

**Session de novembre 2017**

Toute documentation permise

Calculatrice non-programmable: modèles autorisés seulement

Durée: 3 heures

**14-MT-A1**

**Thermodynamique métallurgique**

### Question 1 (4 points)

Afin de produire 500 grammes de  $\text{Mg}_2\text{Pb}_{(s)}$ , on fait réagir de la fine poudre de magnésium (Mg) initialement à 25°C avec une quantité stœchiométrique de plomb (Pb) initialement à l'état liquide à 350°C. Si vous négligez la chaleur spécifique du creuset, calculez la chaleur (en kJ) à extraire du système si la réaction est complète et que le produit est à 25°C après son refroidissement.

Données :  $2 \text{Mg}_{(s)} + \text{Pb}_{(s)} \rightarrow \text{Mg}_2\text{Pb}_{(s)}$   $\Delta H^\circ_{298.15\text{K}} = -52.5 \text{ kJ/mol}$

$$T^\circ_{\text{fusion}}(\text{Pb}) = 327.45^\circ\text{C}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{fusion}}(\text{Pb}) = 4.774 \text{ kJ/mol}$$

$$C_p(\text{Pb}_{(s)}) = 24.272 + 0.008596 \cdot T(\text{K}) \text{ J/mol-K}$$

$$C_p(\text{Pb}_{(\text{liqu.})}) = 30.25 \text{ J/mol-K}$$

$$M_{\text{Mg}} = 24.305 \text{ g/mol} \quad \text{et} \quad M_{\text{Pb}} = 207.2 \text{ g/mol}$$

### Question 2 (4 points)

On désire augmenter la teneur en carbone d'une poudre de fer pour produire un acier doux austénitique à 0.20 % poids de carbone à l'aide d'un traitement thermique à 1250°C sous atmosphère de méthane ( $\text{CH}_4$ ) et d'hydrogène ( $\text{H}_2$ ). Si la pression totale ( $P_{\text{tot}}$ ) du four est fixée à 1.50 atm et que les fuites d'air sont négligeables, calculez les pressions partielles de méthane ( $P_{\text{CH}_4}$ ) et d'hydrogène ( $P_{\text{H}_2}$ ) (en atm) qui à l'équilibre chimique fixeront la bonne teneur en carbone de l'acier produit. Vous pouvez supposer que le gaz est idéal.



Le coefficient d'activité Henrien du carbone (état de référence = graphite) dans le fer austénitique à 1250°C vaut  $\gamma_C^\circ = 4.58$ .

$$M_{\text{Fe}} = 55.845 \text{ g/mol} \quad \text{et} \quad M_{\text{C}} = 12.0107 \text{ g/mol}$$

### Question 3 (4 points)

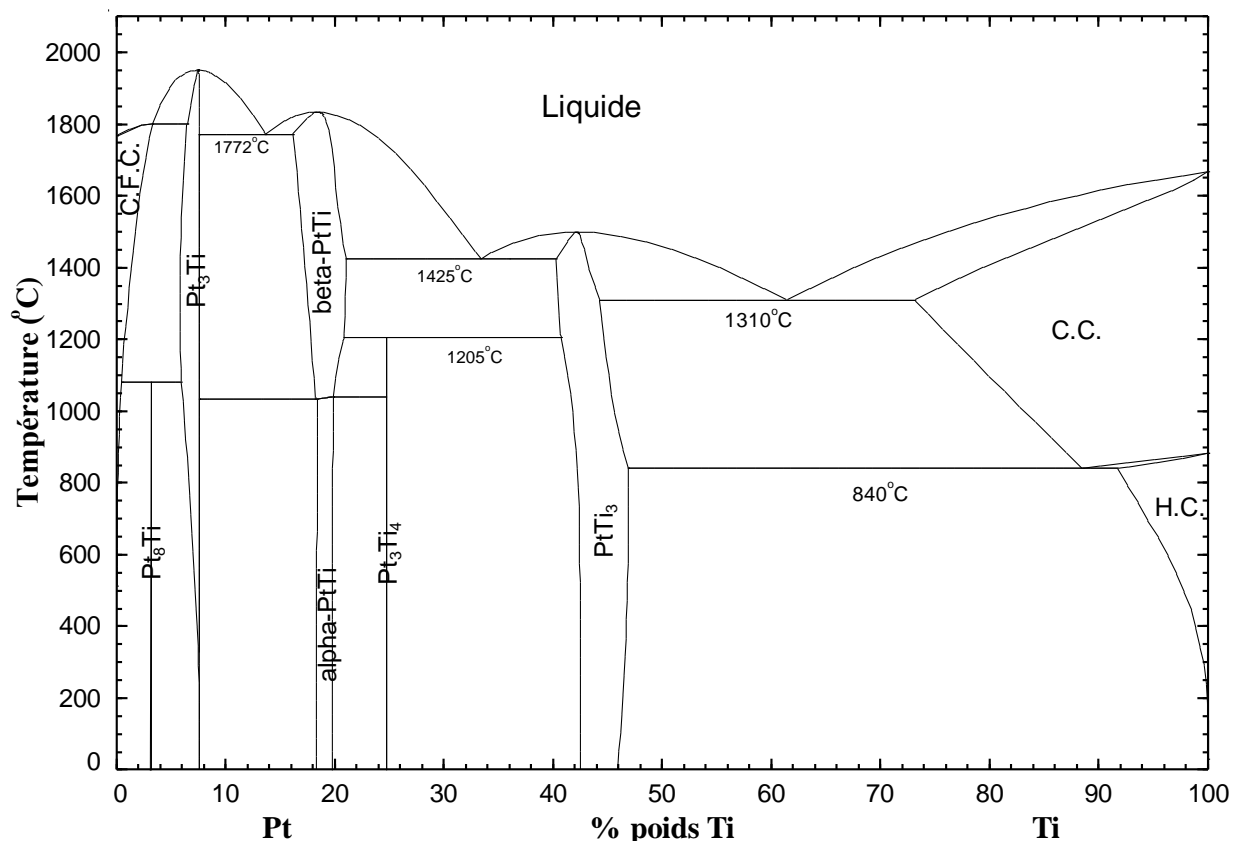
Pour la réaction  $\text{NaCl} + \text{K} \leftrightarrow \text{Na} + \text{KCl}$

La constante d'équilibre à 400K ( $K_{400}$ ) vaut 1391, alors qu'à 800K ( $K_{800}$ ) elle vaut 31. Calculez  $K_{600}$  à 600K. Précisez vos hypothèses.

#### Question 4 (4 points)

Le diagramme d'équilibre platine ( $M_{\text{Pt}} = 195.084 \text{ g/mol}$ ) – titane ( $M_{\text{Ti}} = 47.867 \text{ g/mol}$ ) est montré à la figure 1. Quatre alliages Pt-Ti sont étudiés, soient :

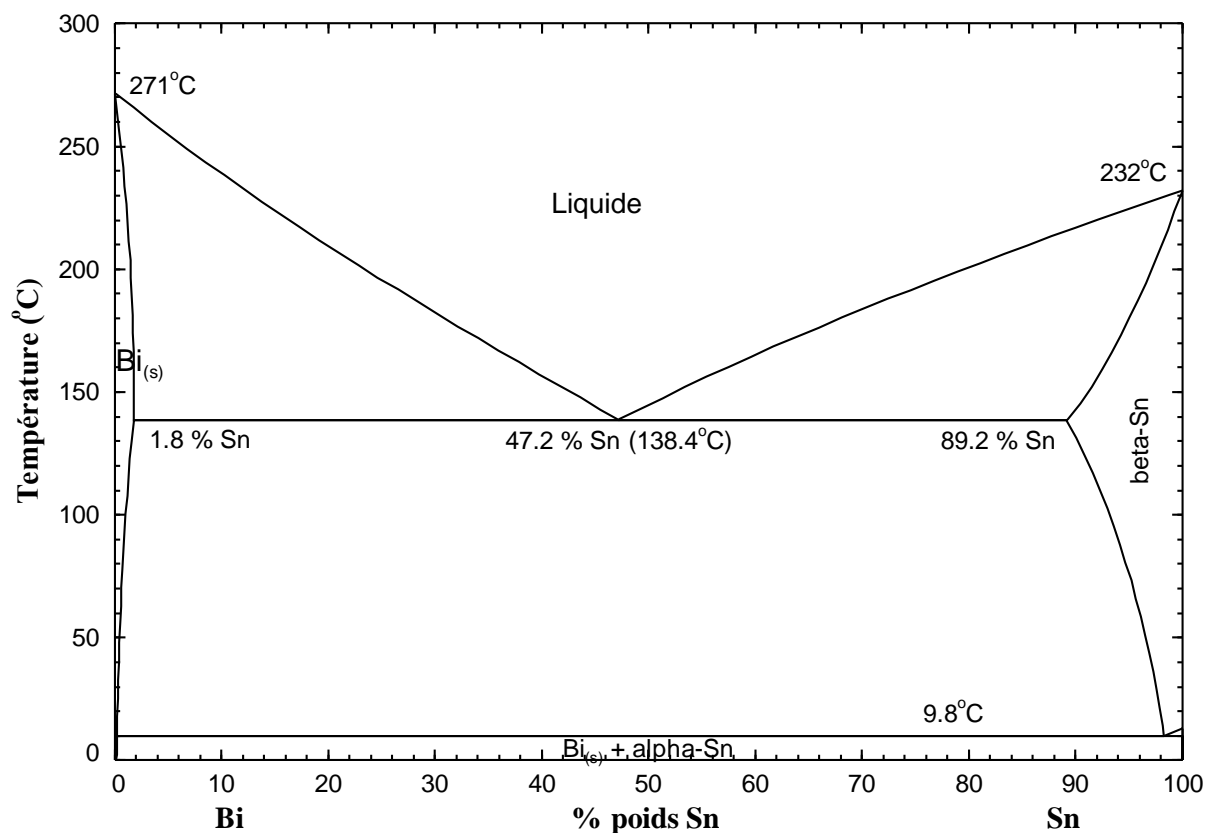
- alliage 26 % poids de Ti;
- alliage 90 % poids de Ti;
- alliage stœchiométrique  $\text{PtTi}_3$ ;
- un mélange de 0.6 grammes de l'alliage A et de 0.4 grammes de l'alliage B



**Figure 1: Diagramme d'équilibre Pt – Ti (en % poids Ti); Note: C.F.C = cubique-face-centrée, C.C. = cubique-centré, H.C. = hexagonale compacte.**

- À l'aide la de figure 1, donnez pour les alliages A à D la température la température du *liquidus* et la température d'apparition du liquide lors d'un chauffage de l'alliage;
- L'alliage B subit un recuit d'homogénéisation à 1200°C. Expliquer s'il est possible de lui faire subir ensuite un traitement thermique qui donnerait une microstructure stable ayant 95% massique de C.C. (cubique centré) et de 5% massique de la solution  $\text{PtTi}_3$ .
- Quels sont les noms usuels des invariants à 840°C, 1205°C et 1772°C et écrivez la réaction chimique qui se produit à l'invariant lors d'un refroidissement (*i.e.* Phase#1 + Phase#2  $\leftrightarrow$  Phase#3, en donnant le nom de la phase appropriée)

**Question 5 (4 points)**



**Figure 2: Diagramme d'équilibre Bi – Sn (en % poids d'étain)**

Le diagramme d'équilibre Bi-Sn (en % poids d'étain) est donné à la Figure 2. En plus de la solution liquide, deux solutions solides terminales sont présentes: Bi-rhombohédrique ( $\text{Bi}_{(s)}$ ) et beta-Sn. À très basse température, la structure beta-Sn se transforme en alpha-Sn.

Pour 50 grammes d'un alliage à 80 % poids Bi – 20 % poids Sn qui est refroidit de l'état 100% liquide en conditions d'équilibre:

- Donner la température à laquelle un premier solide sera formé lors de ce refroidissement;
- Donner la masse et la composition (% poids de Sn) des phases qui sont présentes à 138.5°C ;
- Donner la masse et la composition (% poids de Sn) des phases qui sont présentes à 138.3°C; donner de plus la masse de Bi-rhombohédrique<sub>pro-eutectique</sub>, Bi-rhombohédrique<sub>eutectique</sub> et beta-Sn<sub>eutectique</sub>.