

Comportement Mécanique des Matériaux

EPFL - Cours MSE 234, Edition 2025

Série d'exercices 4 du mercredi 8 octobre

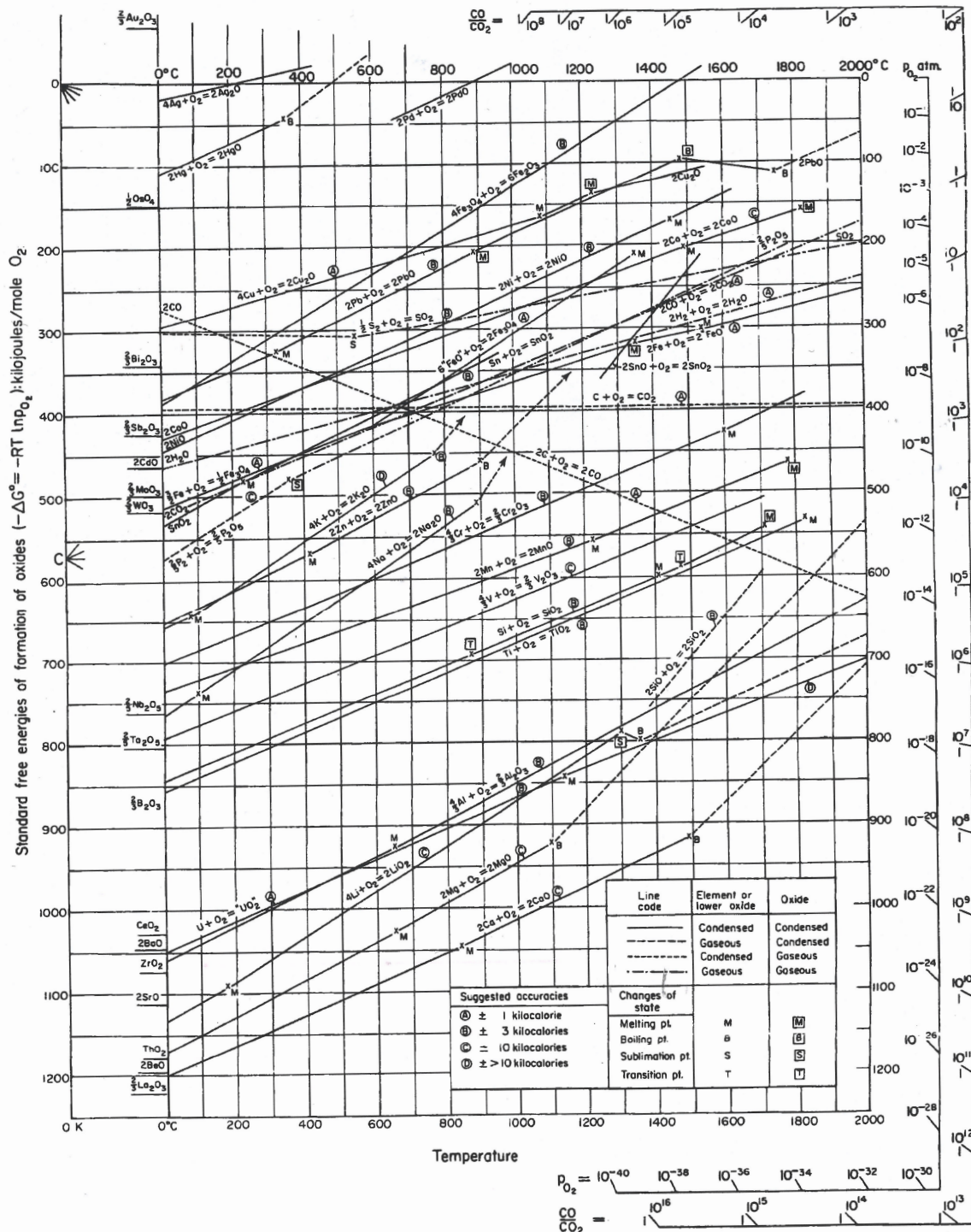


FIGURE IV-7 – Diagramme d'Ellingham.

Exercice 3-1

vrai ou faux ?

- a) Les ressources mondiales d'aluminium ont chuté brutalement en 1974 avec l'augmentation du prix du pétrole.
- b) Les réserves mondiales de cobalt, dont il existe des gisements importants au Congo (ex-Zaïre), peuvent être diminuées par les guerres civiles dans ce pays.
- c) Une augmentation du prix du pétrole rend l'aluminium moins attrayant que l'acier car la réduction de l'oxyde d'aluminium consomme nettement plus d'énergie que celle de l'oxyde de fer; donc quand le prix du pétrole augmente, la consommation d'aluminium décroît par rapport à celle de l'acier.

Exercice 3-2

Vous trouverez en première page le diagramme d'Ellingham.

Pour rappel : ce graphe donne le changement d'énergie libre ΔG accompagnant la formation de l'oxyde du métal M à partir de métal M et d'oxygène O_2 , la réaction étant écrite à chaque fois pour une mole d'oxygène O_2 . Les courbes sont tracées en supposant que tout gaz, y compris O_2 , intervenant dans la réaction est à une pression d'une atmosphère.

Comme vous l'avez aussi vu, le changement d'énergie libre ΔG correspondant à chacune de ces réactions est la somme du changement d'enthalpie ΔH (qui est la chaleur absorbée ou dégagée par la réaction, un dégagement de chaleur correspondant à $\Delta H < 0$), moins la température T (en degrés K) fois le changement d'entropie ΔS , lequel mesure le changement dans le degré de « désordre », ou en d'autres mots du nombre de configurations possibles, des atomes entre leur état au sein des réactifs et au sein des produits de la réaction:

$$\Delta G_{\text{réaction}} = G_{\text{produits de réaction}} - G_{\text{réactifs}} = \Delta H_{\text{réaction}} - T \Delta S_{\text{réaction}}$$

Avec

$$G_{\text{produits de réaction}} = H_{\text{produits de réaction}} - T S_{\text{produits de réaction}}$$

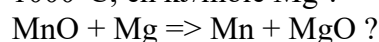
$$G_{\text{réactifs}} = H_{\text{réactifs}} - T S_{\text{réactifs}}$$

Comme vous le voyez ces courbes sont des segments de droite, avec pour implication que, le long de chacun de ces segments, $\Delta H_{\text{réaction}}$ et $\Delta S_{\text{réaction}}$ sont relativement constants.

a – Quel est le changement d'énergie libre $\Delta G_{\text{réaction}}$ correspondant à l'oxydation du magnésium à 1'000°C, en kJ/mole O_2 ?

b – Quel est le changement d'énergie libre $\Delta G_{\text{réaction}}$ correspondant à l'oxydation du magnésium à 1000°C, en kJ/mole **Mg** ?

c – Quel est le changement d'énergie libre $\Delta G_{\text{réaction}}$ correspondant à la réaction suivante à 1000°C, en kJ/mole Mg ?



d – Au vu de ce qui est énoncé au début de ce problème, pouvez-vous donner la raison pour laquelle presque toutes les courbes correspondant à des réactions où le métal et l'oxyde sont tous deux solides ont une pente positive ?

e – Une seule courbe a une pente nulle, et une seule (autre) courbe a une pente négative : pourquoi ces courbes ont-elles ces pentes ?

Exercice 3-3

Vous trouverez en première page le diagramme d'Ellingham.

Jacques a trouvé une mine à partir de laquelle il peut, après enrichissement du minerai, extraire de l'oxyde de nickel, NiO, à l'état de granulés relativement purs.

Près de sa mine Sophie a monté une usine produisant, par voie électrochimique à partir d'énergie solaire et à bas prix, de l'hydrogène H₂ à une pression d'une atmosphère.

Jacques vous demande s'il lui serait possible de produire du nickel (Ni) à partir de son minerai en circulant à 1000°C, à travers un lit poreux d'oxyde de nickel produit à partir de sa mine, l'hydrogène de Sophie.

(a) Ecrivez la réaction chimique par laquelle ce procédé produirait du nickel métallique.

(b) Que lui répondez-vous ? Cette extraction du nickel est-elle thermodynamiquement possible ou non ?

Nota: Justifiez votre réponse par référence au diagramme d'Ellingham, en marquant sur le diagramme le changement d'énergie libre correspondant à cette réaction et en écrivant ci-dessous votre raisonnement.

(c) Il s'avère que le NiO extrait de ce minerai contient un peu d'oxyde de manganèse (MnO). Est-ce que Jacques risque de trouver du manganèse dans le produit du procédé d'exposition du NiO à l'hydrogène de Sophie à 1000°C ?

Nota: Justifiez votre réponse par référence au diagramme d'Ellingham.

Exercice 3-7

a - Pourquoi la production d'aluminium est-elle souvent située à proximité de barrages hydroélectriques ?

b – Peut-on actuellement transformer la bauxite en aluminium sans émission de dioxyde de carbone ?

Exercice 3-8

Un métal voit sa production mondiale augmenter de 5% chaque année. Supposez pour simplifier que la durée de vie de tout ce qui est produit avec ce métal soit uniformément de 25 ans et qu'au bout de 25 ans le métal soit ou recyclé ou jeté.

Quelle est la valeur maximale possible du taux de recyclage de ce métal si on définit le taux de recyclage comme étant le pourcentage du métal produit à une date donnée qui est produit à partir de métal recyclé ?