

V - La métallurgie du fer

a. Sources des minerais

$$E^0(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = -0.44 \text{ Volt et } E^0(\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}) = 0.77 \text{ Volt}$$

Le fer a un comportement réducteur, il existe donc rarement à l'état natif. On le trouve donc sous forme oxydée (Fe^{2+} ou Fe^{3+}).

Pour la métallurgie, le minerai doit avoir une teneur > 30% en fer.

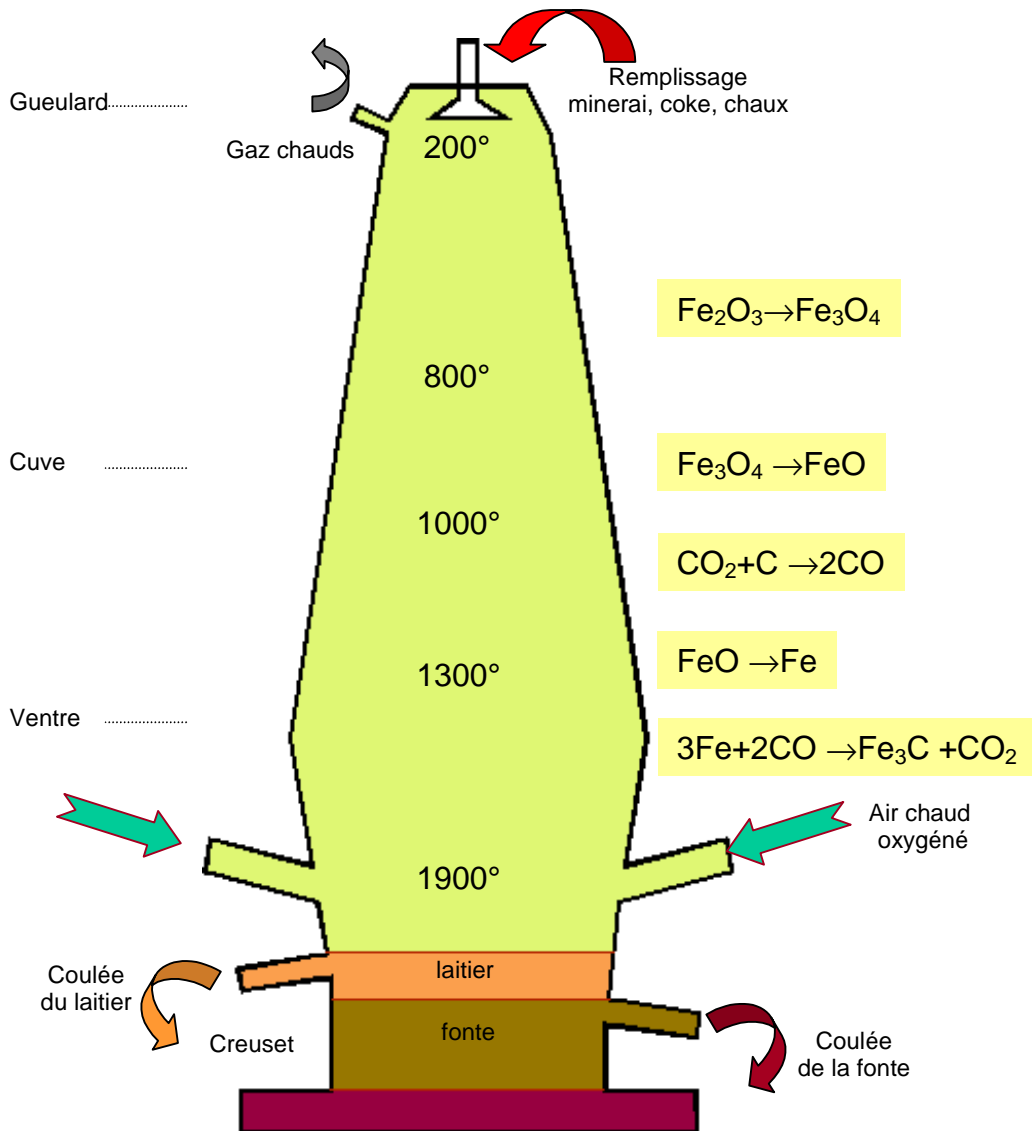
Principaux minerais :

Oxydes	Fe_2O_3 Fe_3O_4 $2\text{Fe}_2\text{O}_3, 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$	hématite rouge magnétite noire (Suède) limonite (minette de lorraine)
Carbonates	FeCO_3	goethite siderose
Sulfures	FeS_2	pyrite

b. Aspects industriels.

Préparation de la fonte : le haut-fourneau

- Réduction des oxydes par CO



Matières premières :

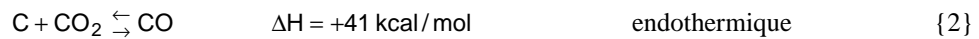
Minerais	oxydes de fer hydratés ou non, ferrailles
Coke	coke métallurgique (grande résistance à l'écrasement, blocs de 10 à 15cm)
Fondants	pour éliminer la gangue du minerai par formation du laitier qui se sépare de la fonte par différence de densité : Si la gangue est acide (SiO ₂ ou Al ₂ O ₃), on ajoute CaCO ₃ sous forme de castine. Si la gangue est basique (calcaire) on ajoute de l'argile (SiO ₂ + Al ₂ O ₃). → formation de silicate de Calcium (CaSiO ₃ , ou d'oxydes mixtes comme CaAl ₂ O ₄).
Air chaud	introduit à la base du haut-fourneau (vers 800°C); cet air est suroxygéné et souvent on ajoute du fuel qui par crackage thermique fournit H ₂ (autre réducteur possible pour Fe ₂ O ₃ .

Produits obtenus

Fonte liquide	à 1500-1600°C (alliage fer-carbone avec 2.0<%C<6.7 essentiellement sous forme de cémentite Fe ₃ C)
Laitier	au-dessus de la fonte : silicate double de Calcium et Aluminium + oxyde de fer et MgO
Gaz de haut fourneau	à la sortie du "gueulard" (T≈ 300°C), essentiellement CO+CO ₂ +N ₂ +H ₂ . Ces gaz sont dépoussiérés (suppression des oxydes et du carbone) puis envoyés vers les cowpers (tours de 35 à 45m de haut, 8 à 10m de diamètre remplies de briques réfractaires qui récupèrent la chaleur produite par la combustion du CO avec l'oxygène). Ensuite on envoie de l'air froid sur les briques chaudes pour alimenter le haut-fourneau.

- Fonctionnement du haut-fourneau : **Réduction des oxydes de fer et des autres oxydes métalliques par CO**

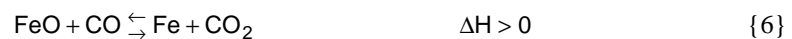
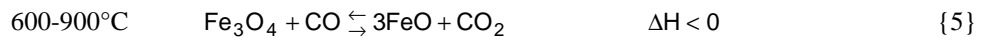
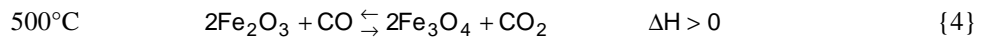
Production du CO



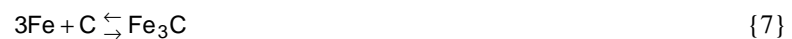
A haute température (T>700°C), l'équilibre {2} est déplacé vers la droite.

Réduction des oxydes de fer

150°C déshydratation



Au niveau du ventre (1300-1500°C) se produit l'étape de cémentation (carburation du fer)



Bilan : les oxydes de fer ont formé la fonte à 1500°C (quelques impuretés) et la gangue le laitier.

- Caractéristiques moyennes d'un haut-fourneau :

Production 4 M t/an

Consommation et production pour 1 tonne de fonte:

Minerai	2 à 3 tonnes
Coke	400kg
Laitier	300-500 kg
Gaz	400 m ³

Un haut-fourneau moderne fait 100m de haut, 14m de diamètre et produit 10000t/jour.

- Caractéristiques moyenne d'une fonte, du laitier et du gaz (au gueulard) :

Fonte (%poids)		Laitier (%poids)		Gaz (% volume)	
93	Fer	38	CaO	56	N ₂
4	C	36	SiO ₂	28	CO
1	Mn	15	Al ₂ O ₃	13	CO ₂
0.5 à 2	Si	5 à 6	MgO	3	H ₂
0.1 à 2	P	1 à 2	Fe ₂ O ₃		
0.05	S	0.3 à 1	Mn		

