

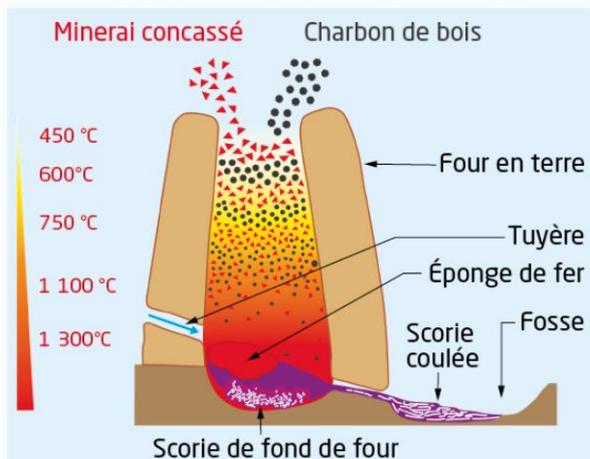
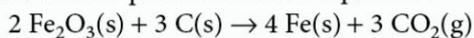
Correction Activité documentaire n°1.2 :
Débuts et avenir de la métallurgie.

L'âge du fer débute vers 1100 avant J.C dans le monde méditerranéen. Ce précieux métal est obtenu par réduction d'un minerai (magnétite Fe_3O_4 ou hématite Fe_2O_3) par du charbon dans un bas fourneau. Aujourd'hui cette technique se développe à nouveau car elle ne nécessite pas d'infrastructures aussi importantes que les hauts fourneaux.

Quelles proportions de charbon et de minerai faut-il utiliser pour obtenir du fer ?

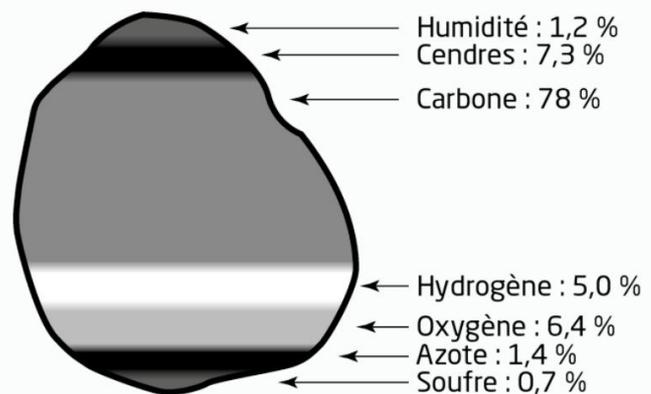
DOCUMENT Principe de fonctionnement d'un bas fourneau

- Sur un lit incandescent de charbon de bois, on dépose successivement des couches de minerai concassé (2 kg à la fois) et de charbon de bois essentiellement constitué de carbone (8 L pour chaque couche).
- Les transformations qui ont lieu dans le bas fourneau sont modélisées par la réaction d'équation :



DONNÉES Charbon de bois

- Masse volumique du charbon de bois : $\rho = 0,16 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Composition massique du charbon de bois :



- Masses molaires des éléments : [→ **Rabat**].

S'approprier :

1.a) **Estimer** la température approximative à laquelle se fait la réduction du minerai dans le bas fourneau.

D'après le document, la température du bas fourneau est située entre 600°C et 1300 °C ; c'est le lieu de la réduction du minerai, sa transformation se fait donc dans cette plage de températures.

1.b) **Proposer** une explication au rôle de la tuyère.

La tuyère permet d'apporter du dioxygène.

Remarque : Le fonctionnement du bas fourneau peut être décrit par un ensemble de transformations chimiques parmi lesquelles il y a oxydation du carbone par le dioxygène de l'air, pour produire du dioxyde de carbone et du monoxyde de carbone. Ce dernier réduit le minerai de fer en fer. L'équation de réaction donnée dans le document ne reprend pas en détail l'ensemble des transformations chimiques.

1.c) **Identifier** la nature endothermique ou exothermique de la transformation du minerai.
La combustion du charbon libère l'énergie nécessaire à la transformation du minerai ; celle-ci est donc endothermique.

1.d) **Identifier** l'état physique (solide ou liquide) dans lequel est obtenu le fer dans ce type d'installation.

L'expression « éponge de fer » indique que le fer est obtenu sous forme solide ; l'équation de réaction le confirme.

Analyser, raisonner :

2.a) **Déterminer** la masse de charbon introduit dans une couche d'un bas fourneau.

Chaque couche de charbon a un volume $V=8,0$ L. D'après les données, la masse volumique du charbon de bois est $\rho = 0,16$ kg.L⁻¹.

Il vient $m = \rho \times V = 0,16 \times 8,0 = 1,3$ kg.

2.b) **En déduire** la masse de carbone introduit dans le fourneau pour chaque couche.

D'après les données, le charbon contient 78% en masse de carbone ; soit m_c la masse de carbone dans une couche : $m_c = 0,78 \times m = 0,78 \times 1,3 = 1,0$ kg.

Réaliser, calculer / Valider:

3.a) **Calculer** la masse molaire de l'hématite.

La formule brute de l'hématite est Fe_2O_3 ; sa masse molaire s'exprime par :

$$M_{\text{hématite}} = 2 \times M(Fe) + 3 \times M(O) = 2 \times 55,8 + 3 \times 16,0 = 159,6 \text{ g.mol}^{-1}$$

3.b) **Déterminer** les quantités de carbone et d'hématite Fe_2O_3 contenus dans chaque couche.

La quantité de matière de chaque espèce dans le mélange est déterminée à partir de sa masse et de sa masse molaire : $n = \frac{m}{M}$

- Carbone : $n_c = \frac{1,0 \times 10^3}{12} = 83$ mol
- Hématite : $n_{Fe_2O_3} = \frac{2 \times 10^3}{159,6} = 13$ mol

3.c) **Identifier** le réactif qui est utilisé comme réactif limitant.

Comparons les rapports : quantité de matière sur nombre stœchiométrique.

Les nombres stœchiométriques sont respectivement 3 pour le carbone et 2 pour l'hématite ;

$$\frac{n_c}{3} = \frac{83}{3} = 28 \text{ mol} \quad \frac{n_{Fe_2O_3}}{2} = \frac{13}{2} = 6,5 \text{ mol}$$

La comparaison donne $\frac{n_{Fe_2O_3}}{2} < \frac{n_c}{3}$; donc le réactif limitant est l'hématite.

3.b) **Proposer** une explication pour ce choix.

Le minerai est utilisé en tant que réactif limitant pour s'assurer qu'il sera totalement réduit ; c'est l'espèce chimique la plus précieuse.

Remarque : L'excès de carbone est très large ; une partie de celui-ci est oxydé en dioxyde de carbone par le dioxygène de l'air et ne participe pas à la réduction du minerai. Ainsi, la comparaison des nombres stœchiométriques est peu pertinente dans le cas d'un système siège de plusieurs transformations chimiques, comme cela est probablement le cas ici.