

Le Microscope électronique à balayage (MEB/SEM)

Le monde de « l'infiniment petit » adapté à l'industrie

cetim.fr

Le microscope électronique à balayage est un moyen d'analyse utilisé dans le cadre d'expertises et de caractérisation des matériaux adapté à l'industrie.

Le Microscope électronique à balayage conventionnel (MEB ou SEM pour Scanning Electron Microscopy) est un équipement capable de produire des images à haute résolution de la surface d'un échantillon en utilisant le principe des interactions électrons-matière.

Des images à plus haute résolution peuvent être obtenues avec un microscope à effet de champ (FEG pour Field Emission Gun) qui permet alors d'obtenir des grossissements de l'ordre de 100 000.

Au Cetim, les détecteurs EDS (Energy Dispersive Spectrometry) et WDS (Wave Length dispersive Spectrometry) sont systématiquement couplés au MEB afin de disposer d'outils d'analyses chimiques complémentaires.

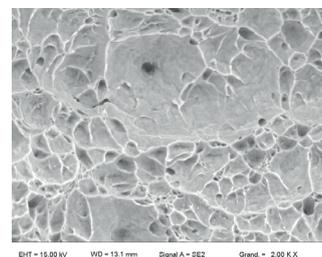
Atouts

- ▶ Examens de tout type de surface sans préparation préalable (grâce à une bonne profondeur de champ)
- ▶ Observations de tous types de matériaux métalliques ou non-métalliques
- ▶ Résolution de quelques nanomètres
- ▶ Examen de surfaces de pièces de faible dimension
- ▶ Examen non destructif avec une taille maximale d'échantillon de 10 cm² environ

Mise en œuvre du MEB

- ▶ Observations :
 - de faciès de rupture pour déterminer le mode d'endommagement (brutal, fragile, fatigue...)
 - et détecter des défauts intrinsèques au matériau de type inclusion...
 - de pièces corrodées
 - de surfaces endommagées par l'usure (abrasion, cavitation, frottement)
 - de revêtements de très faibles épaisseurs
- ▶ Analyses chimiques localisées par EDS et/ou WDS
 - d'un matériau
 - de dépôts
 - de particules ou copeaux
 - de revêtements
 - d'inclusions, de phases de structures métallographiques sur coupes micrographiques
 - de couche de traitement thermo-chimique (nitruration, cémentation, carbonitruration...)

Pour le cas de pièces de faibles dimensions, ces deux méthodes peuvent être une alternative à l'analyse chimique classique par spectrométrie d'émission optique et plasma.

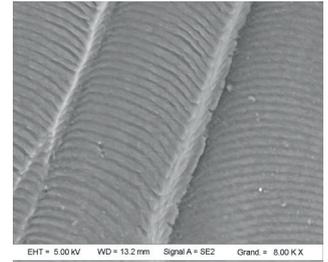
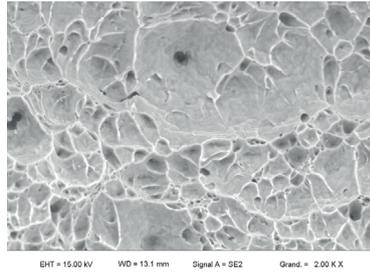
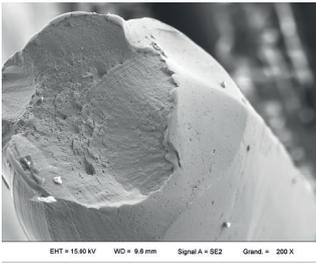


EDS et WDS, principe et prescriptions

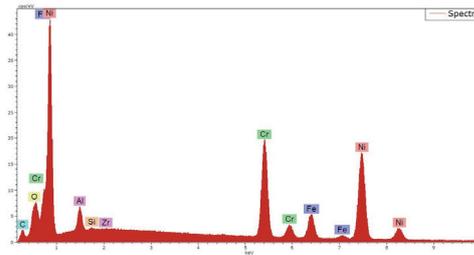
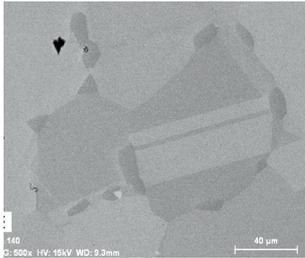
- ▶ EDS (Energy Dispersive Spectrometry) : analyse qualitative et semi-quantitative par spectrométrie sélective de rayons X - technique d'analyse rapide, ponctuelle (volume d'analyse minimal 1 μm³)
 - spectre avec identification des éléments présents à partir de l'élément bore
 - profil des éléments au travers d'une couche
 - cartographie X (répartition des éléments)
 - comptage de particules
- ▶ WDS (Wave length Dispersive Spectrometry) : analyse quantitative par spectrométrie à dispersion en longueur d'onde – analyse plus longue nécessitant une préparation :
 - analyse complémentaire de traces et des éléments légers

Exemples d'application du MEB et analyses associées

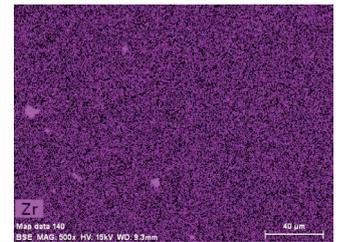
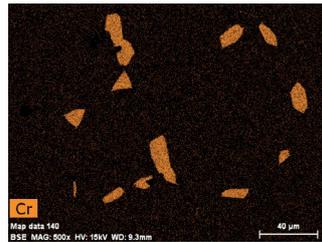
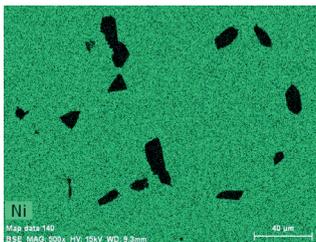
- ▶ Images au MEB d'une rupture de fil : faciès à cupules et rupture par fatigue



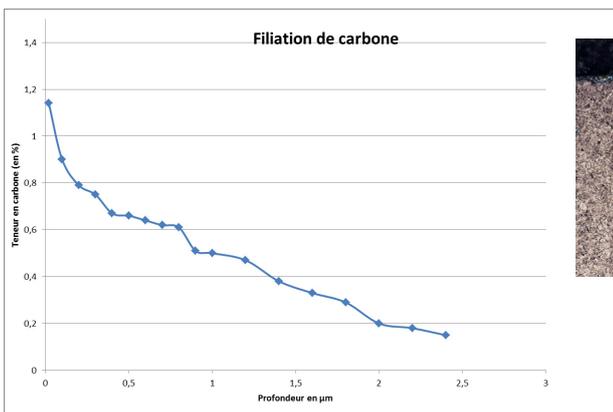
- ▶ EDS : analyse des éléments présents dans la zone observée



- ▶ Cartographie X : répartition des éléments avec mise en évidence de carbures de chrome et précipités de zirconium



- ▶ WDS : profil de carbone dans une zone cémentée et composition chimique d'un copeau



| Élément | Teneur en % | |
|---------|--------------------|---|
| | Copeau | Nuance X5CrNi18-10 (ou AISI 304) selon NF EN 10088-3 (2014) |
| Mn % | 0,58 | 2,00 maxi |
| Si % | 0,07 | 1,00 maxi |
| S % | 0,005 | 0,030 maxi |
| P % | 0,009 | 0,045 maxi |
| Ni % | 8,4 | 8,0 – 10,5 |
| Cr % | 18,6 | 17,5 – 19,5 |
| Cu % | 0,15 | |
| Fe % | Complément à 100 % | Complément à 100 % |

- ▶ une équipe de spécialistes en microscopie électronique à balayage
- ▶ 3 microscopes dont 1 à haute résolution (FEG)
- ▶ systèmes d'analyses chimiques élémentaires et quantitatives associés au MEB

Contact :

Bruno Vandenberghe
Service Question Réponse
Tél. : 03 44 67 36 82 - sqr@cetim.fr