UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA

Faculté de science et de la technologie

Département de Génie Mécanique

Filière : Génie Métallurgie

Niveau : M2

Module : Electrométallurgie de l'acier et ferroalliages

Travaux Dirigés N°2

Exercice 1

Le minerai de fer contient Fe_2O_3. On souhaite le réduire par **carbothermie** à 1000 °C selon la réaction globale :

$$\mathbf{Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO}$$

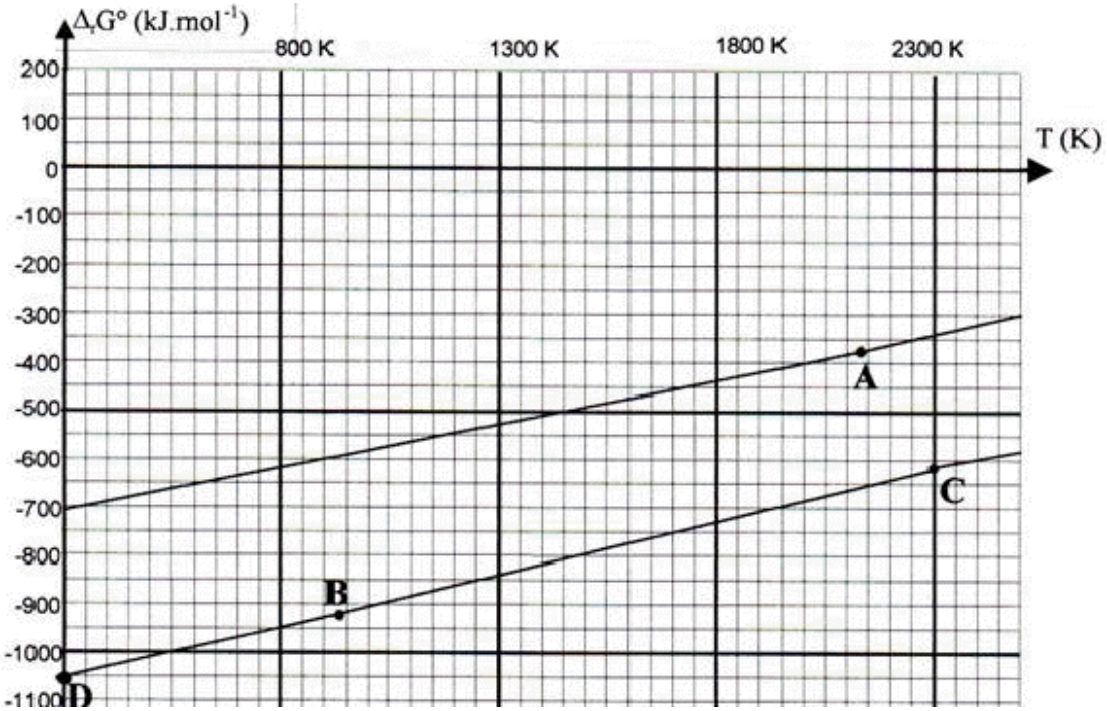
1. Écrivez les réactions intermédiaires possibles (réduction étape par étape) de Fe_2O_3 avec le carbone.
2. Calculez la masse de carbone nécessaire pour réduire complètement 160 g de Fe_2O_3.
3. Expliquez pourquoi la réaction est favorisée à haute température.
4. Quelle est l'influence du CO produit sur la cinétique de réduction dans un four métallurgique ?

Données :

Masse molaire : Fe_2O_3 = 159,7 g/mol, C = 12 g/mol

Exercice 2

Le diagramme d'Ellingham des systèmes Cr_2O_3 / Cr et Al_2O_3 / Al est fourni.



Ce diagramme représente l'enthalpie libre standard de formation des oxydes pour une mole de dioxygène en fonction de la température.

1) Écrire les équations donnant la réaction de formation de chaque oxyde sans indiquer les états physiques des espèces intervenant.
2) Compléter ce diagramme en indiquant pour chaque graphe le couple correspondant, sachant que l'aluminium est meilleur réducteur que le chrome.
3) Aux points A, B et C, on observe un faible changement de pente. Préciser les transformations physiques qui expliquent ces changements de pente.
4) Calculer à partir des données la valeur de la pente du segment DB puis celle du segment BC.
5) On précise qu'à l'état solide ou liquide, les espèces Al, Al_2O_3, Cr et Cr_2O_3 sont totalement non miscibles. Écrire l'équation de la réaction de réduction d'une mole de Cr_2O_3 par Al à 1300 K. Préciser s'il s'agit d'un équilibre chimique ou d'une réaction totale.

Corps pur	Température de fusion en K	Température d'ébullition en K
Aluminium Al	933	2740
Alumine Al_2O_3	2290	3250
Chrome Cr	2130	2940
Oxyde de chrome (III) Cr_2O_3	2710	4270

	$O_2(g)$	Al(s)	$Al_2O_3(s)$	Cr(s)	$Cr_2O_3(s)$
$\Delta_fH°$ $kJmol^{-1}$			-1676		-1140
$S°$ $JK^{-1}mol^{-1}$	205	28	51	24	81
$\Delta_{fus}H°$ $kJmol^{-1}$		11	109	15	
$\Delta_{vap}H°$ $kJmol^{-1}$		284		347	

Exercice 3

La poudre d'aluminium brûle très facilement ; la réaction est exothermique.

1. Ecrire la réaction du dioxygène sur l'aluminium.
2. Soit $\Delta rG°_1$ (T) la variation d'enthalpie standard de formation de l'oxyde d'aluminium pour la réaction de référence faisant intervenir une mole de dioxygène. Donner l'expression de $\Delta rG°_1$ (T) sur l'intervalle [250 K, 2500 K]. Tracer le graphe (1) correspondant .
   abscisses: 1 cm pour 125 K ; ordonnées :1 cm pour 50 $kJ.mol^{-1}$
3. Soit $\Delta rG°_2$ (T) l'enthalpie standard de la réaction: $2\ C + O_2 = 2\ CO$.
   -Donner l'expression de $\Delta rG°_2$ (T) sur l'intervalle [250 K, 2500 K]. Tracer le graphe (2) correspondant sur la même figure que le graphe (1).
4. Le carbone peut-il réagir sur l'oxyde d'aluminium ? Si oui, à partir de quelle température la réduction de l'oxyde d'aluminium est-elle théoriquement possible ? (les conditions sont telles que le carbure d'aluminium ne se forme pas). Cette méthode est-elle utilisée ?

   Les valeurs suivantes sont considérées comme constantes dans l'intervalle de température étudié [250 K , 2500 K]

corps	Al(s)	Al_2O_3 (s)	C(s)	$O_2(g)$	CO(g)	$CO_2(g)$
$S°$ $JK^{-1}mol^{-1}$	28	51	6	205	197	213
$\Delta_fH°$ $kJ.mol^{-1}$	0	-1674	0	0	-110	-393

Température de fusion de l'aluminium sous 1 bar : 933 K

Enthalpie molaire de fusion de l'aluminium à 933 K: $\Delta_{fusion}H° = 10,9\ kJ.mol^{-1}$.