

E.M.D. N°02

Exercice 1 (10pt)

Principaux oxydes de fer

Oxyde Oxygène	Composition %/t	Contenu t/t de fer
Fe ₂ O ₃	Fe : 69,94 O : 30,06	
Fe ₃ O ₄	Fe : 72,36 O : 27,64	
FeO	Fe : 77,73 O : 22,27	

- Compléter le tableau.

Pour un minerai réduit qui titrerait :

90 % Fe⁰

3 % Fe⁺⁺ (FeO)

- Calculer le degré de métallisation
- Calculer le degré de réduction
- Calculer le volume de H₂ en Nm³ pour réduire 5 tonnes de fer à partir de Fe₃O₄.
- Calculer la quantité nécessaire de Fe₃O₄ pour réduire 5 tonnes de fer.

1 normomètre cube (Nm³) de gaz correspondant à 1m³ de gaz mesuré dans les conditions normales de pression (1.013 10⁵ Pa) et de température (273.15 k)

$$R=8.314\text{J mol}^{-1}\text{ K}^{-1} \quad M_{\text{Fe}}=55,845\text{ g} \quad M_{\text{H}}=1\text{g} \quad M_{\text{O}}=16\text{g}$$

Remarque : en considérant que tout le fer initial était sous forme de Fe₃O₄

Exercice 2(5pt)

La technologie de réduction direct du minerai de fer utilisées à Tosyali (Oran) en Algérie est MIDREX. Décrire ce procédé.

Exercice 3(5pt)

Expliquez en détail le processus de réduction direct du minerai de fer de votre préférence

Corrigé type E.M.D. N°02

Exercice 1

Oxyde Oxygène	Composition %/t	Contenu t/t de fer
Fe ₂ O ₃	Fe : 69,83 O : 30,17	0.432
Fe ₃ O ₄	Fe : 72,46 O : 27,54	0.380
FeO	Fe : 77,55 O : 22,45	0.289

$$Fe_T = 90 + 3 = 93\%$$

en considérant que tout le fer initial était sous forme de Fe₃O₄ (d'après le tableau, la teneur en oxygène était donc de :

$$93 \times 0,380 = 35.34\%$$

La teneur en oxygène en FeO

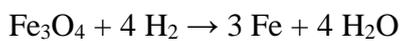
$$3 \times 0,289 = 0,867\%$$

Le degré de métallisation

$$M = 80 / 93 = 96,77\%$$

Le degré de réduction

$$R = (35.34 - 0,867) / 35.34 = 97,55\%$$



Pour 1 mole d'atome de Fe (55,845 g) → 4/3 mole de H₂ (2*3/2=3 g)

Pour 1 t de Fe → 33/55.845=0.054 t de H₂

Pour 5t de Fe → 5*0.054 =0.27 t de H₂

$$V = nRT/P = mRT/(PM) = 0.27 * 10^6 * 273.15 / (1,013 * 10^5 * 2) = 364.02 \text{ Nm}^3$$

Pour 1 mole d'atome de Fe (55,845 g) → 1/3 mole de Fe₃O₄ ((3*55,845+4*16)/3=77.178 g)

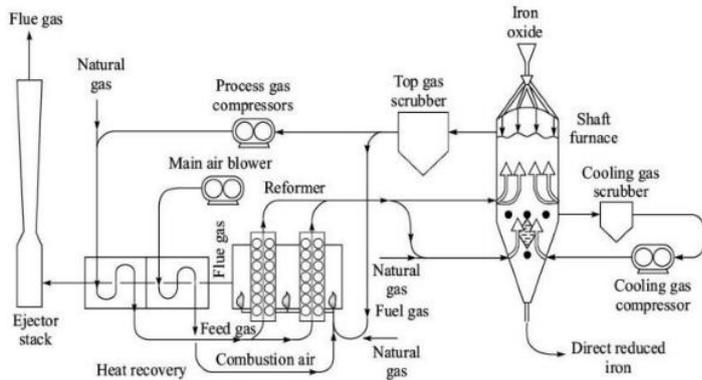
Pour 5t de Fe → 5*77.178 / 55,845 = 6.91 t de Fe₃O₄

Exercice 2

-Procédé MIDREX

MIDREX a construit plus de 70 modules de four à cuve dans 21 pays dans le monde depuis 1969. La production de DRI (Direct Reduced Iron, ou éponge de fer) par le procédé MIDREX représente environ 65% de la production mondiale soit 47 Mt en 2016 [36]. Le procédé MIDREX utilise généralement le gaz naturel comme source de gaz réducteur et source d'énergie, mais une variante connue sous le nom de MXCOL utilise le charbon qui est gazéifié. Une installation de réduction directe de type MIDREX est composée de deux unités principales: le four à cuve où le minerai de fer est réduit, et le reformeur qui

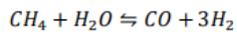
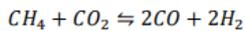
génère le gaz de réduction envoyé dans le four à cuve, auxquelles il faut ajouter le système de production et de récupération de chaleur .



Procédé MIDREX

Réduction : Le minerai de fer, en boulettes ou en morceaux, est introduit au sommet du four à cuve. Lors de sa descente dans le four par gravité, la charge solide s'échauffe et l'oxygène est éliminé du minerai de fer (réduction) par des gaz réducteurs remontant à contre-courant (H₂ et CO). Ces gaz réagissent avec les oxydes de fer (Fe₂O₃, Fe₃O₄ et FeO) du minerai et les convertissent en fer métallique, produisant en même temps H₂O et CO₂. Le DRI est refroidi et cémenté par un gaz de refroidissement (méthane) entrant dans la partie inférieure du four à cuve. Le plus souvent, le DRI froid est stocké pour une utilisation ultérieure dans un four d'aciérie électrique (EAF) voisin. Le DRI peut également être déchargé à chaud et alimenter une machine de briquetage pour la production de fer briqueté à chaud (HBI, Hot Briquetted Iron), ou bien alimenter à chaud un four électrique (EAF).

Reformeur: Le gaz de tête (sortant par le haut du four à cuve), après lavage et élimination éventuelle du CO₂, est recyclé et divisé en deux parties : une partie est utilisé comme gaz combustible et l'autre partie est mélangée avec du gaz naturel et alimente le reformeur. Il s'agit d'une chambre revêtue de réfractaires contenant des tubes en alliage remplis de catalyseur. Le gaz est chauffé et reformé lorsqu'il traverse les tubes, selon les réactions principales :



Le gaz reformé, un syngaz contenant 88 à 92% de H₂ et de CO (base sèche), est ensuite introduit dans le four à cuve comme gaz réducteur. Production et récupération de la chaleur : Dans le procédé MIDREX, la chaleur est produite en plusieurs endroits par combustion du gaz naturel. Le four à cuve lui-même est chauffé par les gaz réducteurs, ce qui impose de faire circuler un débit suffisant dans le système (4 à 5 fois le débit stœchiométrique nécessaire à la réduction). Une intégration énergétique permet d'optimiser le procédé. Il y a notamment un important système de récupération de chaleur en amont de reformeur. Une partie de la chaleur sensible du gaz de combustion du reformeur est récupérée pour préchauffer le mélange de gaz d'alimentation, l'air de combustion du brûleur et l'alimentation en gaz naturel.

Exercice 3