

Édito

Le Comité du Pilotage du RTV vous adresse ses meilleurs vœux pour l'année 2021 et vous souhaite une belle réussite dans vos projets mais aussi la santé pour vous et vos proches en cette période si particulière.

Dans cette lettre, nous allons vous présenter la cartographie du réseau et la section « Surface Chemistry and Coatings » du CERN.



Le Réseau des Technologies du Vide

Cartographie du réseau

Dans la première édition de *la Lettre*, nous vous avons présenté la composition du RTVide : les métiers, les domaines qu'il couvre. Dans cette édition nous vous présentons la couverture nationale du réseau.

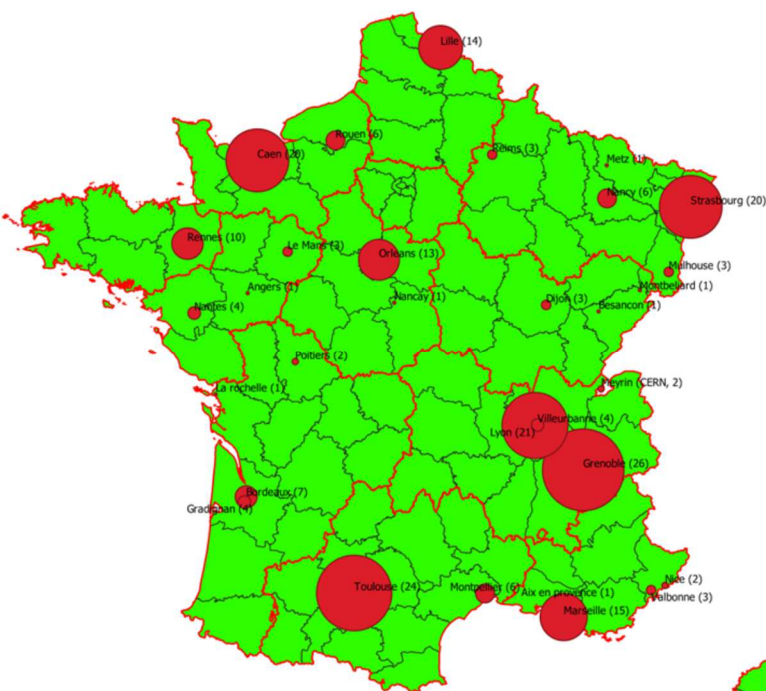


Figure 1a : RTVide en France - Distribution des membres

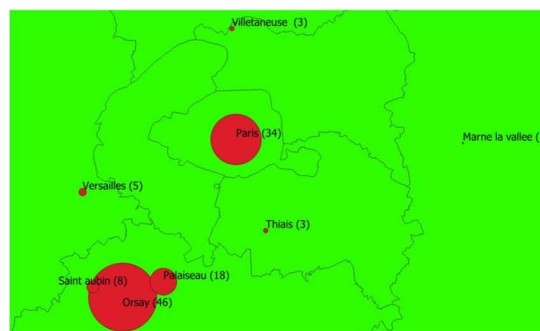


Figure 1b : RTVide en France - Zoom sur la région parisienne.

En se basant sur les données issues du sondage réalisé en 2019 parmi les membres du réseau nous avons pu constituer la cartographie du RTVide. Le réseau est présent absolument dans toutes les délégations régionales (Fig.1a) avec une majorité de membre située en région parisienne (Fig.1b). Le réseau est aussi présent hors des frontières françaises avec deux personnes au CERN (Suisse), et une personne à l'EuXFEL à Hambourg (Allemagne).

On peut, notamment, constater une forte présence des membres du réseau dans les laboratoires des grands instruments, accélérateurs, tels que GANIL à Caen, les laboratoires du plateau de Saclay dans la région parisienne ou du bassin grenoblois. Evidemment, pour ces laboratoires le vide est le cœur de métier ! Néanmoins le métier du vide n'est pas une prérogative uniquement des grands instruments, et comme nous avons pu le voir dans *la lettre n°1*, il couvre plusieurs domaines scientifiques et est bien présent dans la plupart des laboratoires français.

Appel aux volontaires

La présence du RTVide dans toutes les régions donne une excellente possibilité pour la popularisation du métier du vide et la propagation d'expertise dans ce domaine à l'échelle nationale. De ce fait, nous faisons **appel aux volontaires** pour nous aider à éditer *La Lettre du RTVide*. Nous souhaitons constituer un groupe de travail (GT). Ce groupe de travail a pour objectif d'animer le réseau via des publications régulières de la *Lettre*. Vous pouvez apporter votre contribution sous forme d'articles (sur le développement d'utilisation d'une manip' particulière, le résumé d'un article ou d'une conférence dans le domaine du vide, ...). Ou tout simplement pour faire une relecture des articles.... Si vous êtes intéressés, contactez-nous!

La section « Surface Chemistry and Coatings » du CERN

Au sein du groupe Vacuum Surfaces and Coatings, la section Surfaces Chemistry and Coatings assure l'exploitation et le développement des infrastructures pour le traitement de surface, les dépôts de couches minces, les modifications de surface par laser et les analyses chimiques et de surface. La section se compose d'un peu plus d'une trentaine de membres entre physiciens, ingénieurs, chimistes, personnels techniques et étudiants, du stagiaire au post-doctorant.

L'équipe des traitements de surface garantit le traitement de pièces diverses qui seront ensuite installées dans les différents accélérateurs du CERN. Le traitement le plus fréquent avant installation est le dégraissage de précision pour l'ultravide, réalisé grâce à des bains de détergents en solution aqueuse ou des traitements par solvants en circuit fermé. Des tubes de longueur atteignant 7 mètres peuvent être traités de cette façon. Ce nettoyage est aussi utilisé au cours de la fabrication des pièces, par exemple avant une soudure ou un brasage. Le choix de la méthode de dégraissage dépend de la géométrie de la pièce et des différents matériaux qui la constituent. Le matériau de choix pour les chambres à vide poussé est l'acier inoxydable, pour ses propriétés mécaniques, non-magnétiques et sa résistance à la corrosion. Cependant, quand des faisceaux de particules chargées ou des ondes électromagnétiques radiofréquences doivent circuler dans la chambre à vide, la conductivité électrique de l'acier est trop faible. Dans ces cas, un cuivrage de la surface interne de la pièce est réalisé (Fig. 1), après avoir déposé, pareillement par voie électrochimique, une sous-couche de nickel ou d'or. Dans d'autres cas, le nickelage est utilisé pour favoriser la mouillabilité du métal d'apport lors des assemblages par brasage sous vide. D'autres bains d'électrodéposition sont disponibles ou peuvent être mis en œuvre pour des applications ponctuelles, par exemple pour le rhodiage. Toutes ces méthodes demandent un contrôle continu de la composition des bains de traitement, assuré au sein de la section par le laboratoire de chimie du CERN. De plus, les eaux de rejet sont traitées dans une station interne dédiée, contrôlée par l'équipe des traitements de surface. Une vérification périodique de la qualité du nettoyage est réalisée par le laboratoire d'analyse de surface de la section, par spectroscopie de photoémission par rayons X (XPS).

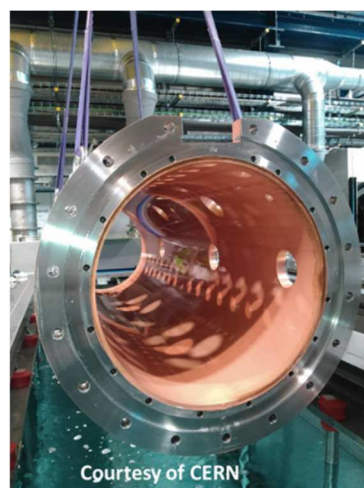


Figure 1 : Exemple de cuivrage: module Drift Tube Linac de ESS

Les couches minces, visant à modifier les propriétés de surface, peuvent également être obtenues par dépôt sous vide. Les applications les plus fréquentes au CERN incluent l'amélioration du pompage par des couches getter et la réduction du dégazage, la réduction de l'effet du nuage électronique par des couches en carbone amorphe et l'utilisation de couches supraconductrices en niobium pour augmenter le rendement des cavités accélératrices de particules. Les couches de getter non-évaporable (NEG, non-évaporable getter) ont été développées au CERN dans les années 90 pour contribuer au pompage des sections à température ambiante du LHC. Elles sont constituées de 1 à 3 microns d'alliage de titane, zirconium et vanadium, déposé par pulvérisation cathodique magnétron. La particularité de cet alliage est sa température d'activation relativement basse, autour de 180 °C pour 24 heures d'étuvage, qui permet l'application sur des chambres à vide en cuivre, voire en alliage d'aluminium. Le suivi de l'activation d'échantillons témoins par XPS permet le contrôle qualité des couches produites. Après la production des couches NEG pour les chambres du LHC (Fig. 2), cette technologie a été transférée à l'industrie. Ainsi, une partie des revêtements des chambres pour un synchrotron de nouvelle génération comme MAX IV a été réalisée au CERN, et la partie restante a pu être confiée à un industriel. Au CERN, la section assure actuellement les dépôts de NEG sur de nouveaux composants dans le cadre du projet de Haute Luminosité du LHC (HL-LHC). Des pièces de géométrie complexe, en acier inoxydable, cuivre, alliage d'aluminium ou béryllium et avec des longueurs allant jusqu'à plusieurs mètres peuvent être traitées.



Figure 2 : Chambre à vide avec revêtement NEG et cathode

En plus de ses propriétés de pompage ou de piégeage des molécules, le NEG après activation thermique présente un taux de multiplication des électrons (rendement d'électrons secondaires) suffisamment faible pour atténuer un phénomène pouvant limiter la performance des accélérateurs avec des faisceaux intenses: le nuage d'électrons. Pour les situations qui ne permettent pas un étuvage de la chambre à vide, comme pour des chambres insérées dans des électroaimants ou des systèmes cryogéniques, une autre solution a été développée : les couches minces de carbone. Ces couches, dont le rendement d'électrons secondaires est proche de 1, ont été récemment appliquées à plusieurs chambres à vide où circule le faisceau de particules. Elles peuvent être produites par pulvérisation cathodique en mode magnétron ou avec une cathode creuse. Un aspect important est l'intégration *in-situ* de tout le procédé de dépôt de ces couches minces, directement dans le tunnel qui abrite l'accélérateur. Cette étape a été franchie récemment avec le revêtement en carbone d'une centaine de chambres des aimants de l'injecteur du LHC, le Super Proton Synchrotron et celles d'un aimant cryogénique du LHC. Dans les prochaines années, ces couches seront utilisées comme revêtement des chambres des nouveaux aimants de focalisation de HL-LHC. La réduction du rendement d'électrons secondaires peut être également obtenue en modifiant la topographie (ou rugosité) des surfaces par traitement laser. Une installation de recherche et développement pour cette méthode est actuellement en construction et sera opérationnelle au cours de l'année. L'objectif est le traitement *in-situ* des surfaces de chambres à vide déjà installées dans les accélérateurs.

Un autre type de couches minces, en niobium cette fois-ci, est utilisé pour le revêtement des cavités accélératrices radiofréquence. Les propriétés supraconductrices de ces couches produites en mode diode ou magnétron et récemment en High Power Impulse Magnetron (HiPIMS), permettent de réduire fortement les pertes dues aux courants circulant en surface de

la cavité lors de l'injection des ondes radiofréquences et donc d'améliorer son rendement. Les cavités du LHC et de l'accélérateur d'ions HIE-ISOLDE sont réalisées avec cette technologie. Dans le cadre du projet du futur collisionneur circulaire (FCC), un important programme de développement est en cours afin, d'une part, d'améliorer la performance des couches minces de niobium et d'autre part, de la dépasser en utilisant des composés supraconducteurs plus complexes.

En général, les laboratoires d'analyse forment un support indispensable pour le contrôle qualité, mais aussi pour le diagnostic des causes de limitation de la performance des accélérateurs. On citera par exemple l'identification de traces de pollutions, corrosion, détérioration de matériaux ou formation d'oxydes, qui peuvent modifier les propriétés fonctionnelles des surfaces. En considérant les différentes activités de production et de développement citées précédemment, il apparaît clairement comment elles sont complémentaires. Les activités de traitement de surface, analyse chimique, analyse de surface et dépôt de couches minces sous vide se focalisent chacune sur un aspect d'un même objet réalisé ou en voie de réalisation. Ainsi, la mise en commun des compétences et l'organisation concertée de la logistique et des activités de ces différents laboratoires sont la clé pour réussir un développement ou la production d'un objet complexe.

Auteur : Mauro Taborelli (CERN, Genève (Suisse))

Agenda 2021

Événements organisés par le RTVide :

- Atelier « Maintenance de pompes - 1er niveau », (Grenoble, Strasbourg, Lille, Orsay et Toulouse)
- Journées thématiques : Assemblages Moléculaires (Paris)
- Formation vide utilisateurs (IJCLab)
- Formation analyseurs de gaz (IJCLab)
- Mise en lignes des codes des 2 calculs VTT et VTC

Pour plus d'informations:

<http://rtvide.cnrs.fr/spip.php?rubrique35>

Conférences/colloques :

- European Vacuum Conference, Marseille du 31 mai au 2 juin 2021