

# TIC

TANTALUM-NIOBIUM  
INTERNATIONAL STUDY CENTER

Bulletin Review 2018/19

# La Revue du Bulletin 2018/19 (Édition française)



Photo: Shutterstock

## Table des matières

Pour rejoindre la liste de diffusion du Bulletin, écrivez à [info@tanb.org](mailto:info@tanb.org)

Lettre du Président	2	Le Prix Anders Gustaf Ekeberg du tantale	15
Présentation annuelle des statistiques du T.I.C.	3	L'efficacité du tantale gagne les marchés	18
Spectrométrie de fluorescence X portable (FPXRF): introduction	10	59ème Assemblée Générale et rapport de l'AGA 2018	22
Transport des Matières Radioactives Naturelles (MRN): calcul du taux de Bq/g	12	La 60ème Assemblée Générale du T.I.C.	24

# Lettre du Président

Chers Collègues et Amis,

C'est avec un réel plaisir que je vous souhaite la bienvenue à notre « Revue du Bulletin » 2018/19, rédigée en français. Le présent numéro est une édition spéciale contenant certains de nos articles préférés, publiés dans nos récents Bulletins trimestriels. Le Centre International d'Etude de Tantale et de Niobium (Tantalum-Niobium International Study Center, T.I.C.) est l'association internationale regroupant en son sein les industriels du tantale et du niobium. Le T.I.C. est la tribune d'expression de notre communauté mondiale et défend les intérêts de ses membres. Le Bulletin est publié une fois par trimestre en anglais et vous pouvez vous abonner gratuitement (par l'envoi d'un courriel à [info@tanb.org](mailto:info@tanb.org) pour vous inscrire directement sur notre liste de diffusion).

J'espère que vous aurez remarqué le début des changements au sein de notre organisation, dont j'ai parlé lors de notre Assemblée Générale de 2017 (conférence annuelle et réunion des membres) tenue à Vancouver au Canada. Ce magazine présente certaines des initiatives que nous avons entreprises depuis notre dernière réunion. Il vous fait ressortir également des points saillants de notre Bulletin et Revue Annuelle.

Nous cherchons constamment à améliorer notre industrie en faveur de nos membres et tentons d'orienter les questions ayant un impact sur nos entreprises et nos activités relatives au tantale et au niobium.

Pendant que nos efforts pour professionnaliser notre organisation se poursuivent, l'expertise du T.I.C. doit fondamentalement provenir de nos membres et des parties prenantes. Nous ne pourrions réussir à améliorer le secteur et à faire la promotion active de nos deux métaux qu'avec votre soutien. Cela peut aller de simples suggestions, critiques ou recommandations jusqu'à exprimer la volonté de faire partie de notre Comité Exécutif ou ses différents Groupes de Travail.

Dans ce magazine, vous trouverez des détails sur les nouveaux membres corporatifs et associés. Si vous êtes intéressés à devenir membre, veuillez noter que les candidatures seront examinées lors de notre prochaine Assemblée Générale à Hong Kong en octobre 2019.

Cette Association s'emploie à renforcer la visibilité de l'industrie mondiale du tantale et du niobium et est strictement neutre. Elle ne favorise aucun pays ou entreprise au détriment d'un(e) autre. Comme exemple des améliorations considérables apportées aux processus de diligence raisonnable dans la chaîne d'approvisionnement en minerais, l'offre de minéraux contenant du tantale provenant d'Afrique a connu une montée en flèche au cours de cette dernière décennie, le secteur minier de la RDC jouant un rôle essentiel dans cet élan de croissance.

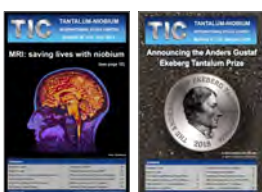
Enfin, je voudrais reconnaître et apprécier les nombreuses contributions du personnel de notre Association, mes collègues membres du Comité Exécutif, et en particulier tous nos membres corporatifs et associés qui ont fait de cette organisation ce qu'elle est aujourd'hui et ce qu'elle espère devenir à l'avenir.

Cordialement,

John Crawley, Président



Le Président du T.I.C., M. John Crawley, rencontre M. Joseph Ikoli, Secrétaire général aux Mines du Ministère des Mines de la République Démocratique du Congo (RDC) en août 2018. (photo: T.I.C.)



**Souscrivez à notre liste de diffusion  
pour recevoir régulièrement notre  
Bulletin par voie électronique**



A travers le Bulletin, nous nous sommes donnés pour mission de fournir à la communauté mondiale du tantale et du niobium des nouvelles, des informations et des points d'actualités sur nos travaux. Nous vous souhaitons une agréable lecture et espérons que vous serez intéressés de recevoir notre Bulletin à l'avenir.

Envoyez-nous un courrier électronique à [info@tanb.org](mailto:info@tanb.org) pour vous inscrire sur notre liste de diffusion. Le Bulletin est publié une fois par trimestre en anglais.

# Présentation annuelle des statistiques du T.I.C., consolidées par des statistiques de commerce extérieur

Article rédigé par David Knudson, Conseiller Technique du T.I.C. (Technical Officer), et présenté par M. Knudson en date du 15 octobre 2018, dans le cadre de la 59ème Assemblée Générale. Un appui supplémentaire a été fourni par le Groupe de Travail « Statistiques » du T.I.C. (Statistics Subteam), présidé par Alexey Tsorayev. Le T.I.C. se réserve de faire des affirmations sur la fiabilité ou l'exhaustivité de ces statistiques et ne porte aucune responsabilité sur le caractère technique de ces données.

## Introduction

Les statistiques sur le tantale et le niobium constituent l'un des objectifs principaux du T.I.C. et, depuis plus de quarante ans, l'Association recueille et partage des données statistiques avec ses membres (conformément à l'article 3.2 de ses Statuts). Chaque trimestre, les sociétés membres du T.I.C. transmettent leurs données et reçoivent en retour un rapport actualisé. Les résumés annuels de ces informations sont communiqués aux non-membres lors de nos Assemblées Générales et via notre publication, le Bulletin.



Le processus a connu plusieurs itérations au fil des ans, dictées par les exigences de nos membres et par la tendance des marchés en pleine évolution et variation, mais jusqu'à une date récente, les données de base étaient entièrement fournies par les membres. Après une consultation prolongée avec les sociétés membres du T.I.C. tout au long de 2017, le Groupe de Travail « Statistiques » a retravaillé le service des statistiques, le principal changement étant la consolidation des données soumises par les membres avec des statistiques de commerce international pour fournir une compréhension plus détaillée et plus claire sur les tendances du marché. Les premières réactions des membres au sujet des rapports améliorés ont été très positives et nous espérons les améliorer encore à l'avenir.



Les données des membres sont recueillies par Miller Roskell Ltd, un expert-comptable entièrement indépendant.

Cette publication fournit un rapport détaillé sur les données des membres pour les années allant de 2009 à 2017 et examine les opportunités rendues possibles par l'intégration dans le rapport traditionnel de données du commerce international accessibles au public. Notez que les données des membres des années précédentes sont disponibles dans le Bulletin n° 164 (publié en janvier 2016).

## Sources et interprétation de données

Historiquement, les données des membres étaient la seule source de données utilisée dans les statistiques du T.I.C. et elles continuent de constituer les fondements de ce service. Les données des membres sont recueillies par une tierce personne, Miller Roskell Ltd, un expert-comptable agréé et 100 % indépendant, qui collecte les statistiques des membres depuis 2015. Les données commerciales des membres ne sont consultées que par Miller Roskell Ltd et les membres indiquent avoir une grande confiance sur le traitement confidentiel de leurs données. Le personnel du T.I.C. n'a pas accès aux données individuelles d'un membre quelconque, uniquement aux totaux globaux et aux statistiques de commerce international.

Le service statistique du T.I.C., basé sur les données trimestrielles des membres, a fourni un guide utile sur les tendances du secteur depuis de nombreuses années. Cependant, les temps changent et, au début de 2018, nous avons révélé les résultats d'un plan à long terme : se servir des données du commerce international pour consolider les données des membres. Cette initiative majeure est en développement depuis début 2016 et le nouveau rapport fournit aux membres une compréhension beaucoup plus approfondie des marchés internationaux du tantale et du niobium, et donc une plus grande valeur. En 2017, le nombre total des rapports des membres du T.I.C. pour chaque catégorie de données était :

<b>Groupes de données (2017)</b>	<b>Nombre de membres</b>	<b>tonnes métriques de</b>
Matières premières du Nb : production minière et réception par les traders	34	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Expédition de produits du Nb par les transformateurs	43	Nb contenu
Matières premières du Ta: production minière et réception par les traders	33	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Matières réceptionnées (Ta) par les transformateurs	41	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Expédition de produits du Ta par les transformateurs	41	Ta contenu

## Consolidation des données des membres avec celles du commerce international

Le T.I.C. achète des données sur le commerce international auprès de Global Trade Tracker (GTT) et les utilise pour combler des lacunes occasionnelles remarquées dans les données des membres, pour produire des graphiques supplémentaires et comme outil analytique pour donner un sens plus profond aux données, au service des membres.

Tous les échanges commerciaux internationaux sont enregistrés selon des catégories définies par le Système Harmonisé (SH) régi par l'Organisation Mondiale des Douanes (OMD). Presque tous les pays du monde adhèrent à ce système et utilisent les codes SH pour déterminer leurs barèmes tarifaires. Ce système génère une énorme quantité de données, mais, avec une analyse minutieuse et intelligente, on peut y trouver une grande valeur. Des sources de données supplémentaires sont utilisées pour approfondir davantage et vérifier les données primaires dès que possible. En 2018, les principales sources de données pour les rapports statistiques du T.I.C. étaient les sociétés membres et Global Trade Tracker (GTT), mais il y a eu aussi d'autres sources de données sur le commerce international étudiées par l'Association incluant, de manière non-exhaustive :



Sur le marché mondial du tantale et du niobium, les expéditions transfrontalières fournissent des données pour l'analyse (photo: shutterstock)

- \* Les rapports annuels, communiqués de presse et autres publications des sociétés
- \* Les gouvernements nationaux en Australie, Brésil, Chine, RDC, Éthiopie, Japon, Kazakhstan, Malaisie, Russie, Rwanda et Thaïlande
- \* Les instituts géologiques nationaux : France (BRGM), Allemagne (BGR), Royaume-Uni (BGS), USA (USGS)
- \* Les institutions internationales : Union Européenne, base de données Comtrade de l'ONU, Banque Mondiale, Organisation Mondiale du Commerce.

## Quelques remarques sur l'utilisation des données du commerce international pour consolider les statistiques du T.I.C. relatives au tantale et au niobium

Il est essentiel pour tous les rapports statistiques que les données puissent être défendues. Cela signifie que les données peuvent être vérifiées en tant que statistiques commerciales accessibles au public, la méthode de collecte est documentée et des sources secondaires sont utilisées et citées lorsque cela est possible. Dans ce rapport, des données sur le commerce international peuvent être ajoutées aux données des membres du T.I.C. ou les remplacer, mais cela n'entraîne pas de duplication des données des membres. Plusieurs nouvelles catégories de rapports ont été générées en utilisant uniquement les données sur le commerce international, et toutes les années sont des années calendaires de 12 mois, sauf indication contraire.

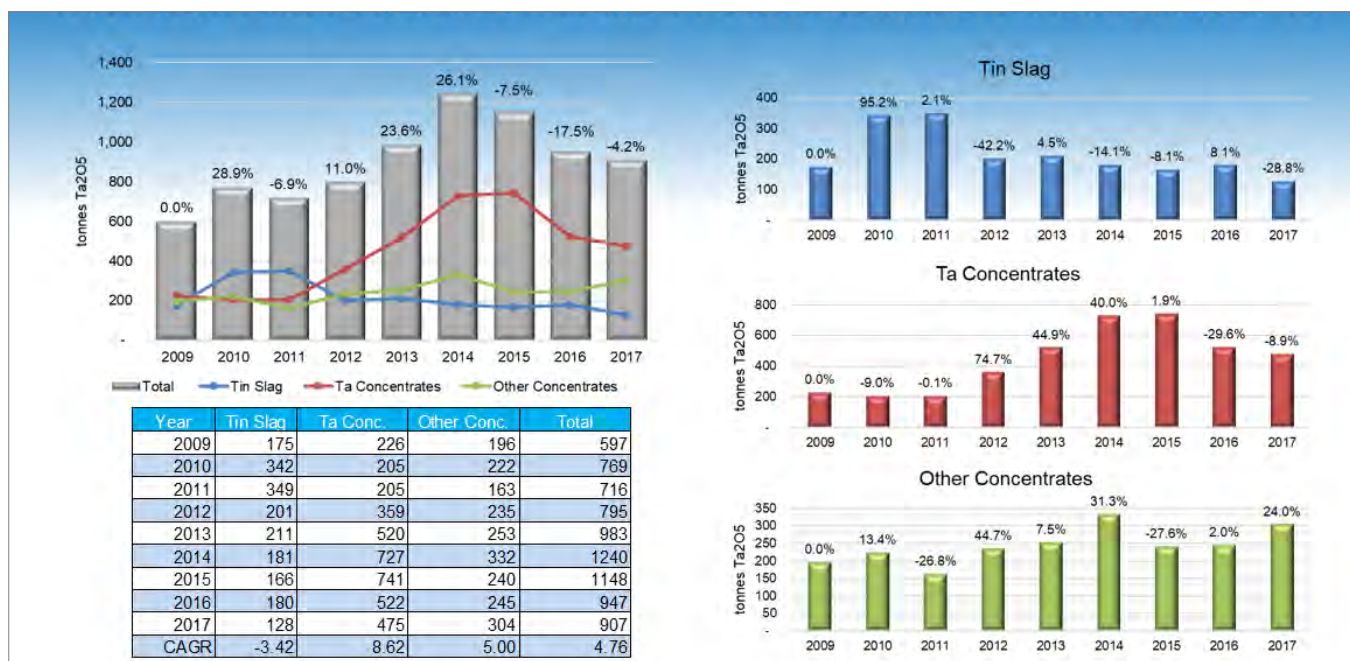
En outre, lorsque nous considérons les données sur le commerce international, il est important de comprendre que :

- Les données sur le commerce international n'enregistrent que les expéditions transfrontalières. Les envois nationaux ne sont pas enregistrés.
- Certains codes SH couvrent plusieurs produits, ajoutant un défi supplémentaire au processus d'analyse des données. Par exemple, le code 261590 inclut les minerais et les concentrés de tantale, de niobium et de vanadium.
- Certains pays ajoutent des suffixes aux codes officiels SH à six chiffres pour fournir de plus amples détails sur leurs expéditions, mais les suffixes supplémentaires ne sont pas normalisés au niveau international et varient d'un pays à l'autre.
- Les données douanières peuvent ne pas être facilement accessibles ou peuvent être présentées avec différentes unités de poids, de valeur monétaire...

Dans de nombreux cas, des hypothèses éclairées doivent être émises sur le poids brut et la teneur moyenne, ainsi que sur le prix historique du marché, afin d'obtenir le poids net du contenu. Compte tenu de ces problèmes et d'autres soucis éventuels, il faut impérativement faire preuve de prudence dans l'utilisation de ces données. Néanmoins, ces données supplémentaires constituent une source d'information potentiellement utile.

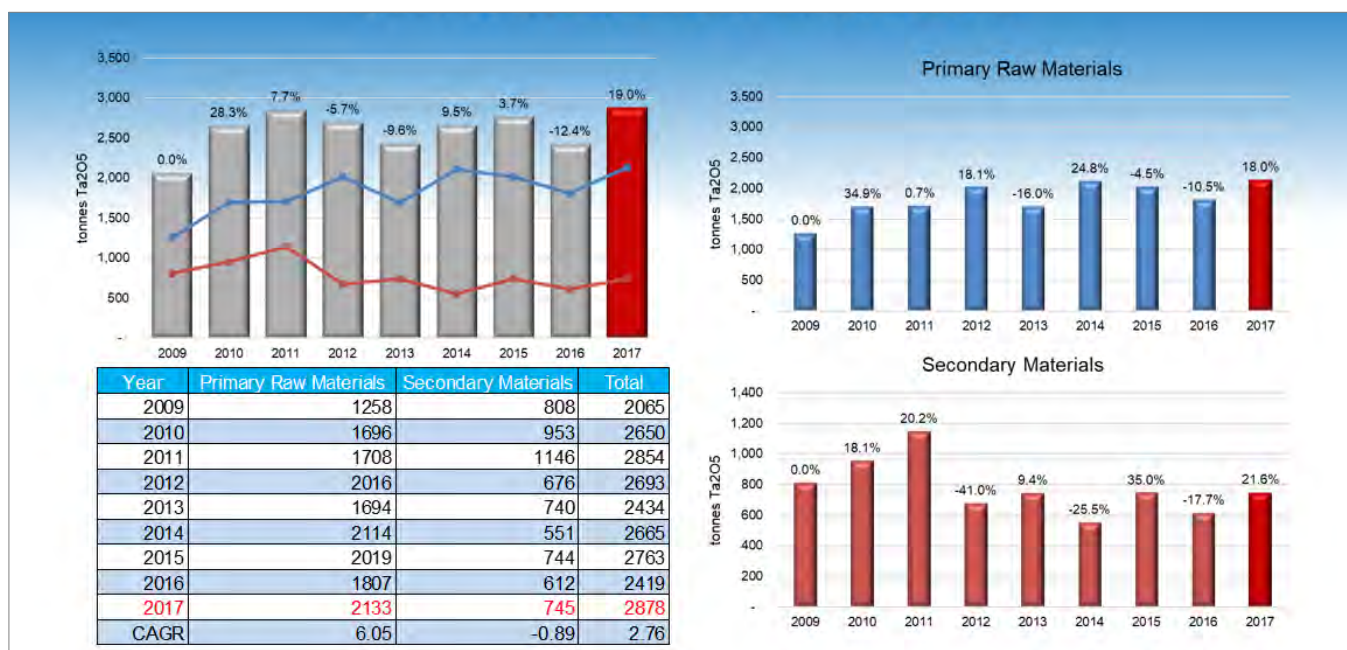
## Tantale: statistiques annuelles 2009 - 2017

La production de matières premières contenant du tantale en 2017 était légèrement inférieure à celle de 2016, ce qui représente une quatrième année consécutive de baisse de la production. Le changement significatif de 2016 à 2017 s'est opéré dans le total des unités de pentaoxyde de tantale (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) produites sous forme de « concentrés de Ta » par l'exploitation minière et à partir de scories d'étain. La catégorie des « autres concentrés » a enregistré un accroissement de 25%. Cependant, il est important de noter que ces données sont contraires aux matières réceptionnées par les transformateurs (voir figure 2), qui ont connu une augmentation significative au cours de la même période. Le taux de croissance annuel composé (CAGR) pour la période de 9 ans en question (déterminé par la formule ((valeur de l'année de clôture / valeur de la première année) (1 / total des années)) - 1) de près de 5%, indique une tendance générale sur les données conforme à la croissance du PIB mondial au cours de cette période.



N.B. : "Tin Slag" = Scories d'étain; "Ta concentrates" = Concentrés de Ta; "Other Concentrate" = Autres concentrés

Figure 1: Matières premières du tantale : production minière et réception par les traders

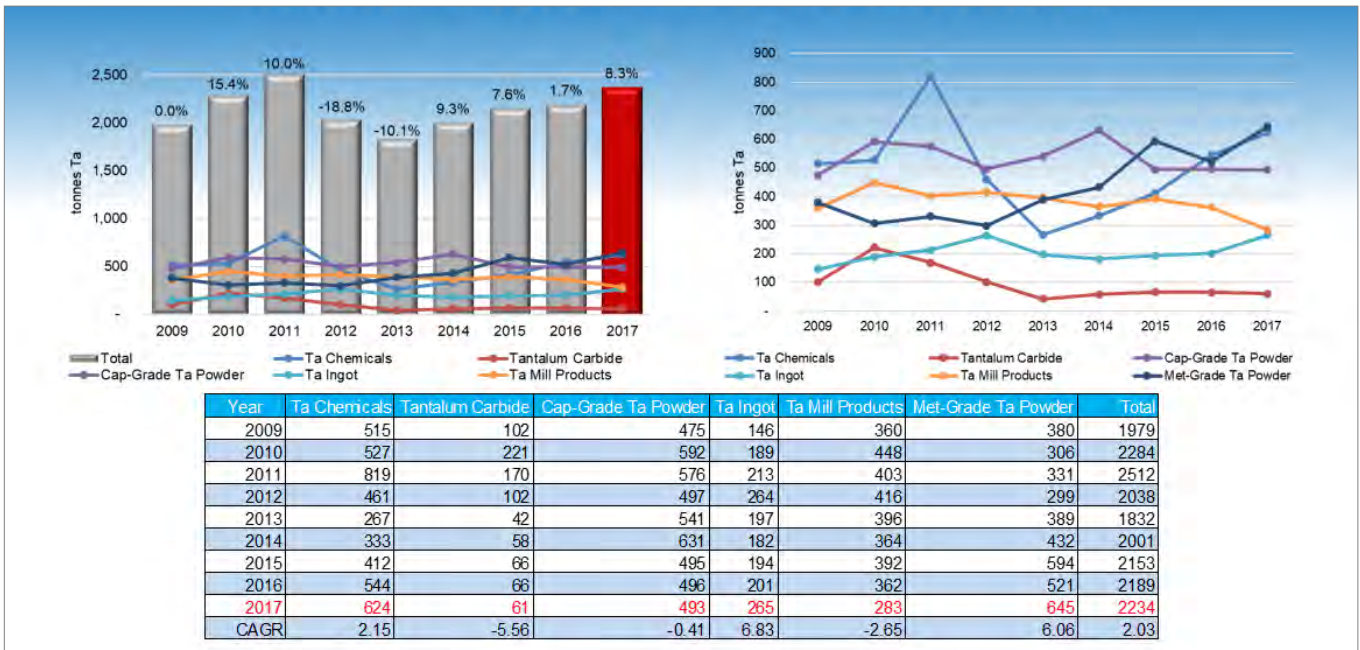


N.B. : "Primary Raw Materials" = Matières premières primaires; "Secondary Materials" = Matériaux secondaires

Figure 2: Matières (Ta) réceptionnées par les transformateurs

En 2017, les réceptions de pentoxyde de tantale ( $Ta_2O_5$ ) par les transformateurs ont connu une hausse de 19%, tant en matières premières primaires que secondaires. Le volume des réceptions de tantale réalisées par les transformateurs en 2017 a été le plus élevé dans la période 2009-2017.

Bien que les modifications de la liste des membres du T.I.C. aient un impact sur les données collectées auprès des membres, l'association a la chance de pouvoir compter sur une adhésion relativement stable parmi les transformateurs de matières premières primaires et secondaires contenant du tantale et du niobium dans le monde. Le niveau élevé de participation de cette catégorie de membres a contribué de manière significative à la qualité de leurs données statistiques.



N.B. : "Ta Chemicals" = Produits chimiques à base de Ta; "Tantalum carbides" = Carbures de tantale; "Cap-Grade Ta Powder" = Poudre de tantale de qualité 'condensateur'; "Ta Ingot" = Lingot de tantale; "Ta Mill Products" = Produits usinés de tantale; "Met-Grade Ta Powder" = Poudre de tantale de qualité 'métallurgique'.

Figure 3: Expéditions de produits à base de tantale par les transformateurs (I)

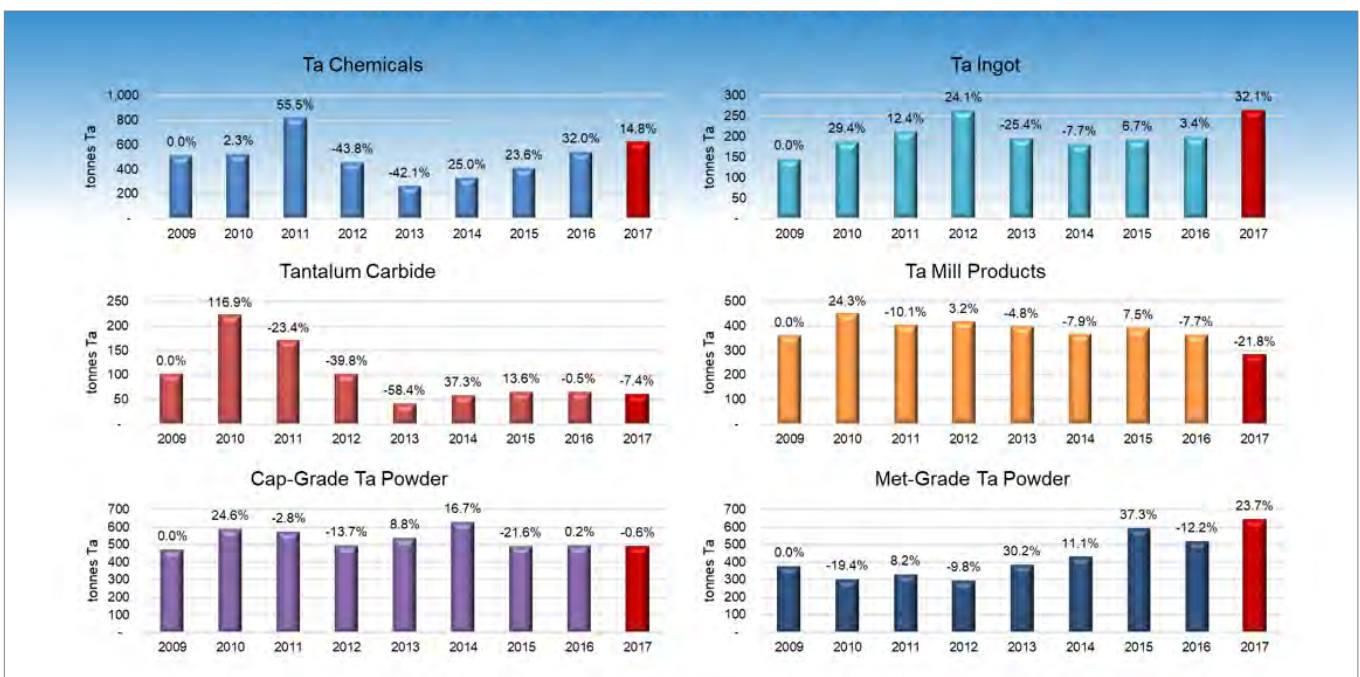
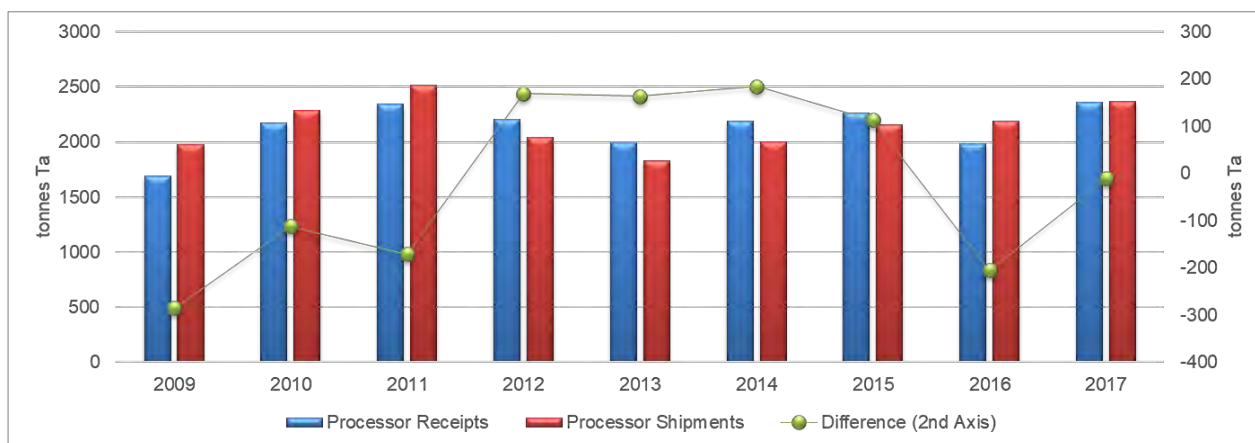


Figure 4: Expéditions de produits à base de tantale par les transformateurs (II)

En 2017, les expéditions totales par les transformateurs ont connu une augmentation d'un peu plus de 8%. Alors que les expéditions de lingots, de produits chimiques et de poudres de qualité métallurgique ont enregistré une croissance, les poudres de qualité condensateur et les carbures sont restés stables, tandis que les expéditions de produits usinés ont connu une baisse de près de 22%. Dans l'ensemble, le CAGR pour la période 2009-2017 était de 2%, ce qui correspond globalement aux réceptions par les transformateurs au cours de la même période.

#### Une comparaison des réceptions et expéditions de tantale réalisées par les transformateurs

En normalisant les réceptions des membres transformateurs pour les matières premières contenant du tantale, nous pouvons comparer les chiffres aux quantités expédiées (voir la figure 5). La différence totale au cours de la période de neuf ans est de 154 tonnes, soit un écart inférieur à 1%. Les données ont été testées pour déterminer si elles sont normalement distribuées et liées; un t-test apparié (moyenne) et un F-test (variance) ont été effectués. Les deux tests ont indiqué que les données sont normalement distribuées. Une relation entre les échantillons appariés et l'ensemble des données (2009 - 2017) peut être considérée, ce qui permet d'observer les tendances, telles qu'une configuration cyclique de stockage et de déstockage.



N.B. : "Processor Receipts" = Matières (Ta) réceptionnées par les transformateurs; "Processor Shipments" = Expéditions par les transformateurs; "Difference (2nd Axis)" = Différence (2ème axe)

Figure 5: Test statistique des données des transformateurs

#### Un exemple de données sur le commerce international valorisant les données des membres

Un exemple de données utiles obtenues à partir de données sur le commerce international est d'examiner les expéditions transfrontalières de concentrés de tantale contenant plus de 20% de  $Ta_2O_5$ . Cette teneur en concentrés de tantale peut être identifiée par sa valeur par unité de volume comparée à la valeur de  $Ta_2O_5$  dans les minerais pour les périodes concernées. En utilisant la valeur, une estimation du pourcentage de  $Ta_2O_5$  peut être faite. Plusieurs sources sont utilisées pour vérifier ces données.

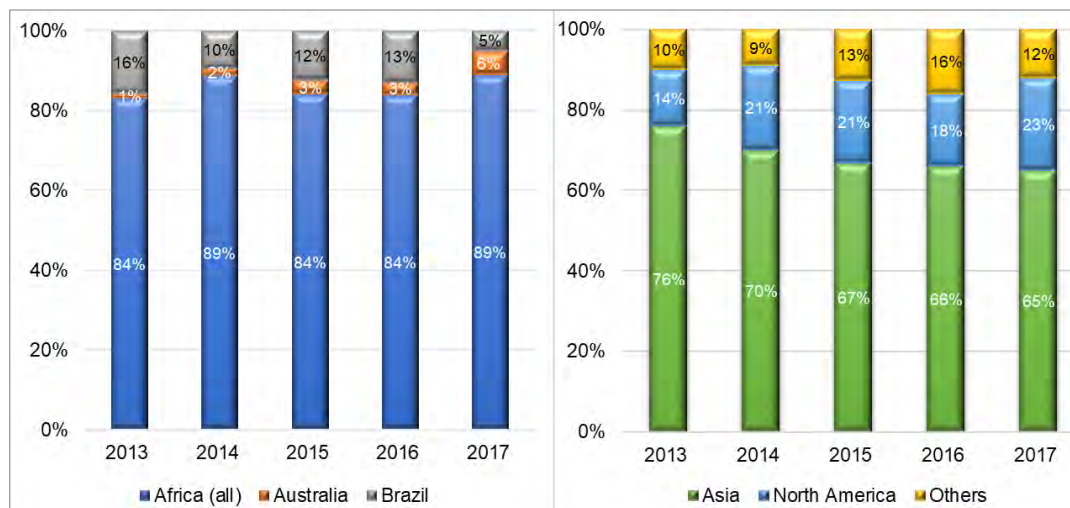


Figure 6: Principales régions exportatrices (à gauche) et importatrices (à droite) de minerais de tantale contenant plus de 20% de  $Ta_2O_5$

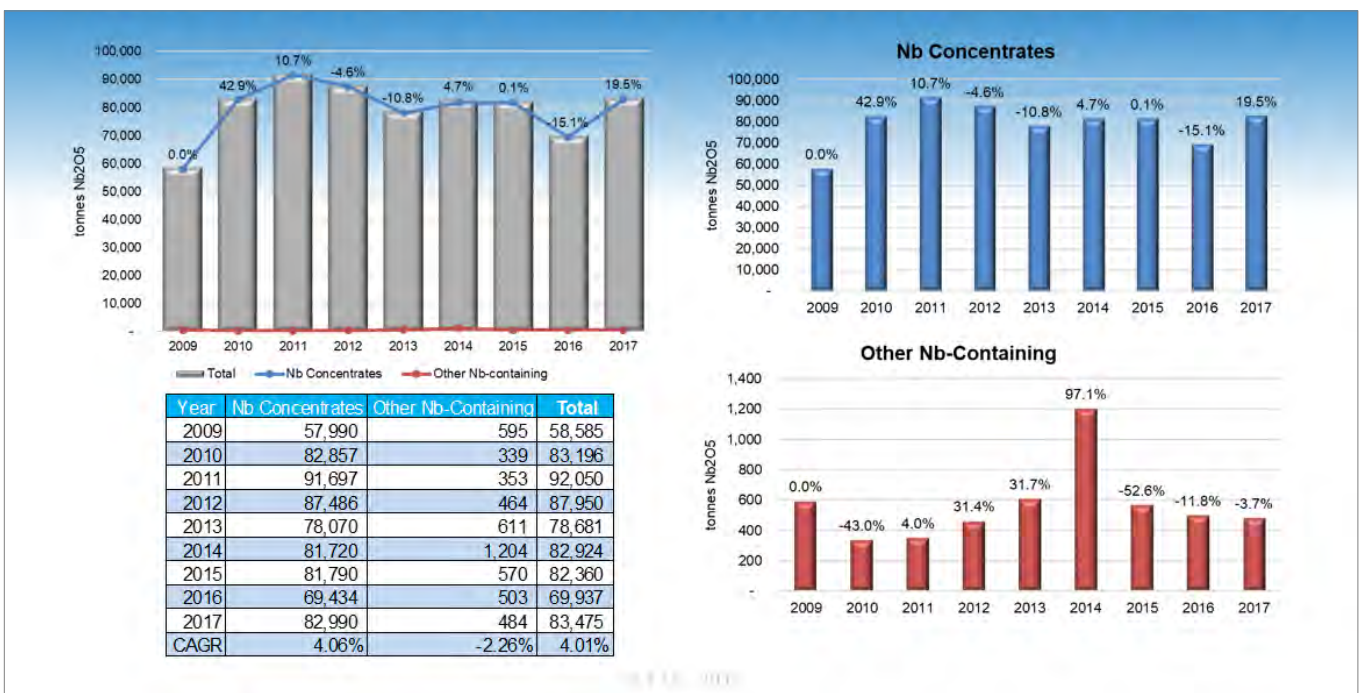
Dans les données relatives aux exportations (figure 6), il apparaît que depuis 2013, les exportations provenant de l'Afrique ont dominé l'offre, représentant entre 84% et 89% des matières mesurées selon la méthode ci-dessus. Au cours de cette période, le Brésil est resté stable entre 10 et 16% jusqu'en 2017, année où son exportation a chuté à 5%.

Puisque le marché n'a pas connu une expansion considérable en 2017, la chute des exportations est probablement due à un accident industriel largement médiatisé survenu chez un grand producteur. L'Australie a connu une augmentation constante de ses exportations au cours de cette période et il sera intéressant de voir comment cette tendance particulière se développera au cours des prochaines années. En ce qui concerne les données d'importations (figure 6), nous pouvons constater que les pays asiatiques demeurent l'acteur régional dominant sur le marché, réalisant des importations équivalant à deux tiers du volume total des importations mondiales, mesurées selon la méthode ci-dessus, bien que nous observions une légère baisse au cours de la période.

Le graphique révèle également que l'Amérique du Nord augmente ses importations de concentrés, mais dans les autres pays une légère baisse a été observée.

### Niobium: statistiques annuelles 2009 - 2017

Le CAGR du niobium a été de 4% entre 2009 et 2017, reflétant en partie la baisse de la demande causée par le ralentissement de l'économie mondiale en 2009 et en partie par l'augmentation continue de la demande en niobium dans de nombreuses applications (voir figure 7). On notera en particulier l'augmentation de la production de concentrés à base de niobium d'une année à l'autre de 2016 à 2017, qui s'est établie à près de 20%. Comme dans les années précédentes, la proportion de matériaux contenant du niobium autres que les concentrés n'a joué qu'un très petit rôle dans la fourniture d'unités sur le marché.



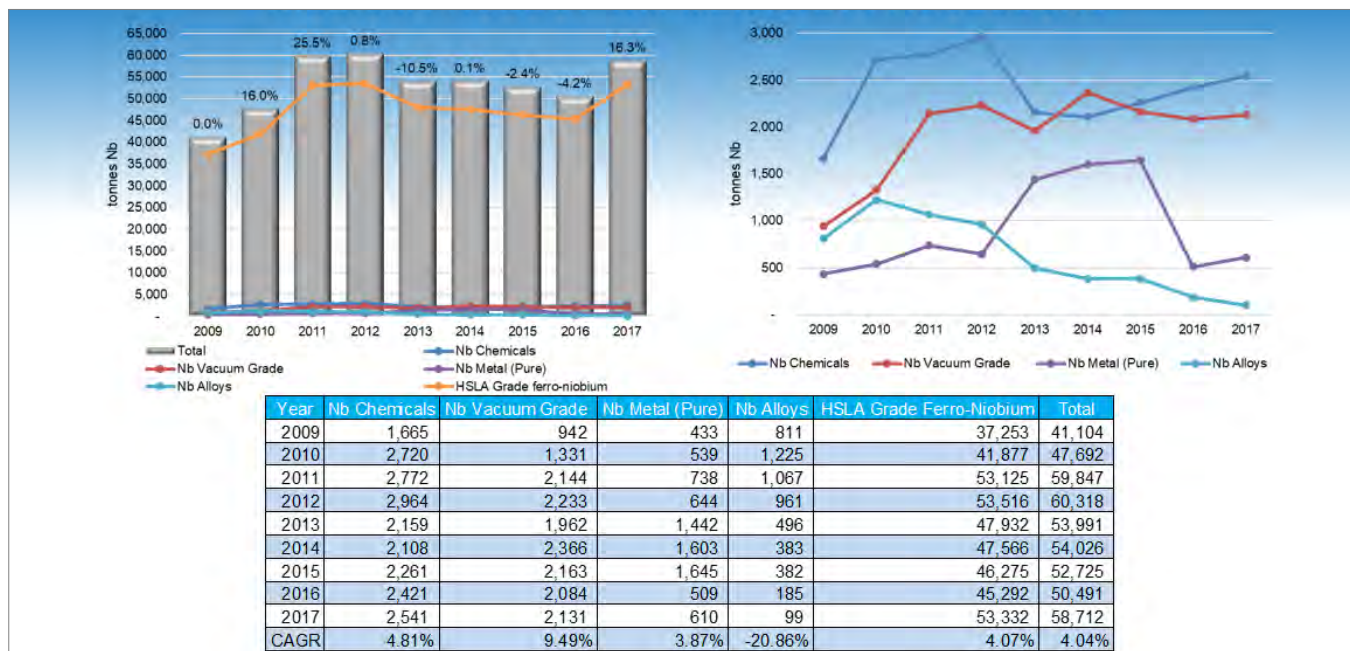
N.B. : "Nb Concentrates" = concentrés de niobium; "Other Nb-Containing" = autres sources de niobium.

Figure 7: Matières premières du niobium: production minière et réception par les traders

Comme les années précédentes, la grande majorité des unités de niobium ont été transformées en ferroniobium destiné aux aciers à haute résistance faiblement alliés (HSLA) (voir figures 8 et 9).

Les produits en niobium ont enregistré une augmentation significative, atteignant leur taux d'expédition le plus élevé en poids depuis 2014. Toutes les catégories de niobium (produits chimiques, qualité sous vide, métal pur et HSLA) ont enregistré une augmentation de leurs volumes, à l'exception des alliages. Cette dernière catégorie a chuté de près de 47%, mais elle est si petite qu'elle peut facilement être déformée si un membre manque de partager ses données sur un trimestre.





N.B. : "Nb Chemicals" = Produits chimiques à base de niobium; "Nb Vacuum Grade" = Niobium qualité sous vide; "Nb Metal (Pure)" = Niobium pur métal; "Nb Alloys" = Alliages de niobium ; "HSLA Grade Ferro-Niobium" = FeNb grade HSLA.

Figure 8: Expéditions de produits à base de niobium par les transformateurs (I)

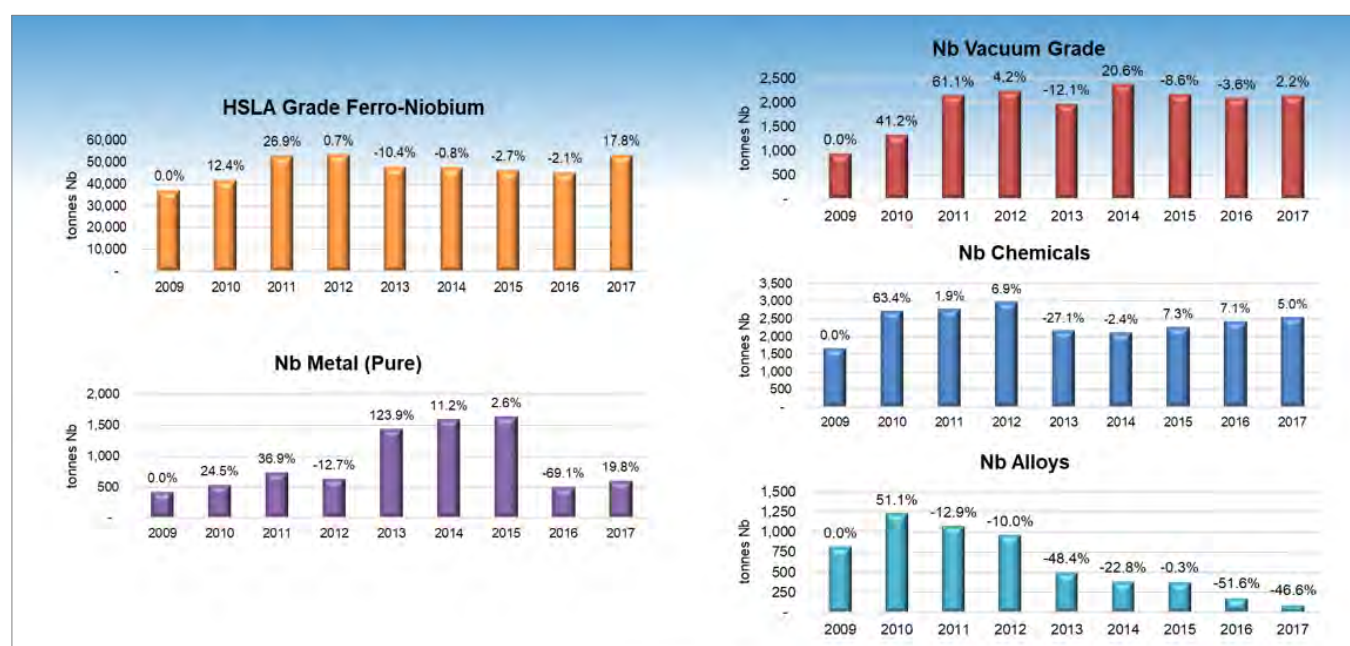


Figure 9: Expéditions de produits à base de niobium par les transformateurs (II)

### Mot de la fin

D'après l'analyse statistique effectuée par le T.I.C., les marchés du tantale et du niobium semblent connaître une période de croissance de l'offre, bien que ce ne soit que dans des pourcentages à un seul chiffre. L'approvisionnement en tantale est stable depuis une décennie, et la continuité de l'approvisionnement en provenance d'un large éventail de sources constitue l'un des principaux atouts du marché. En ce qui concerne le niobium, l'image montre également toutes les caractéristiques d'une offre forte et stable.

Quant au service de statistiques trimestrielles de l'Association à l'intention de ses membres, les premières réactions obtenues concernant l'ajout de données sur le commerce international aux données des membres ont été extrêmement positives. Le nouveau service de statistiques est un travail en cours et de nouvelles informations et analyses seront ajoutées dans chaque rapport au fur et à mesure que notre expertise se développe. Comme toujours, le T.I.C. sollicite les réactions de ses membres et s'efforcera d'inclure autant que possible d'autres suggestions afin de créer le meilleur service possible de statistiques sur le tantale et le niobium. TIC

# Spectrométrie de fluorescence X portable (FPXRF): introduction

Cet article est redevable du professeur Alireza K. Somarin du département de géologie de l'Université de Brandon, Manitoba, Canada, ([www.brandonu.ca](http://www.brandonu.ca)) pour son assistance généreuse, ainsi qu'à M. Ingo Steinhage et à ses collègues de Spectrometer Technologies ([www.ustech.co.za](http://www.ustech.co.za)) pour l'explication apportée sur les principes de base pour l'utilisation d'un appareil FPXRF. Cet article est le premier d'une série d'articles qui examineront certains des outils les plus essentiels utilisés sur le terrain par ceux qui opèrent au sein de notre industrie. Il existe plusieurs fabricants d'équipements FPXRF; cet article est rédigé uniquement à titre informatif et n'est en aucun cas un conseil.

## Introduction

Connaître l'analyse chimique des minéraux, des produits chimiques et des métaux constitue une partie essentielle de l'industrie du tantale et du niobium. Alors qu'un laboratoire fournit une fiabilité analytique inégalée, cela prend du temps et peut être difficile à organiser quand on est sur le terrain. C'est à ce niveau que le spectromètre portable de fluorescence X (FPXRF) peut apporter une solution; un équipement XRF petit, portable et robuste peut fournir des analyses sur le terrain et en temps réel.

La spectrométrie de fluorescence X portable (FPXRF) est une technique qui a gagné de l'élan et s'applique dans divers domaines allant de la géologie/minéralogie à l'exploitation minière (exploration primaire, exploitation et contrôle de la teneur du minerai), les sciences de l'environnement, la métallurgie et même la géoarchéologie. Cette technique non destructive a la capacité de produire des résultats fiables et rapides avec peu ou pas de préparation de l'échantillon, une fois que la machine est bien calibrée.

## Processus de fluorescence X:

1) Un échantillon est irradié par des rayons X primaires (ou gammas) de haute énergie émis par l'extrémité avant de l'analyseur portable XRF.

2) Le faisceau de rayons X interagit avec les atomes de l'échantillon, déplaçant les électrons des couches orbitales internes des atomes qu'il heurte (la plupart des atomes ont plusieurs orbitales électroniques, dont les trois plus basses sont les couches K, L et M).

3) Le vide situé dans la couche orbitale inférieure est immédiatement comblé par des électrons provenant de couches orbitales supérieures se déplaçant vers l'intérieur. Étant donné que les électrons des couches supérieures possèdent plus d'énergie que ceux des couches inférieures, un électron provenant (par exemple) d'une couche L se déplaçant pour combler un vide situé dans la couche K doit perdre de l'énergie pour s'intégrer. Pour ce faire, il émet de l'énergie sous forme de rayons X « secondaires » (ou fluorescents) caractéristiques.

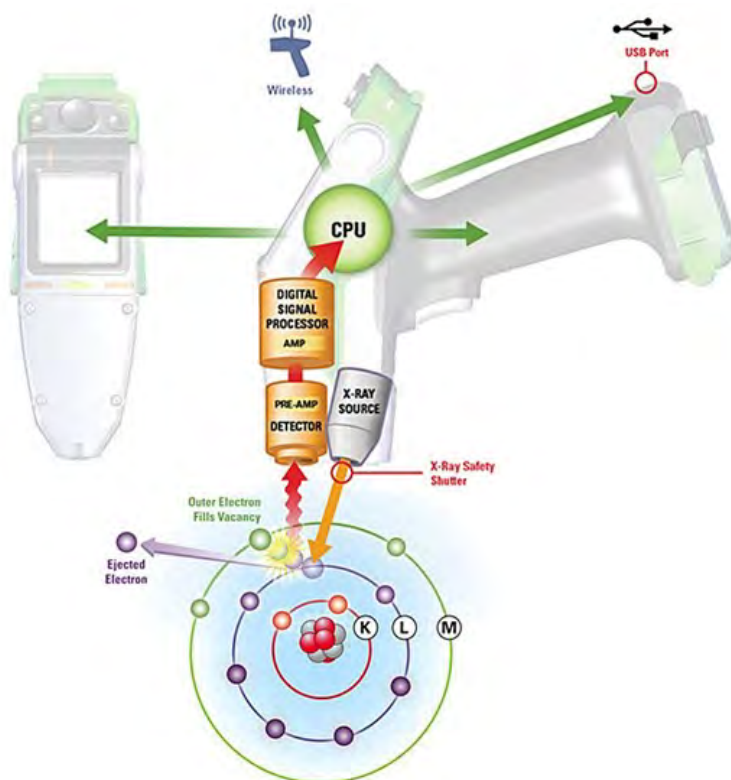


Schéma illustrant le processus de fonctionnement de spectrométrie de fluorescence X (picture: [Thermo Fisher Scientific](http://www.thermo.com))

La quantité d'énergie émise est équivalente à la différence d'énergie entre les deux couches d'électrons, qui est déterminée par la distance qui les sépare. Chaque élément présente un espacement unique des couches orbitales, ce qui lui donne une « empreinte digitale » unique. En mesurant le type et l'intensité de la fluorescence émise par un échantillon, il est possible de déterminer non seulement les éléments en présence, mais également leur quantité. Les intensités correspondantes sont converties en concentrations et rapportées en pourcentage (%) ou en parties par million (ppm).

L'ensemble du processus de la fluorescence se produit en quelques fractions de seconde. Une mesure utilisant ce processus et une machine moderne XRF portable peut être réalisée en quelques secondes.

## Équipement

La technologie XRF est reconnue de nos jours comme une technologie mature et fiable, et les dispositifs FPXRF hébergent cette fonctionnalité dans un petit boîtier portable « pistolet » de 1,5 kg. Ce type d'instrument présente un certain nombre de caractéristiques saillantes; en plus d'être léger et portable, il est sûr et convivial, les géologues et techniciens n'ayant besoin que de quelques heures de formation. Il peut analyser n'importe quel type d'échantillon géologique ou métallique, allant de carottes de forage et fronts de falaises aux concentrés de minerais et déchets solides. Les lectures sont analysées sur site, prenant entre 30 secondes et quelques minutes en fonction du niveau de précision requise.

Le FPXRF moderne peut mesurer simultanément jusqu'à 43 éléments y compris des éléments légers tels que l'aluminium (Al), le phosphore (P), le silicium (Si), le magnésium (Mg) et le soufre (S). Les facteurs de calibrage peuvent être ajustés par les utilisateurs pour correspondre à leur type de matrice d'échantillon spécifique. Certains instruments peuvent effectuer cette tâche en interne grâce à des calibrages intégrés.

L'appareil portatif utilise une batterie Li-ion, ayant une capacité d'environ huit heures, et quelques modèles sont dotés d'un GPS intégré, qui enregistre les coordonnées pour chaque échantillon analysé. Certains de ces appareils peuvent également être couplés avec des appareils GPS/SIG externes afin de produire des cartes géochimiques en temps réel.



Quelques exemples d'équipements de spectrométrie de fluorescence X portable (photo: Thermo Fisher Scientific)

## Quelques notes sur l'utilisation de FPXRF

Les deux innovations de processus de base que cette technologie offre à l'industrie de l'exploration sont :

- Vitesse: possibilité de voir les résultats analytiques en temps réel.
- Densité d'échantillonnage: possibilité de créer beaucoup plus de points de données dans un même laps de temps.

Cependant, bien que la technologie FPXRF soit une technologie remarquable, elle n'est pas magique. Pour obtenir les meilleurs résultats, la formation des opérateurs, l'étalonnage de l'équipement et la préparation des échantillons sont essentiels.



Utilisation d'un équipement FPXRF sur site (photo: A.K. Somarin)

Comme pour tout équipement spécialisé, il est fortement recommandé d'investir dans la formation des opérateurs, mais avec les analyseurs FPXRF, il est également recommandé de suivre une formation à la radioprotection avant d'utiliser l'analyseur, en raison du caractère potentiellement nocif des rayons X.

Chaque instrument doit être étalonné avec précision afin de garantir l'exactitude des résultats. L'étalonnage est le processus par lequel vous confirmez que vos mesures sont vraies en mesurant par rapport à un standard. Normalement, l'instrument est étalonné avant qu'il ne soit expédié par le fabricant, mais comme ils sont parfois utilisés dans des environnements difficiles, un réétalonnage régulier est recommandé.

Il est également important de noter que la précision augmente considérablement lorsqu'un échantillon subit une préparation telle qu'une pulvérisation pour générer une poudre homogène. L'échantillon idéal pour l'analyse XRF aura une surface parfaitement plane.

Les surfaces irrégulières modifient la distance de l'échantillon à la source de rayons X et introduisent des erreurs, maximisant ou minimisant potentiellement les niveaux de fluorescence apparents des divers éléments de l'échantillon. **TIC**

# Transport des Matières Radioactives Naturelles (MRN): calcul du taux de Bq/g

Le récent document d'information du T.I.C dont est tiré ce résumé a été publié en sept langues, dont le français (<https://www.tanb.org/view/transport-of-norm>). Le transport des Matières Radioactives Naturelles (MRN ou NORM, Naturally Occurring Radioactive Materials, en anglais) constitue l'un des problèmes fondamentaux des industries du tantale et du niobium et mobilise beaucoup de temps et d'effort du T.I.C. pour le bénéfice de ses membres.

## Que sont les MRN et pourquoi sont-elles importantes pour notre industrie?

Certaines matières premières de tantale (Ta) et de niobium (Nb) contiennent des traces de thorium (Th) et d'uranium (U) et sont donc des matières radioactives naturelles (MRN, "NORM" en anglais). À partir d'une analyse de la matière révélant la concentration de Th et U il est possible de calculer la concentration en radioactivité de la matière, mesurée en Becquerels par gramme (Bq/g). Les matières en-dessous de 10 Bq/g sont exemptes de la réglementation de transport des matières radioactives (Classe 7) et peuvent être transportées comme du fret général, mais au-dessus de ce seuil, les matières doivent être transportées en totale conformité avec la réglementation Classe 7.

Par rapport aux autres expéditions, les expéditions de matières radioactives naturelles, en particulier celles qui entrent dans la Classe 7, se trouvent face à un fardeau réglementaire de plus en plus lourd imposé par les réglementations tant internationales que nationales. Bien qu'il ne soit pas insurmontable, ce fardeau réglementaire et les risques associés peuvent dissuader un transporteur ou un port d'accepter des expéditions de matières radioactives naturelles, ce qui se solde par un refus d'expédition (connu sous l'acronyme anglais DOS, Denial of Shipment). Sensibiliser l'industrie et le public à cette question, tout en gardant les risques potentiels dans leur contexte, est un élément important de la stratégie de transport des matières radioactives naturelles.

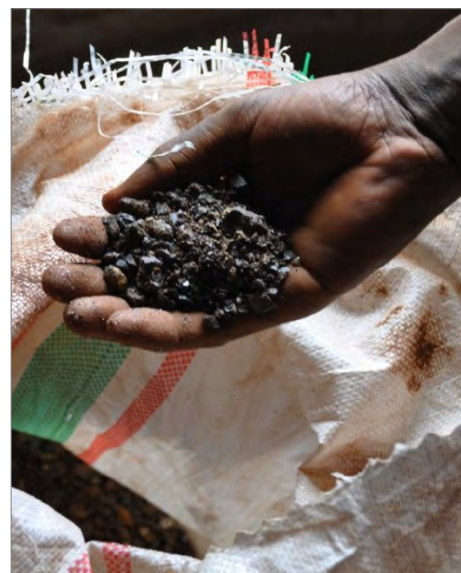
Ce document vise à aider les membres du T.I.C. dans leurs efforts de conformité aux réglementations internationales, nationales et locales qui régissent la sûreté et sécurité du transport des matières radioactives comme exigé par la Politique de Transport du T.I.C., étant donné que des matières expédiées de façon inappropriée peuvent avoir un impact négatif sur notre industrie.

## Introduction

Les matières radioactives naturelles sont omniprésentes dans l'environnement naturel et on les trouve communément dans les sables, argiles, minerais et minéraux, sous-produits, résidus recyclés et autres matériaux utilisés par les humains. Pour de nombreuses matières premières de niobium et tantale, des atomes de thorium et d'uranium sont prisonniers de la matrice minérale et par conséquent ces matières premières sont des matières radioactives naturelles. Il est pratiquement impossible de séparer le Th et l'U de ces matières premières (tantale et niobium) uniquement par concentration physique des minerais. Un processus chimique spécialisé, généralement leur digestion dans un bain chaud d'acide fluorhydrique (HF) et d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) est nécessaire, après quoi le Th et l'U peuvent être éliminés en toute sécurité. Il est courant que les installations



Votre conteneur doit-il être transporté en tant que fret général ou en tant que Classe 7? (photo: Shutterstock)



Minerai de tantalite-columbite. Comment établir s'il est radioactif ou non? (photo: K. Hayes)

permettant ce type de traitement se situent loin des sites miniers et qu'il soit nécessaire de transporter les minerais, le plus souvent par voie maritime.

Le transport des matières radioactives présente des défis, mais il est réalisable. Les réglementations et accords internationaux sur le transport, qui s'appuient sur le règlement et les recommandations de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), ont déterminé que le niveau de rayonnement maximal pour les matières premières de tantale et de niobium est de 10 Bq/g.

Les matières en-dessous de cette limite peuvent être traitées comme du fret général mais au-dessus de ce niveau, elles doivent être transportées en tant que marchandises dangereuses de Classe 7 et conformément aux réglementations appropriées pour assurer la sûreté de leur transport.

Au regard de la loi, les sociétés ont une obligation de prudence et de diligence envers leurs employés et le public et elles doivent se conformer à ces obligations. Outre le règlement et les recommandations de l'AIEA, des exigences spécifiques à un pays donné viennent souvent ajouter une couche de complexité au transport des matières radioactives naturelles. Chaque pays dispose du droit souverain de modifier ou d'ajouter aux réglementations applicables au sein de ses frontières, et il arrive souvent qu'il le fasse, ce qui peut considérablement alourdir la complexité de ce sujet.

#### Calcul des Becquerels par gramme (Bq/g) à partir d'une analyse

Dans tous les documents publiés par le T.I.C., sauf indications contraires, les chiffres cités en Bq/g (la « concentration de radioactivité ») font uniquement référence au nucléide (père) pertinent, en accord avec les valeurs pour le Th(nat) et l'U(nat) figurant dans le règlement SSR-6 de l'AIEA de 2012, lesquelles sont restées inchangées depuis leur introduction en 1996 et font toujours autorité au moment de la rédaction de ce document.

Les valeurs en Bq/g peuvent être mesurées directement par spectroscopie des rayons gamma, ou par simple conversion à partir de l'analyse élémentaire du thorium et de l'uranium. Étant donné que les analyses peuvent mesurer soit le Th/U élémentaire soit la forme d'oxyde, la méthode de calcul est donnée ici pour les deux.

Les facteurs de conversion appliqués sont les suivants:

Pour l'oxyde de Th/U:

- 1% ThO<sub>2</sub> = 35.6 Bq/g
- 1% U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> = 104 Bq/g

Pour le Th/U élémentaire:

- 1% Th = 40.6 Bq/g
- 1% U = 123 Bq/g

#### Exemples de calcul

1)

Si une matière contenait 0,04% ThO<sub>2</sub> et 0,06% U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, la concentration de radioactivité serait:

$$(0.04\% * 35.6) + (0.06\% * 104) = 1.42 + 6.24 = 7.66 \text{ Bq/g}$$

Dans ce cas, la matière serait en-dessous du seuil d'exemption de 10 Bq/g pour le transport et elle pourrait donc être transportée comme fret général. On notera toutefois que des matières ayant une faible activité et satisfaisant aux critères du fret général peuvent tout de même déclencher des alarmes par ex. aux portiques de détection à l'entrée des sites industriels ou sur les dispositifs portatifs utilisés par les autorités portuaires et aux points de passage des frontières, par conséquent la documentation prouvant la faible activité doit toujours accompagner ces matières durant le transport.

2)

Si un fût de 200 kg contenait 0,08% ThO<sub>2</sub> et 0,09% U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, la concentration de radioactivité serait:

$$(0.08\% * 35.6) + (0.09\% * 104) = 2.85 + 9.36 = 12.2 \text{ Bq/g}$$

Les matières au-dessus du seuil d'exemption de 10 Bq/g, et par conséquent soumises à des réglementations de transport, devront également voir la radioactivité totale calculée pour le colis. La radioactivité totale pour les 200 kg de matière sèche du colis:

$$200'000 * 12.2 = 2'440'000 \text{ Bq} = 2.44 \text{ MBq}$$

N.B. Il est fréquent que les chiffres de radioactivité soient élevés, par conséquent, pour des raisons pratiques, ils sont exprimés en MBq, GBq, ...

3)

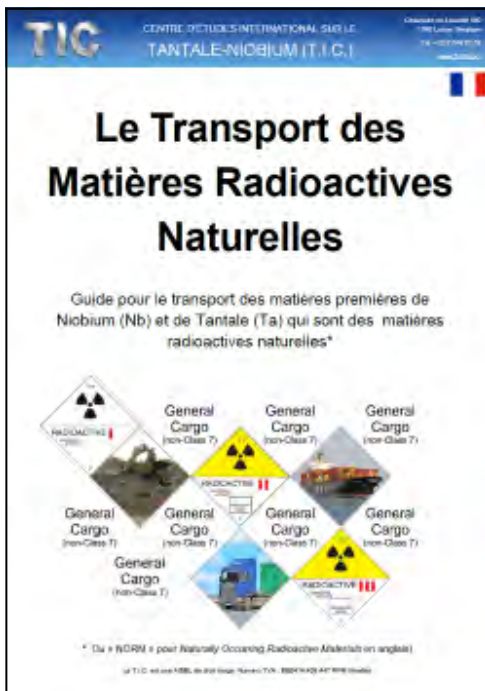
Si un conteneur de 20 tonnes avait 0,80% Th et 0,18% U (noter la différence avec ThO<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), la concentration de radioactivité serait:

$$(0.80\% * 40.6) + (0.18\% * 123) = 32.5 + 22.1 = 54.6 \text{ Bq/g}$$

Dans ce cas, la matière serait au-dessus du seuil d'exemption de 10 Bq/g.

Comme dans l'exemple 2, les matières au-dessus du seuil d'exemption de 10 Bq/g doivent également avoir la radioactivité totale calculée pour le colis. La radioactivité totale pour les 20 tonnes de matière sèche du colis:

$$20'000'000 * 54.6 = 1'092'000'000 \text{ Bq} = 1.09 \text{ GBq}$$



#### Informations complémentaires et conseils

Le nouveau guide de Transport des Matières Radioactives Naturelles du T.I.C. contient plus d'informations sur ce sujet et décrit plus en détail la réglementation des MRN. Le guide comprend également des liens vers des sources d'information provenant de tiers, un guide sur les principales mesures que les sociétés pourraient prendre pour s'acquitter de leurs obligations réglementaires et une note sur le refus d'expédition (DOS).

En raison de la complexité de ce sujet et de la diversité des réglementations nationales, le guide de T.I.C. ne peut prétendre être exhaustif et il convient de prendre connaissance de la clause de non-responsabilité qu'il contient.

Le T.I.C. assiste régulièrement aux réunions des parties prenantes à l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) en Autriche et siège à la fois au IAEA Transport Safety Standards Committee (TRANSSC) et au Transport Facilitation Working Group (TFWG).

Pour plus d'information, veuillez visiter [www.TaNb.org](http://www.TaNb.org) ou contacter le T.I.C. TIC

#### Trevor Dixon, ancien conseiller spécialisé pour le World Nuclear Transport Institute (WNTI), explique pourquoi ce sujet est si complexe.



Le transport international des matières radioactives naturelles est soumis non seulement aux normes internationalement reconnues établies par l'AIEA, l'OMI et l'OACI, mais également à l'interprétation de la réglementation par chaque pays, en particulier du Règlement de l'AIEA sur la sécurité des transports.

Ces interprétations doivent être comprises non seulement par l'autorité compétente et l'expéditeur, mais également par les organisations intermédiaires telles que les autorités portuaires ou aéroportuaires. Pour certains, en raison des mouvements très limités des MRN, cela ne vaut pas la peine d'y consacrer du temps ou des efforts pour essayer de comprendre et il est plus facile de dire « Nous n'acceptons pas de MRN ».

Même lorsque le port ou l'aéroport permet le chargement de ces matières, il y a de la volonté de la compagnie aérienne ou maritime d'accepter ces cargaisons. En raison d'une mauvaise compréhension des dangers associés à ces matières, beaucoup n'acceptent pas, pour des préoccupations liées au bien-être de leurs équipages, ou d'autres préoccupations telles que l'impact sur les autres cargaisons qu'ils transportent. Le pilote ou le capitaine du navire a le dernier mot sur le chargement ou non de la cargaison, ce qui peut découler de ses connaissances de la cargaison ou juste de ses préférences personnelles.

Le transport de matières radioactives naturelles est semé d'embûches et de défis, mais il est réalisable, en travaillant en étroite collaboration avec des partenaires et en développant des relations avec les ports, les compagnies maritimes et aériennes.

WNTI représente les intérêts collectifs du secteur du transport de matières radioactives et de ceux qui dépendent d'un transport sûr, efficace et fiable. De plus amples informations sur WNTI sont disponibles sur [www.wnti.co.uk](http://www.wnti.co.uk).

## Le Prix Anders Gustaf Ekeberg du tantale



Le Prix Anders Gustaf Ekeberg du tantale (Prix Ekeberg) est le prix annuel créé par le T.I.C. en 2018 pour reconnaître l'excellence de la recherche publiée sur le tantale\*. Le Prix sensibilise aux nombreuses propriétés uniques des produits à base de tantale et aux applications dans lesquelles ils excellent.

Le Prix porte le nom de celui qui a découvert le tantale et sera attribué au(x) principal (aux) auteur(s) de l'article ou du brevet publié jugé par un groupe d'experts indépendants comme ayant contribué de manière décisive à la compréhension du traitement, des propriétés ou des applications du tantale. Le Prix est sponsorisé par le T.I.C. et est au cœur de ses efforts pour faire connaître les nombreux avantages exceptionnels offerts par cet élément.

L'avenir à long terme du marché du tantale dépendra d'innovations technologiques et les lauréats du prix Ekeberg seront reconnus comme de véritables leaders dans ce domaine.

Les auteurs principaux sont invités à faire un exposé sur leurs travaux lors de notre Assemblée Générale (conférence annuelle et réunion des membres), où ils reçoivent une médaille en tantale pur, présentée par le Président du T.I.C.

### Comment le Prix Ekeberg est-il attribué?

Le Prix est ouvert à tout article ou brevet publié qui est considéré comme faisant progresser la connaissance et la compréhension en matière de tantale. Pour être admissible, la publication doit être en anglais et être datée entre 24 et 6 mois avant la cérémonie de remise du prix, à l'Assemblée Générale du T.I.C. Par conséquent, pour être éligible au prix d'octobre 2019, une publication doit être datée entre octobre 2017 et avril 2019.

- Les sujets appropriés peuvent inclure entre autres:
- Tantale utilisé dans les condensateurs ou d'autres applications électroniques
- Métallurgie au tantale et produits usinés, y compris les alliages
- L'utilisation de poudre de tantale dans la fabrication additive (impression 3D)
- Nouvelles applications innovantes pour le tantale
- Traitement de minerais de tantale, de concentrés synthétiques ou d'autres matières premières
- Recyclage des déchets contenant du tantale

Le Prix Anders Gustaf Ekeberg du tantale s'inscrit dans une longue tradition de récompenses pour l'excellence dans les métaux, les produits chimiques et les disciplines scientifiques connexes, notamment:



Albert Einstein prix mondial de la science (science)



Nobel Prizes (y compris la physique et la chimie)



Bessemer médaille d'or (acier)



Charles Hatchett Award Prize (niobium)



Gadolin Medal de la Société des chimistes finlandais (chimie)

\* Bien que le T.I.C. représente et soutient de manière égale le tantale et le niobium, le Prix Anders Gustaf Ekeberg du tantale se concentre uniquement sur le tantale, mais c'est uniquement parce que le prix Charles Hatchett de CBMM ([www.charles-hatchett.com](http://www.charles-hatchett.com)) fait déjà un excellent travail de reconnaissance des recherches publiées sur le niobium.

Si vous souhaitez soumettre ou recommander une publication pour examen pour le Prix 2019, veuillez contacter [info@tanb.org](mailto:info@tanb.org) ou tout membre du Comité Exécutif (voir page 22) avant le 15 mai 2019. Le personnel et le Comité Exécutif du T.I.C., en tant que secrétariat du Prix, créeront une liste restreinte d'une douzaine de publications éligibles, qui sera examinée par un groupe d'experts indépendants qui votera pour le gagnant.

### Sélection du gagnant: le Panel d'Experts

Le Panel est composé de six à huit experts internationaux choisis dans le monde entier pour fournir une évaluation impartiale du mérite technique des documents présélectionnés. Chacun sera appelé à siéger jusqu'à trois ans pour assurer la continuité et la stabilité du processus décisionnel. Les membres du personnel et du Comité Exécutif du T.I.C. ne peuvent pas siéger au Panel. Actuellement, le Panel est dirigé par M. Richard Burt, ancien Président de cette association.

Les détails de ce Panel estimé ont été publiés dans le Bulletin (n° 173, avril 2018) et sont également disponibles sur notre site web. Si vous souhaitez postuler ou si vous souhaitez recommander un membre au Panel d'Experts, veuillez contacter [info@tanb.org](mailto:info@tanb.org).

### Qui était Anders Gustaf Ekeberg?

Anders Gustaf Ekeberg est né le 16 janvier 1767 à Stockholm, en Suède. Son père était un constructeur de navires dans la marine royale suédoise et, dans sa jeunesse, Ekeberg avait bénéficié d'une formation diversifiée. Bien qu'il ait souffert de problèmes de santé tout au long de sa vie, Ekeberg excella à l'école et manifesta une soif insatiable de connaissances, en particulier de littérature grecque, de poésie, de sciences naturelles et de mathématiques.

Étant donné les liens familiaux, il n'est pas surprenant que, quand Anders Ekeberg eut l'âge d'étudier à l'Université d'Uppsala, il choisit de s'intéresser à la botanique, étudiant avec l'élève de Linné, Carl Peter Thunberg. Après avoir obtenu son diplôme en 1788, il se rendit en Allemagne, mais en 1790, il revint à Uppsala, où il passa le reste de sa vie.

En 1795, Ekeberg publia une proposition de noms suédois pour les éléments nouvellement découverts tels que l'hydrogène (väte), l'azote (kväve) et l'oxygène (syre), un acte qui a confirmé la place d'Ekeberg dans les tout premiers rangs des chimistes suédois de l'époque. Il fut élu membre de l'Académie Royale des Sciences de Suède en 1799. Preuve de ses capacités, Ekeberg fut élu avant son professeur, Johan Afzelius.



Anders Gustaf Ekeberg

### Ekeberg découvre le tantale

Tout au long de sa vie, Ekeberg n'eut jamais de succès financier (il fit même une tentative de vinification désastreuse), même s'il acquit une réputation européenne en tant que superbe chimiste analytique des minéraux. Il était souvent invité à confirmer de nouvelles découvertes chimiques, notamment le Ytterit (gadolinite) en 1797, trouvé dans des échantillons prélevés dans la mine d'Ytterby; c'était le minerai qui s'est avéré plus tard contenir plus d'une douzaine de « terres rares » différentes.



Un échantillon de yttrotantalite (noir) de Skuleboda, Västergötland, Suède (photo: [e-rocks.com](http://e-rocks.com))

En 1802, alors qu'il analysait de nouveaux échantillons d'Ytterby ainsi qu'un minerai étiqueté « grenat à base d'étain » prélevé à Kimito, près d'Abo en Finlande, Ekeberg remarqua un élément auparavant inconnu. L'échantillon de minerai d'Ytterby était de l'yttrite, un tantalate de terres rares contenant une concentration élevée d'yttrium et de tantale, tandis que le « grenat à l'étain » de Kimito s'avérait être en réalité de la tantalite. Les expériences sur ces minerais ont abouti à l'isolement d'un « nouvel oxyde de métal ».

Ekeberg nomma sa découverte tantale, en partie pour suivre la pratique d'alors tirant des noms de la mythologie grecque, et en partie pour reconnaître la difficulté qu'il avait eu à le dissoudre dans les acides disponibles dans son laboratoire.



## La légende de Tantale

Dans la mythologie grecque, Tantale était le roi de Phrygie (dans la Turquie actuelle) et aussi un demi-dieu. Il offensa les dieux et dans une tentative désespérée de s'excuser, il tua son propre fils en sacrifice, le cuisina et le servit aux dieux lors d'un banquet.

Cependant, son crime fut découvert et cela n'enchantait pas les dieux. Comme punition, Tantale fut condamné à subir une frustration éternelle. Il fut forcé de se tenir éternellement sous un arbre fruitier avec des branches basses, dans l'eau jusqu'au cou, mais l'eau reculait chaque fois qu'il essaya de la boire et le vent poussait les fruits hors de sa portée chaque fois qu'il se levait pour les ramasser.



Les tourments de Tantale (détail) par Bernard Picart (1673-1733)

Une controverse sur le tantale éclata presque aussitôt que l'élément fut identifié. Un an avant la découverte du tantale par Ekeberg, Charles Hatchett, qui travaillait en Angleterre, avait identifié du columbium (comme il le nommait) à partir d'échantillons de minerais américains.

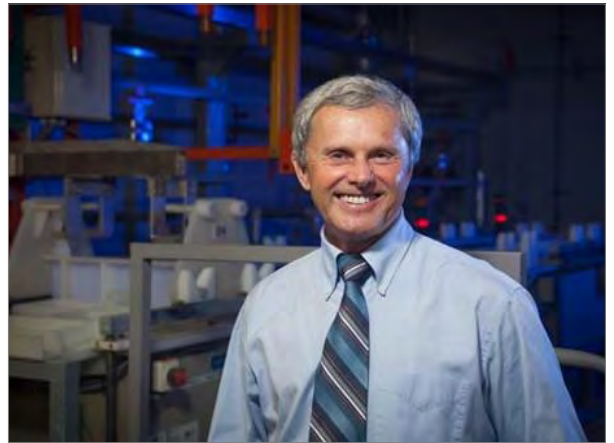
Comme l'analyse chimique en était encore à ses balbutiements, le défi d'identifier séparément les deux éléments similaires était trop difficile pour la plupart des chimistes.

Le débat se poursuivit jusqu'en 1865, lorsque des analyses spectroscopiques confirmèrent que le tantale et le columbium/niobium étaient en réalité deux éléments différents.

## Le lauréat du Prix Ekeberg 2018

Le Prix Ekeberg 2018 a été attribué au Dr Yuri Freeman de KEMET Electronics pour son livre « Tantalum and Niobium-Based Capacitors » lors de la 59e Assemblée Générale du T.I.C., en octobre 2018. Dr Freeman est directeur de la recherche avancée dans le business unit tantale (Ta) et membre du 'Advanced Technology Group' de KEMET Electronics.

Dr Freeman est titulaire d'un doctorat en physique des solides de l'université technique de Kharkov, en Ukraine. Avant de travailler pour KEMET, il a travaillé comme scientifique principal chez Elitan, le plus grand producteur de l'Union soviétique de condensateurs au tantale et au niobium (Nb), et chez Vishay Sprague aux États-Unis.



Dr Yuri Freeman, lauréat 2018 du Prix Anders Gustaf Ekeberg du tantale (Photo: KEMET)



Dr Freeman recevant son prix des mains du Président du T.I.C., John Crawley

Il a publié plus de 30 articles et reçu 26 brevets dans le domaine de la physique et de la technologie des condensateurs à base de Ta et de Nb.

Annonçant le nom du lauréat 2018, le jury indépendant a déclaré avoir choisi Dr Yuri Freeman car son livre, qui compensait le manque d'ouvrages de base sur le tantale et les condensateurs au tantale dans le monde éducatif, constituait un très bon aperçu scientifique sur le processus de fabrication de condensateurs électrolytiques à base de Ta.

Le Panel d'Experts a ajouté qu'il souhaitait féliciter tous les auteurs des publications figurant sur la liste restreinte dont les travaux repoussent les frontières des connaissances actuelles sur le tantale.

La médaille du Prix Ekeberg a été fabriquée par la Kazakhstan Mint en 100% pur tantale, fourni par Ulba Metallurgical Plant JSC, une société membre du T.I.C.

Un article basé sur le livre du Dr Freeman se trouve à la page 18 de ce magazine . **TIC**

# L'efficacité du tantale gagne les marchés

Article rédigé par Y. Freeman, P. Lessner, J. Poltorak, C. Guerrero, S. Hussey et C. Stolarski, KEMET Electronics Corp., et présenté par Dr Yuri Freeman le 16 octobre 2017, dans le cadre de la 58ème Assemblée Générale à Vancouver, Canada. Tous les points de vue et opinions exprimés dans cet article sont ceux des auteurs et ne reflètent pas ceux du T.I.C.

KEMET Tower, 1 East Broward Blvd., Fort Lauderdale, FL 33301, États-Unis

[questions@kemet.com](mailto:questions@kemet.com), [www.kemet.com](http://www.kemet.com)

## Introduction

Cette présentation est en grande partie tirée du livre « Tantalum and Niobium-Based Capacitors » du Dr Freeman, publié par Springer en octobre 2017. Il s'agit du premier livre consacré à ce sujet et les détails figurent à la fin de cet article.

Le message clé de cette présentation est que rien n'est simple dans les applications du tantale et du niobium. La nature présente de nombreux obstacles importants à la thermodynamique du tantale et du niobium, mais ces obstacles, s'ils sont compris, peuvent être utilisés pour fabriquer des produits d'une efficacité et d'une fiabilité inégalées qui dépassent de loin les performances des solutions de remplacement.

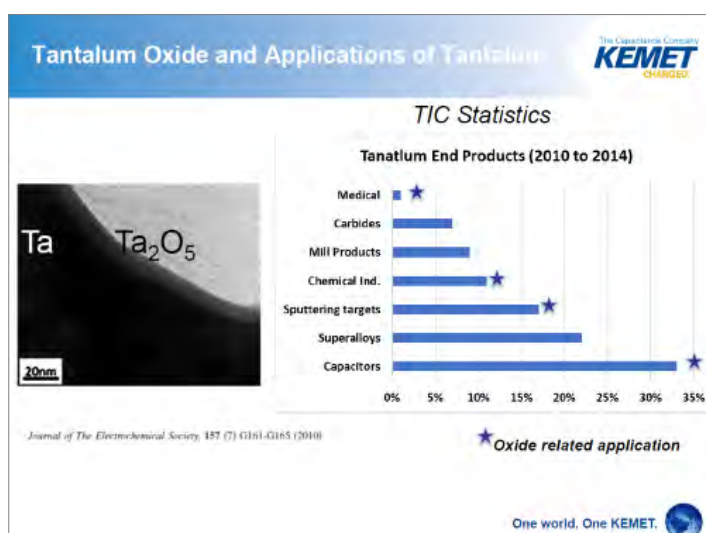


## Tantale: bref historique

Le tantale a été découvert en 1802 par le chimiste analytique suédois Anders Ekeberg dans des échantillons de minerais, notamment d'Ytterby en Suède. Les minerais d'Ytterby sont riches en plusieurs éléments rares et l'yttrium y a également été identifié pour la première fois. Le nom 'tantale' vient de l'ancien mythe grec de Tantale, un héros puissant qui a défié les dieux, a perdu et a été puni par la soif et la faim éternelles.

Quand Ekeberg découvrit le tantale, il dut le dissoudre pour tester ses propriétés. Cependant, tous les acides communs ne pouvaient pas le dissoudre et quand il réussit enfin, il baptisa le nouvel élément du nom de 'tantale', se souvenant de ses luttes.

Selon le même mythe grec ancien, Niobé était une fille de Tantale, et c'était une connexion appropriée lorsque les condensateurs au niobium ont commencé à être développés en Russie. Cette évolution a été provoquée par une pénurie de tantale en Russie à cette époque. Finalement, les condensateurs au niobium ont été développés pour être une alternative raisonnable aux condensateurs au tantale et sont toujours fabriqués en Russie aujourd'hui.



## Oxide de tantale et applications du tantale

Ekeberg a eu du mal à dissoudre le tantale parce que le tantale est toujours recouvert d'une fine pellicule de pentoxyde de tantale. C'est un oxyde natif, se formant naturellement.

L'oxyde de tantale a une résistance extrême aux acides et autres produits chimiques. Environ la moitié des applications du tantale ne sont pas des applications de tantale élémentaire pur, mais utilisent plutôt le mince film d'oxyde de tantale qui se forme à sa surface.



### Implants médicaux au tantale

Les implants au tantale sont totalement biocompatibles avec les tissus humains. Aucun cas de rejet par le corps d'implants au tantale n'a encore été enregistré.

Vous pouvez également rendre la structure poreuse, de sorte que les os et les vaisseaux sanguins se développent à travers la structure, la verrouillant en place et empêchant le relâchement avec le temps. La porosité permet également de gagner du poids.

### Carbure de tantale (TaC) dans les outils de coupe

Le tantale a un point de fusion très élevé, presque la moitié de la température de la surface du soleil.

Mais le carbure de tantale fond encore 900 degrés plus haut. C'est l'un des points de fusion les plus élevés de tous les matériaux jamais fabriqués.

Le carbure de tantale a également une dureté extrêmement élevée et peut même traiter les diamants.

The slide is titled "Tantalum Carbide in Cutting Tools" and features the KEMET logo. It includes a table with the following data:

	Melting Point, °C	Hardness, kg/mm <sup>2</sup>
Ta	2980	110
TaC	3880	1600-2000

Below the table are images of cutting tools with yellow-tipped inserts. The text "Wikipedia" is in the bottom left and "One world. One KEMET." is in the bottom right.



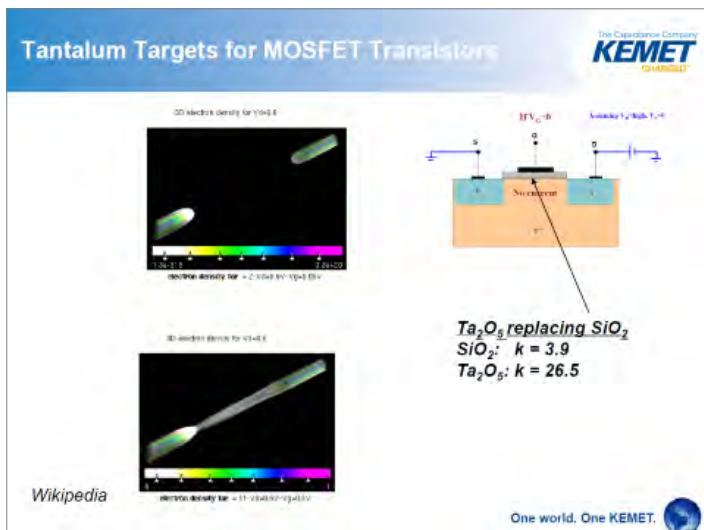
### Tantale dans l'industrie chimique et les pièces de monnaie

Dans l'industrie chimique, le pentoxyde de tantale constitue une couche hautement résistante pour la protection des équipements. La couche d'oxyde est également utilisée dans les pièces de monnaie fabriquées par la Kazakhstan Mint. La couleur permanente forte provient du film d'oxyde. Mais l'oxyde lui-même n'a pas de couleur, alors comment est-ce possible?

L'épaisseur de la couche d'oxyde est exactement égale à la longueur d'onde de la lumière bleue (dans cet exemple, bien que de nombreuses autres couleurs puissent être produites en faisant varier l'épaisseur de la couche).

### Cibles au tantale pour les transistors MOSFET

La troisième application la plus importante est l'utilisation du tantale dans les transistors MOSFET (MOSFET signifie « metal-oxide-semiconductor field-effect transistor »). Les transistors constituent la base de tout dispositif électronique en amplifiant et en commutant le signal. Avant l'invention des transistors à semi-conducteurs, il s'agissait de grands transistors à tubes sous vide; un modèle couramment utilisé était appelé « doigt », en raison de sa ressemblance.



Sur un circuit intégré, il y a des dizaines de milliers de transistors sur une petite puce. Les transistors individuels sont maintenant si petits qu'ils ne peuvent pas être vus à l'œil nu. De petits transistors sous-tendent le développement de puissants téléphones portables, ordinateurs portables, etc.

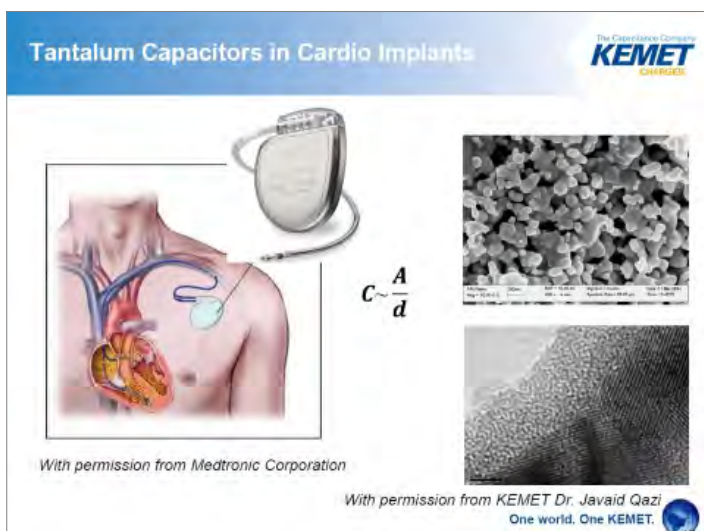
À l'origine, le dioxyde de silicium était utilisé comme diélectrique dans les transistors MOSFET, mais le pentoxyde de tantale est de plus en plus utilisé car la tension de seuil ( $V_{th}$ ) du commutateur est inversement proportionnelle à la constante diélectrique.  $V_{th}$  inférieur signifie un produit plus efficace.

### Superalliage Nickel/TaC dans les aubes de turbine

La deuxième application la plus importante est l'utilisation du tantale dans les superalliages. En 2016, la conférence du T.I.C. a eu lieu à Toulouse, en France, et nous avons rendu visite à Airbus. Cela était dû à l'utilisation de TaC dans les superalliages.

La déformation par fluage est un problème par lequel les pièces de moteur en métal, sous des températures extrêmement élevées et des forces centrifuges, changent de forme. Cela peut provoquer la panne d'un moteur.

L'ajout de TaC stabilise le superalliage grâce à son point de fusion exceptionnel. Il repose sur les joints de grains cristallins et ne permet pas le fluage.



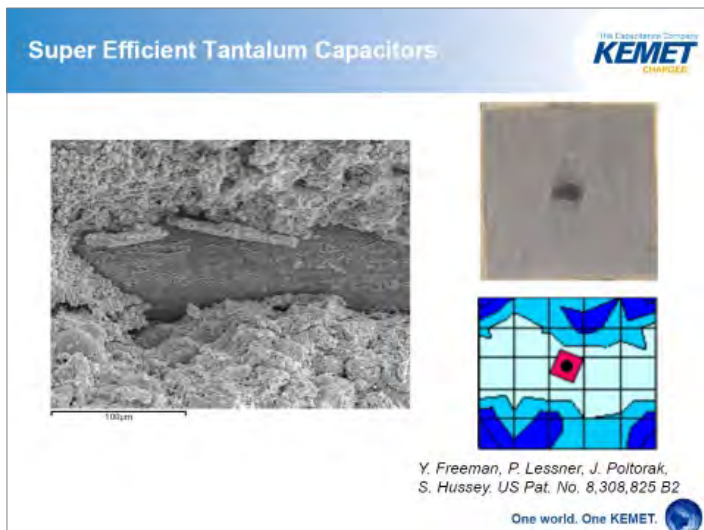
### Condensateurs au tantale dans les implants cardio

La plus importante application du tantale, représentant environ 30% de la consommation, est celle des condensateurs au tantale.

Les condensateurs au tantale ont un rendement record CV/cc grâce à la conception des anodes en tantale frittées avec de la poudre de tantale, qui offre une vaste surface dans un espace réduit et un diélectrique très fin d'une épaisseur allant de 20 à 400 nm, et d'exceptionnelles fiabilité et durabilité.

Les usages des condensateurs au tantale sont nombreux et variés, mais le défibrillateur automatique implantable (DAI) est particulièrement apprécié pour sa contribution à la santé humaine.

Un thorax humain a peu de place pour l'implantation de gros condensateurs en aluminium. Autrefois, l'alternative consistait à utiliser des défibrillateurs externes qui devaient être emportés partout par un patient à risque. Les condensateurs au tantale permettent à un DAI d'être suffisamment petit pour être inséré chirurgicalement dans la cage thoracique de l'homme, tout en fournissant une tension de 750 volts, suffisante pour être efficace, même sur le plus grand corps humain.



### Condensateurs au tantale super efficaces

Une efficacité volumétrique élevée est le principal argument de vente des condensateurs au tantale, ce qui permet une miniaturisation continue du condensateur et du dispositif électronique final. Historiquement, des améliorations des condensateurs au tantale ont été obtenues en utilisant des particules de poudre de plus en plus fines présentant un rapport surface/volume plus élevé. Cependant, les poudres les plus fines doivent être frittées à basse température pour ne pas trop les fritter (c'est-à-dire les comprimer au point de réduire leur surface).

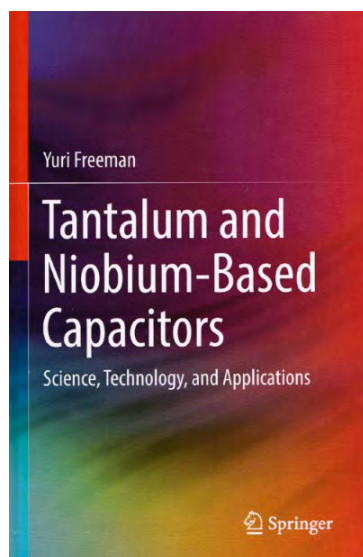
Cela créait un obstacle majeur car, aux basses températures de frittage, la poudre fine ne se liait

pas bien au petit fil de tantale qui relie le condensateur à la carte de circuit imprimé. Si l'on utilisait une température de frittage supérieure, cela assurait une liaison forte entre fil et poudre, mais la poudre devenait compacte, perdait de la surface et donc de l'efficacité. Une solution développée par KEMET consiste à augmenter localement la densité de pressage autour du fil. De ce fait, la liaison fil-poudre est améliorée sans augmenter la température de frittage ni provoquer la diminution de l'efficacité.

### Applications des condensateurs au tantale

Il existe aujourd'hui des applications extraordinaires pour les condensateurs au tantale. L'application qui se développe le plus rapidement est l'espace. Pendant plus de cinquante ans, on pensait que seuls les condensateurs au tantale humides pouvaient fonctionner dans les conditions extrêmes de l'espace, mais il existe aujourd'hui des condensateurs polymères avancés qui peuvent répondre aux exigences et le faire plus efficacement.

Le tantale est ductile, malléable et possède des propriétés remarquables, une résistance aux produits chimiques, diélectriques et bien plus encore. Le tantale peut sembler doux, comme n'importe quel métal, mais ne vous y trompez pas, c'est un élément exceptionnel avec des propriétés vraiment remarquables.



### Tantalum and Niobium-Based Capacitors

Par Dr Yuri Freeman, 2017

ISBN 978-3-319-67870-2

En vente à l'adresse suivante <http://www.springer.com/gp/book/9783319678696>

Cet ouvrage essentiel fournit une analyse accessible mais complète de la science, de la technologie et des applications des condensateurs à base de tantale et de niobium. Il se concentre sur les condensateurs polymères au tantale avec des applications en croissance rapide dans l'électronique spéciale et commerciale. Il aborde les principes fondamentaux, en se concentrant sur la stabilité thermodynamique, les processus de dégradation majeurs et les mécanismes de conduction dans la structure de base. Les principales étapes de fabrication, allant de la poudre de qualité condensateur à l'essai de condensateurs finis, sont décrites. Les applications sont discutées, de même que les modèles théoriques.

# 59ème Assemblée Générale et rapport de l'AGA 2018

La 59ème Assemblée Générale, y compris l'assemblée générale annuelle (AGA) des membres de 2018, s'est tenue du 14 au 17 octobre 2018 à l'hôtel Marriott de Kigali, au Rwanda. Des participants de premier plan de l'industrie du tantale et du niobium du monde entier ont assisté à l'événement. La conférence a été généreusement parrainée par Cronimet Central Africa (or), Jiujiang Zhongao Tantalum & Niobium Co. Ltd (argent) et Krome Commodities Ltd (réception de bienvenue).

Lors de l'assemblée générale annuelle du 15 octobre, les membres ont adopté des motions, notamment:

- Procès-verbal de l'AGA 2017
- 8 candidatures de membres corporatifs et 1 candidature de membre associé
- Le budget pour l'exercice 2019. Notez que la cotisation annuelle des membres a été gelée jusqu'en décembre 2019.

Tous les documents relatifs à l'Assemblée Générale et à l'AGA, ainsi que les présentations et les photos de l'événement, sont actuellement disponibles sur la section réservée aux membres du site web de l'Association ou via le bureau du T.I.C.

## Elections du Comité Exécutif

Au cours de la réunion, M. Conor Broughton (A & M Minerals and Metals Ltd) a quitté le Comité Exécutif. Lors des élections qui ont suivi, les dix autres membres du Comité ont été réélus et M. Fabiano Costa (Advanced Metallurgical Group N.V. (AMG)) et Mme Silvana Fehling (H.C. Starck Tantalum & Niobium GmbH) ont été élus. Sur ces douze personnes, M. John Crawley a été réélu Président pour une deuxième année consécutive. La prochaine AGA et les prochaines élections auront lieu le 14 octobre 2019, lors de notre 60ème Assemblée Générale à Hong Kong. Le T.I.C. demande que les membres du Comité Exécutif agissent en tant qu'individus et non dans leurs rôles corporatifs respectifs.

Le Comité Exécutif 2018/19 se présente comme suit (par ordre alphabétique):

Fabiano Costa	fcosta@amgmineracao.com.br
John Crawley (Président)	jcrawley@rmmc.com.hk
Silvana Fehling	silvana.fehling@hcstarck.com
David Gussack	david@exotech.com
Jiang Bin	jiangb_nniec@otic.com.cn
Janny Jiang	jiujiang_jx@yahoo.com
Kokoro Katayama	kokoro@raremetal.co.jp
Raveentiran Krishnan	raveentiran@msmelt.com
Ben Mwangachuchu	bmwangaceo@smb-sarl.com
Candida Owens	owens.candida@cronimet.ch
Daniel Persico	danielpersico@kemet.com
Alexey Tsorayev	tsorayevaa@ulba.kz

Le T.I.C. comprend actuellement les Groupes de Travail suivants (présidés par): Marketing (Daniel Persico), Réunions (Candida Owens), Statistiques (Alexey Tsorayev) et Chaîne d'Approvisionnement (John Crawley). Nous sommes toujours à la recherche de membres du T.I.C. enthousiastes pour se joindre au Comité Exécutif ou à un Groupe de Travail. Si vous êtes intéressé, veuillez contacter [info@tanb.org](mailto:info@tanb.org).

## Nouveaux membres

Lors de l'AGA, huit nouveaux membres corporatifs et un nouveau membre associé ont été élus. La qualité de membre associé est disponible pour les organisations qui ne sont pas impliquées commercialement dans nos industries, telles que les universités, les associations, les organismes gouvernementaux et la société civile. Le nouveau membre associé est:

## **Rwanda Mines, Petroleum and Gas Board (RMB)**

Adresse: KN 4 Ave, Kigali, Rwanda  
Délégué: Mr Francis Gatare

Site web: [www.rmb.gov.rw](http://www.rmb.gov.rw)  
Email: [fgatare@gov.rw](mailto:fgatare@gov.rw)



La qualité de membre corporatif du T.I.C. est ouverte aux organisations activement impliquées dans tous les domaines des industries du niobium et du tantale, des explorateurs aux mineurs, traders et transformateurs, en passant par les utilisateurs finaux et les fournisseurs de biens et services du secteur.

Les nouveaux membres corporatifs sont:

**Australian Strategic Materials Ltd (ASM)**



Adresse: 89 Burswood Road, Burswood, WA 6100, Australia  
 Site web: [www.alkane.com.au](http://www.alkane.com.au)  
 Délégué: Mr Alister MacDonald  
 Email: [amacdonald@alkane.com.au](mailto:amacdonald@alkane.com.au)

**Jiujiang Fuxing Tai Trade Co. Ltd**



Adresse: Room 1002, building A, North Area, Lu Feng Xiao Qu, Jiujiang, Jiangxi, China  
 Site web: -  
 Délégué: Ms Shen Shan (Susan Shen)  
 Email: [jiujiangfuxingtai@163.com](mailto:jiujiangfuxingtai@163.com)

**GGV Holding**



Adresse: Christaki Cranou 1, Germasogeia, 4047, Limassol, Cyprus  
 Site web: <http://mine.ficom-it.info/>  
 Délégué: Mr Dmitry Skripnik  
 Email: [skrashetrash@gmail.com](mailto:skrashetrash@gmail.com)

**RC Inspection Metals B.V.**



Adresse: Gustoweg 66, 3029 AS Rotterdam, The Netherlands  
 Site web: [www.rc-inspection.com](http://www.rc-inspection.com)  
 Délégué: Mr Ben Bender  
 Email: [info@rc-inspection.com](mailto:info@rc-inspection.com)

**H.C. Starck Inc. / Fabricated Products**



Adresse: 45 Industrial Place, Newton, MA 02461, United States  
 Site web: [www.hcstarck.com](http://www.hcstarck.com)  
 Délégué: Mr Mark Smolinsky  
 Email: [mark.smolinsky@hcstarck.com](mailto:mark.smolinsky@hcstarck.com)

**SAMWOOD NEO Inc.**



Adresse: 3F, No.3 Hayakawa Bldg., 2-2, Kandatacho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan  
 Site web: -  
 Délégué: Mr Masakazu Satomi  
 Email: [neo@samwood.co.jp](mailto:neo@samwood.co.jp)

**Halcyon Inc.**



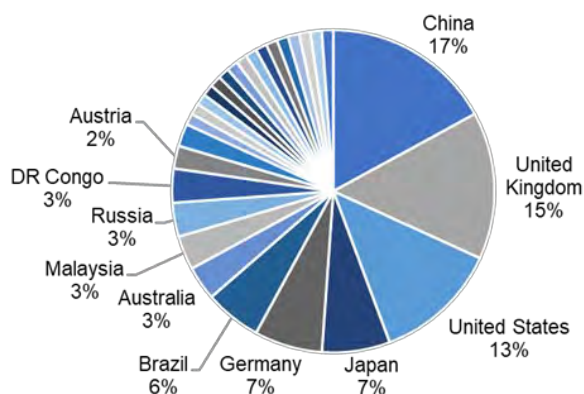
Adresse: Mazaya Business Avenue AA1, Level 41, Jumeirah Lake Towers Embankment, P.O. Box 214745, Dubai  
 Site web: [www.halcyonmetals.com](http://www.halcyonmetals.com)  
 Délégué: Mr David Craik  
 Email: [admin@halcyonmetals.com](mailto:admin@halcyonmetals.com)

**United Spectrometer Technologies Pty LTD**



Adresse: 38 Cincout Street, Blackheath, Cape Town, 7580, South Africa  
 Site web: [www.us-tech.co.za](http://www.us-tech.co.za)  
 Délégué: Mr Ingo Steinhage  
 Email: [info@ustech.co.za](mailto:info@ustech.co.za)


Membres par pays



Membres par emplacement



Pour faire une demande d'adhésion, veuillez visiter <https://www.tanb.org/view/join-today> avant le 14 septembre 2019 (un mois avant la prochaine assemblée générale annuelle). Toutes les nouvelles applications sont votées par les membres actuels du T.I.C.



La GA 60 va  
inclure la  
cérémonie de  
remise du Prix  
Ekeberg 2019

# 60ème Assemblée Générale

Shutterstock

La 60ème Assemblée Générale du T.I.C. se tiendra à

## Hong Kong

du dimanche 13 au mercredi 16 octobre 2019.

Des présentations sur des sujets pertinents concernant le tantale et le niobium sont demandées aux membres et aux non-membres. Les sujets bienvenus comprennent:

- Matières premières
- Traçabilité de la chaîne d'approvisionnement
- Services au secteur Ta-Nb
- Traitement primaire et raffinage
- Traitement secondaire et métallurgie
- Condensateurs, superalliages, acier HSLA et autres applications importantes
- Recherche et développement sur de nouvelles applications pour le tantale et le niobium

Les exposés doivent être en anglais et la durée des présentations est généralement de 20 à 25 minutes. Veuillez soumettre vos propositions de présentations pour les sessions techniques avant le 31 mars 2019. Le programme final est décidé par le Comité Exécutif. Les articles complets doivent être soumis avant le 15 septembre 2019.

Toutes les questions et demandes de formulaires de soumission de présentations doivent être envoyées à Emma Wickens (en anglais ou en français) à [info@tanb.org](mailto:info@tanb.org).