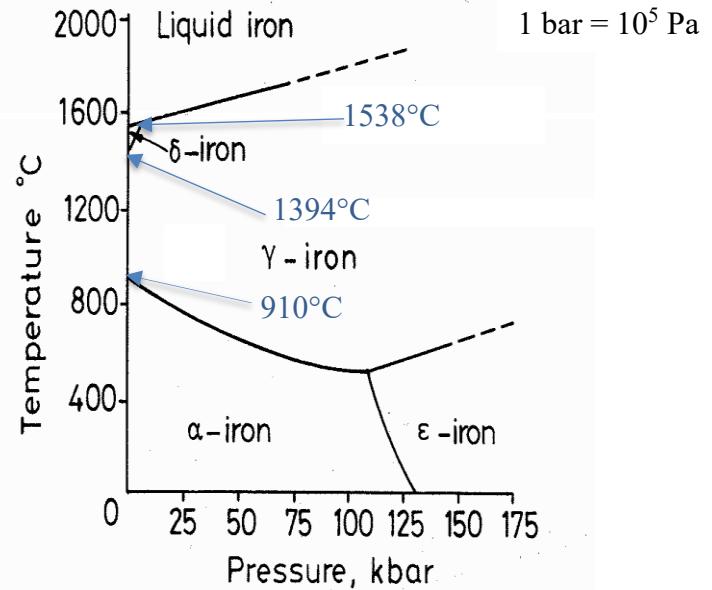


Fig.1 Diagramme (p,T) du fer pur

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) ?

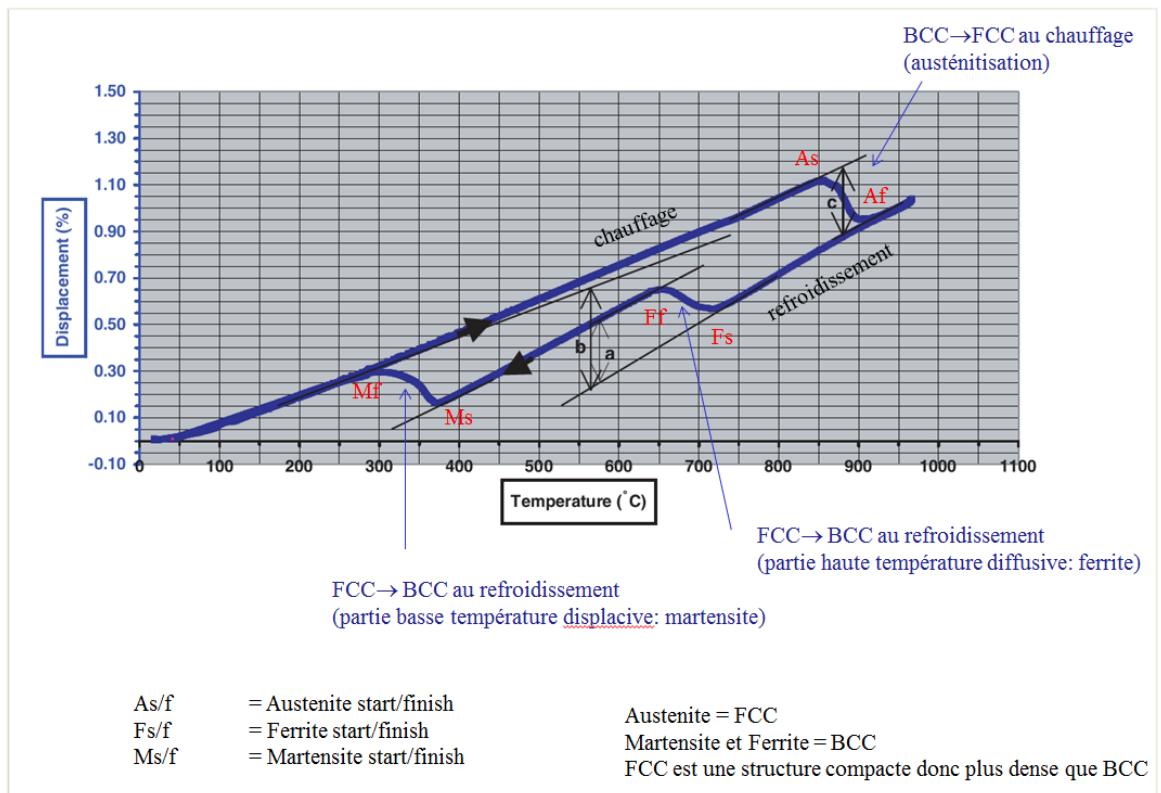


Fig. 2. Courbe de dilatométrie d'un acier

## 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 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.

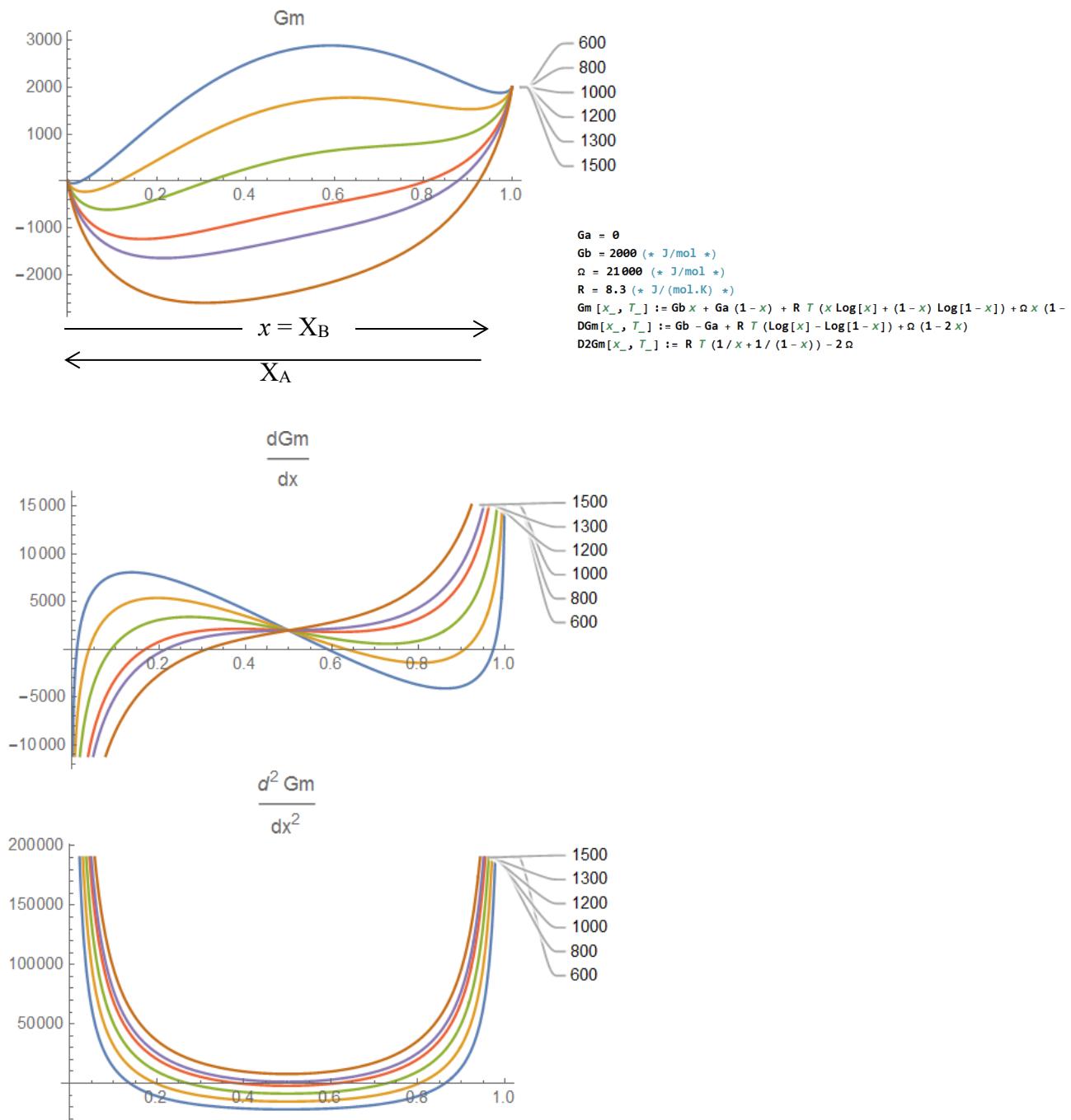


Fig.3 Courbes  $G^m$  avec ses dérivées 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> à différentes  $T$  (entre 600 et 1500 K).

- a. A partir des courbes, estimatez 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.
- 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  $G_B^m - G_A^m$ .
- c. Montrer géométriquement que la température critique est obtenue pour une fraction molaire  $x = \frac{1}{2}$  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  $T_c$ .
- d. 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).
- e. 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?

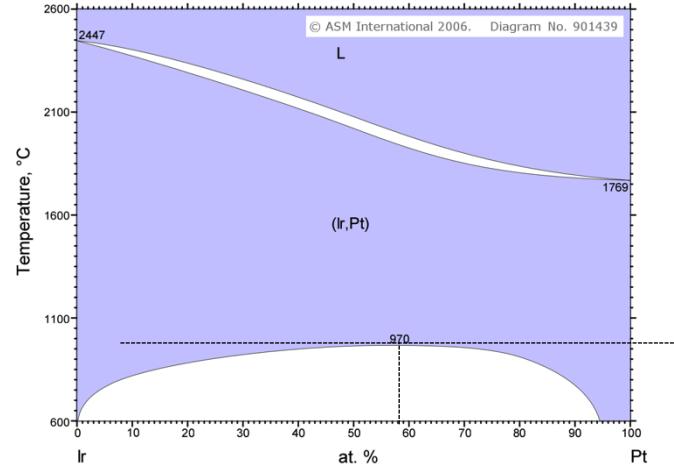


Fig.4. Diagramme Pt-Ir