



TOUT CE QUE VOUS AVEZ TOUJOURS VOULU SAVOIR SUR LE TOF-SIMS

Parmi les techniques analytiques de pointe moins connues mais qui peuvent rendre de grands services, la spectrométrie de masse des ions secondaires en mode statique (généralement connue sous l'abréviation anglaise TOF-SIMS) est définitivement à considérer. Malgré son nom complexe, les bases de cette méthode sont simples : l'échantillon est bombardé par un faisceau d'ions primaires (généralement du bismuth ou du gallium) et des ions secondaires sont éjectés des premières couches atomiques. Ceux-ci sont collectés par un spectromètre de masse qui détermine leur rapport masse sur leur charge et leur temps de vol (de la surface de l'échantillon au détecteur). En effet, plus les espèces éjectées sont massives, plus elles se déplacent lentement, ce qui permet de les différencier avec une résolution de 0.0001 unité de masse atomique.

De manière imagée, la réaction est similaire à ce qui arrive quand un projectile frappe un plan d'eau : de la matière est éjectée et un cratère est formé. La masse et la taille du projectile influence évidemment la forme du cratère et la quantité de matériel éjecté (une balle de tennis pénétrera plus profondément mais éclaboussera moins qu'un ballon de plage) ce qui explique le choix des différents ions primaires (bismuth ou gallium). Évidemment, la vitesse des particules éjectées dépend de leur masse et en analysant le temps de vol des ions émis et leur polarité, il est possible d'obtenir beaucoup de données sur la nature de l'échantillon.



Par ailleurs, l'avantage de la technique TOF-SIMS est qu'elle permet d'obtenir plusieurs types d'information :

- La composition élémentaire et moléculaire pour les premiers nanomètres de l'échantillon (y compris pour les éléments légers comme l'hydrogène)
- Un profil de composition chimique
- Une cartographie de la zone analysée

Le premier point est similaire à ce qui peut être obtenu par une autre technique disponible au GCM, le XPS, mais la limite de détection est beaucoup plus petite (partie par million ou partie par milliard vs 0.1% atomique) ce qui permet d'utiliser le TOF-SIMS pour identifier des traces d'éléments ou de composés. Par contre, contrairement au XPS, les résultats sont semi-quantitatifs et donnent un ordre de grandeur de la concentration. Par exemple, la **Figure 1** montre la distribution de différents éléments et molécules dans des intermétalliques Al-Mg provenant de résidus miniers. Les résultats indiquent que de petites quantités (ppm) de fer, manganèse et béryllium sont présentes et tendent à se concentrer dans les mêmes régions ce qui indique que l'échantillon n'est pas homogène.

Dans le même ordre d'idées, la **Figure 2** montre deux lignes rouges produites par des stylos de marques différentes. Par microscopie optique il est impossible de voir la différence mais en suivant les concentrations de potassium (encre 1 - trait rouge) et $C_5H_{10}OF$ (encre 2 - trait violet) par TOF-SIMS il est possible de différencier les deux encres et de voir l'ordre dans lequel elles ont été appliquées. Ceci est rendu possible par le fait que la composition chimique des encres commerciales est extrêmement variable et qu'il est possible de mesurer la concentration d'une très vaste gamme d'éléments et de molécules.

GCM Lab

Pavillon J.-A.-Bombardier
Campus de l'Université
de Montréal
2900 Édouard-Montpetit
Montréal (QC) H3T 1J4

Téléphone : 514 340-4711, #7458
nicolas.geoffroy@polymtl.ca

www.gcmlab.ca



¹ Dans le cas du XPS cette fonction n'est disponible que pour les appareils très récents.

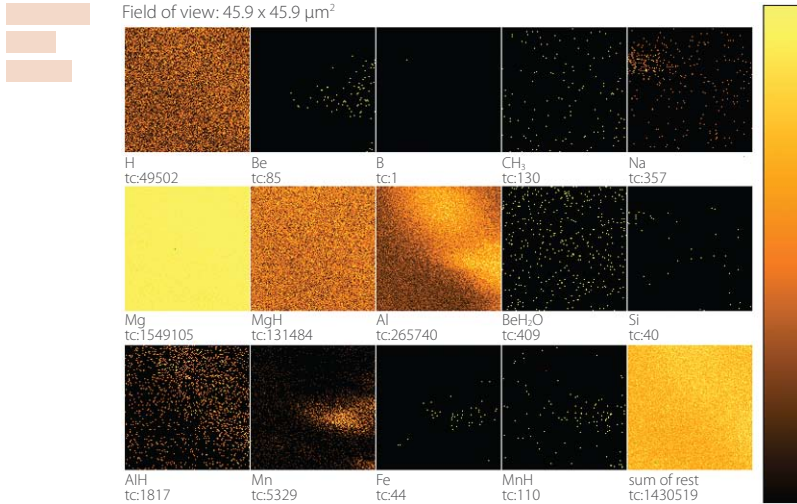


Figure 1 : Distribution de différents éléments dans un intermétallique Al-Mg provenant de résidus miniers.

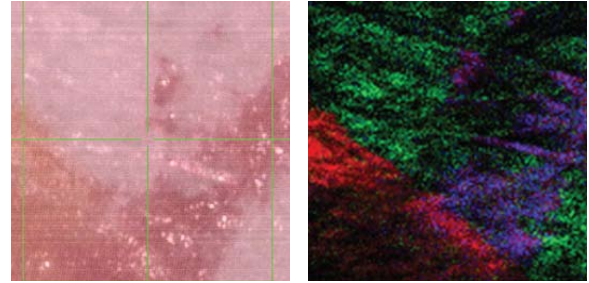


Figure 2 : Image de deux différentes encres rouges par microscopie optique (gauche) et TOF-SIMS (droite). Sur l'image TOF-SIMS, le papier est en vert et les encres en rouge et violet.

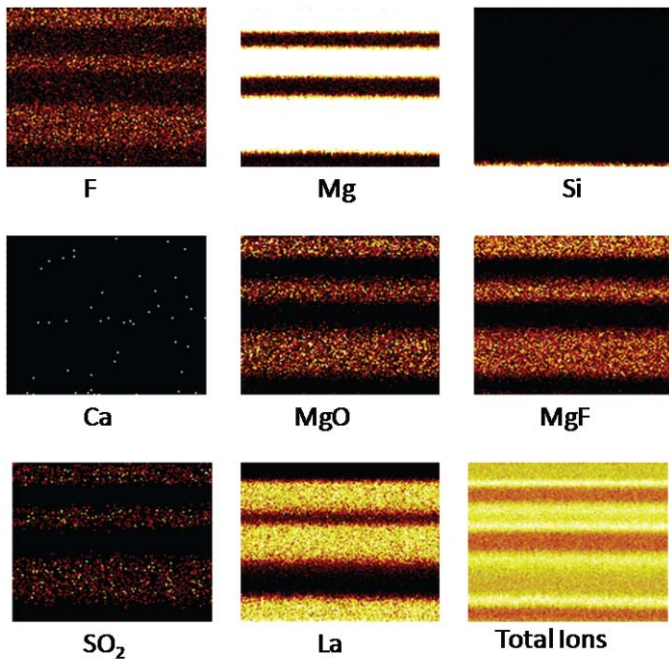


Figure 3 : Images TOF-SIMS d'un traitement optique à base de fluorure de magnésium et de lanthane sur une surface de silicium (épaisseur de la couche analysée : 300 nanomètres).

Par ailleurs, en bombardant de manière continue la même zone, un cratère de plus en plus profond peut être formé, ce qui permet de générer un profil de concentration (jusqu'à environ 1 micron). Comme le montre la **Figure 3**, il est donc possible de voir en deux ou trois dimensions la distribution de différentes espèces chimiques, ce qui est impossible pour la plupart des autres techniques analytiques.

Pour conclure, le TOF-SIMS est une technique analytique de pointe qui se distingue par sa grande sensibilité et sa versatilité. Elle peut donc être utilisée seule ou en tandem pour obtenir de l'information complémentaire. Parmi les projets effectués par TOF-SIMS au GCM on note :

- Analyses d'alliages et de corrosion
- Contaminations sur circuits intégrés
- Analyses de biomatériaux
- Analyses d'éléments toxiques dans des matériaux
- Études sur la structure de polymères
- Caractérisation de fibres optiques
- Analyses d'encres (applications légales ou industrielles)

Si vous voulez avoir plus d'information ou de l'aide pour un projet, n'hésitez pas à contacter :

Nicolas Geoffroy, Chargé du développement des affaires - industrie

Tél. : 514-340-4711, poste 7458 • nicolas.geoffroy@polymtl.ca