
La réduction directe : principe de fonctionnement du procédé Midrex et perspectives pour la décarbonation de la sidérurgie

Thibault Quatravaux*¹

¹Institut Jean Lamour – LabEX DAMAS, Université de Lorraine, CNRS : UMR7198 – France

Résumé

La réduction du fer est historiquement obtenue à l'échelle industrielle en utilisant le carbone et l'hydrogène comme agents réducteurs sous la forme de CO et de H₂. Ces agents réducteurs sont issus de la décomposition de matières carbonées telles que le coke, le charbon et les hydrocarbures. L'emploi massif de carbone fossile (charbon, coke et gaz naturel) par la sidérurgie est responsable d'environ 7 % des émissions de CO₂ anthropique.

Il existe deux principales routes d'élaboration du fer métallique à partir du minerai :

- Le haut fourneau fait partie d'un ensemble de procédés de pyrométallurgie appelé usine intégrée, composé par ailleurs de cokeries, d'unités d'agglomération et de convertisseurs à oxygène. L'usine intégrée est actuellement en France la seule route métallurgique de production d'acier à partir du minerai de fer dont les derniers sites de production sont situés à Dunkerque et Fos Sur Mer.
- Les procédés de réduction directe, dont la compagnie Midrex est majoritairement représentative, produisent du fer métallique à partir de minerai à plus basse température sans fusion de la matière, le plus souvent en utilisant du gaz naturel comme agent réducteur et source de chaleur. Le produit issu de cette réduction, une fois refroidi, peut être utilisé dans une aciérie électrique.

A ce jour, la réduction directe est la principale alternative à l'usine intégrée, représentant en 2022 environ 10 % de la production d'acier à partir de minerai. L'utilisation du gaz naturel en tant qu'agent réducteur permet de diviser par deux les émissions de CO₂ par tonne de fer réduit par rapport à la filière de l'usine intégrée.

La présentation portera sur la description du procédé Midrex, et plus particulièrement sur son point de fonctionnement.

L'exposé mettra en lumière les principaux organes qui composent ce procédé ainsi que les mécanismes de transformations successives du minerai, liés aux contraintes thermodynamiques de réaction et à la configuration gaz-solide à contre-courant du réacteur.

Une dernière partie sera consacrée aux possibilités d'évolution de ce procédé pour décarboner la production de fer métallique. Elle consiste à substituer le gaz naturel par du dihydrogène en tant qu'agent réducteur. Les modifications de ce type d'installation et les conséquences de cette évolution sur le point de fonctionnement seront abordées.

*Intervenant