

Caractérisation de la variabilité de la microstructure et de la composition chimique des éléments en fers puddlé de la halle de la gare d'Austerlitz (Paris)

Contexte

Le fer puddlé est un matériau issu de la décarburation (affinage) de la fonte dans un four à réverbère, en dessous de la température de fusion du fer ou de l'acier. C'est un produit hétérogène contenant de nombreuses particules de seconde phase (inclusions non métalliques) piégées dans le métal lors de cet affinage. Il a massivement été utilisé au 19ème siècle pour la construction de halles et d'autres ouvrages d'art (tour Eiffel, viaduc de Garabit,...). La maintenance de ces constructions en fer puddlé ainsi que le réemploi de leurs éléments constitutifs (poutrelles, cornières,...) dans une perspective de développement soutenable des sociétés est un enjeu majeur actuellement.

Or, même si certaines études se sont intéressées aux caractéristiques et au comportement mécanique du matériau, finalement assez peu d'études ont concerné la variabilité de la microstructure et de la chimie du matériau, celles-ci ayant une influence majeure sur ce comportement mécanique.

A ce stade plusieurs questions sont posées à l'histoire des techniques :

- existe-t-il une ou plusieurs sortes de fers puddlé, si on considère les éléments pouvant varier (nature et composition des inclusions, composition en élément mineurs de la matrice métallique et notamment en phosphore).
- Quelles sont les conditions de production qui amènent à cette variabilité, et sont-elles liées à une source (producteur) spécifique ?

En complément des approches sur les sources écrites (traités, normes, etc), l'analyse physicochimique des matériaux anciens (appelée également archéométrie) peut permettre de contribuer à répondre à ces questions. C'est dans cette optique que se place le travail proposé ici.

Il s'agira de considérer différents éléments en fers puddlé prélevés sur la halle de la gare d'Austerlitz (1867) et d'en caractériser la microstructure et la variation chimique locale. Le corpus sera complété par d'autres éléments en fer puddlé bien situés dans leur contexte historique (identification du producteur dans l'idéal). Les méthodes de caractérisation appliquées seront celles de la science des matériaux. Un examen métallographique (Microscopie optique et électronique à balayage) sera effectué permettant de déterminer la teneur en carbone, la taille des grains et la présence et la distribution du phosphore. Celle-ci sera quantifiée par des mesures ponctuelles par microsonde de Castaing (ou EPMA). Des analyses de micro-dureté seront réalisées afin de contribuer à déterminer la qualité des matériaux et leur degré d'homogénéité en lien avec la composition chimique. Une attention particulière sera portée sur les inclusions non métalliques, particules de scories piégées lors de l'affinage dans le matériau, donc témoins des processus physico-chimiques en œuvre lors de cette étape de production. En plus de leur taille et distribution, la nature de leurs phases constitutives sera étudiée à l'échelle micrométrique ainsi que leur composition chimique (MEB-EDS et spectroscopie Raman). Le croisement de ces observations devrait permettre de cerner la variabilité de la production (de l'utilisation) dans un ouvrage d'art emblématique de l'utilisation du fer puddlé, voire de pister différentes sources de matériau, différentes pratiques

du puddlage et différentes typologies. L'examen d'autres éléments bien situés historiquement devrait permettre de préciser la variabilité de la nature de la production.

Profil recherché :

archéométrie, métallurgie, science des matériaux, curiosité intellectuelle, ouverture d'esprit

Environnement de travail :

Le stage de master se déroulera au Laboratoire Métallurgies et Cultures – IRAMAT, à l'UTBM de Sévenans (90). Des déplacements seront à prévoir en région parisienne, au LAPA-NIMBE-IRAMAT situé au CEA Saclay pour la réalisation de certaines analyses.

L'étudiant-e sera intégré-e à une équipe de recherche interdisciplinaire dont les compétences concernent notamment la caractérisation des matériaux anciens. Il collaborera avec les chercheurs en histoire des techniques de l'équipe de recherche RECITS-FEMTO de l'UTBM. Les échanges seront également étroits avec l'entreprise A-CORROS, bureau d'études spécialisé dans les matériaux métalliques historiques, la corrosion et la conservation-restauration du patrimoine, qui fournira les échantillons et qui dispose en outre d'une conséquente base de données relative aux fers puddlés.

Encadrement :

M. Berranger (IRAMAT-LMC-UMR7065), P. Dillmann (IRAMAT-LAPA-NIMBE-UMR7065-UMR3685), Delphine Neff (NIMBE-UMR3685), Jean-Bernard Memet (A-CORROS)

Contact :

Marion Berranger : marion.berranger@utbm.fr