

## Un exemple de collaboration scientifique France-Kazakhstan dans le domaine des polymères



La chimie macromoléculaire au Kazakhstan a débuté dans les années 1960. Du temps de l'Union Soviétique, le Kazakhstan représentait, par ses énormes réserves de gaz et de pétrole, un intérêt stratégique important dans le développement de l'industrie pétrochimique, notamment les produits dérivés du pétrole. Un effort considérable a été fait pour le développement des polymères domestiques, en particulier la production de polystyrène, polyéthylène et polypropylène, largement utilisés et diffusés dans l'Union Soviétique. Par contre, la politique du Kremlin ne permettait pas le développement de technologies high-tech.

Au début de l'indépendance du Kazakhstan en 1991, un vaste plan de modernisation de l'outil industriel, appelé « Kazakhstan 2030 », donna les grandes orientations et les priorités du pays en matière de stratégie de l'industrie, en particulier dans le domaine des hautes technologies comme le développement de matériaux polymères avancés.

monomères pour polyimides, appelés photo-adsorbés du benzène et de l'anhydride maléique, produits par procédé photochimique UV/visible en présence de photosensibilisateurs.

Plus tard et à la suite de cette étroite collaboration qui s'était engagée, le Dr Saule K. Kudaikulova (ICS-KAN) et Marc J.M. Abadie (LEMP/MAO) lancèrent un nouveau projet dans le cadre de l'INTAS\* sur le développement d'un procédé non traumatique de métallisation de films polyimide. La première visite en France de Saule K. Kudaikulova eut lieu à l'occasion du 5<sup>th</sup> International symposium on polyimides and high performance polymers – STEPI 5 (1999), manifestation organisée par M. J.M. Abadie, qui se tient tous les trois ans à Montpellier. La présentation de ces nouveaux résultats sur le développement de la métallisation de films polyimide a été l'occasion pour S.K. Kudaikulova de renforcer la collaboration et d'ouvrir de nouvelles perspectives de recherche au Kazakhstan.



La République du Kazakhstan et son premier président Nursultan Nazarbaev.

Les principales recherches scientifiques dans le domaine du développement de nouveaux matériaux polymères fonctionnels comme les polyimides et polyuréthanes furent concentrés dans le Laboratoire de synthèse des polymères de l'Institut des Sciences Chimiques de l'Académie des sciences du Kazakhstan (ICS-KAN). Au début des années 90, sur invitation de l'académicien Bulat A. Zhubanov (ce professeur est considéré comme le père de la chimie macromoléculaire et des polyimides au Kazakhstan), le professeur Marc J.M. Abadie (Université Montpellier 2) visita le Kazakhstan pour la première fois. Cette visite fut à l'origine d'une collaboration scientifique entre les institutions de France et du Kazakhstan travaillant dans le domaine des polymères. Au début, l'intérêt de cette collaboration portait sur les différents procédés de synthèse de nouveaux



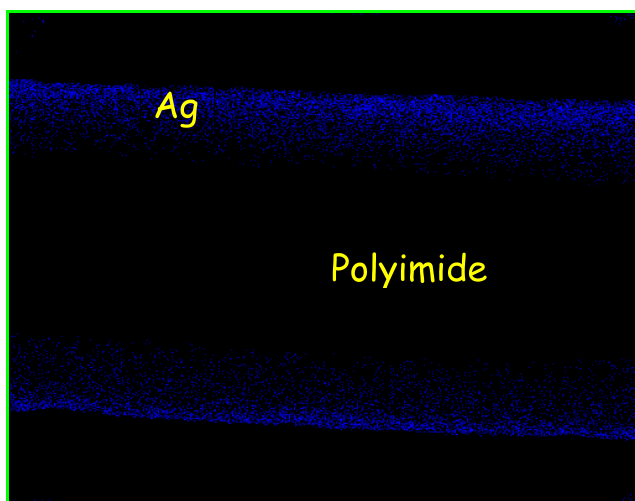
Visite du Dr Saule K. Kudaikulova (à droite) au LEMP/MAO du Pr Marc J.M. Abadie (à gauche) à l'Université Montpellier 2 en mai 1999.

Depuis le milieu des années 90, une intense activité de recherche a été développée par les deux institutions qui s'est traduit par des visites mutuelles et annuelles. L'aide du Ministère des Affaires étrangères, en particulier les bons contacts avec le service de Coopération et d'Action culturelle et son conseiller, Claude Crouail, a permis à S.K. Kudaikulova et à plusieurs chercheurs kazakhs de venir faire un séjour à Montpellier.

Dans le cadre de l'INTAS, le premier projet franco-kazakh a conduit au développement d'une nouvelle technique de métallisation de films thermostables polyimide. La couche métallique déposée est de 5-10 microns, stable thermiquement jusqu'à des températures de 550-600 °C. De tels matériaux peuvent être utilisés comme miroirs polymères flexibles, collecteurs ou réflecteurs de lumière solaire, comme antennes de transmission ou pour des

applications dans l'espace comme panneaux solaires. De nombreuses autres applications sont concernées en microélectronique comme matériaux ultra fins à faible capacité, microchips, etc.

A partir de 2000, d'autres équipes aussi bien kazakhs comme les Départements de Chimie du professeur Tleuken Z. Akhmetov et de Physique du professeur Oleg Prokhodko de l'Université nationale al-Farabi, russes comme l'équipe du professeur Irina Razumovskaya de l'Université pédagogique de Moscou, que françaises comme le Laboratoire des polymères du professeur Alain Périchaud de l'Université Aix-Marseille, celui du professeur Brigitte Mutel de l'Université de Lille et de la société Catalyse à Marseille, ont été incluses dans ce projet. L'objet de ces recherches était de poursuivre dans l'amélioration et l'obtention d'un procédé de métallisation de films polyimide. Ce projet technique a été approuvé par le comité scientifique de l'OTAN en octobre 2002 dans le cadre du programme « Science for Peace » (SfP) sur le développement d'un procédé non traumatique de métallisation de films polyimide conduisant à des surfaces électroconductives et à haute réflectivité (projet NATO SfP # 978013). Malheureusement, le début du projet a été endeuillé par la mort de Saule K. Kudaikulova en juillet 2003. Lors de la réunion annuelle à Almaty en août 2004, les participants français, kazakhs et russes ont décidé de poursuivre le projet de développement de la technique de métallisation à la fois sur des films industriels (Kapton® HN de DuPont et Upilex® S de Ube) et sur des films de synthèse. Différentes sociétés kazakhs, comme KK Interconnect et Ust-Kamenogorsk Capacitor, ont été impliquées dans le développement de composites métal/polymère. La technologie développée est un dépôt chimique de revêtement de métal permettant de produire en continu une couche métallique sur la surface d'un support film (ici polyimide), ou encore un relief métallique dans le cadre de microchip. La voie chimique de dépôt métallique permet l'obtention d'un maillage cristal imprégné dans la structure du polymère substrat. De ce fait, la couche métallique ne donne pas lieu à un phénomène de délaminage même après test de tension, formant un nanocomposite avec des distributions de grain métallique de 10-50 nanomètres, suivant la nature du métal déposé. Une des propriétés remarquables d'un tel produit réside dans l'interface métal/support qui s'est avérée très stable, même après étirement à 300 °C. Des études récentes (MEB, tests mécaniques, dureté) ont confirmé qu'il y avait



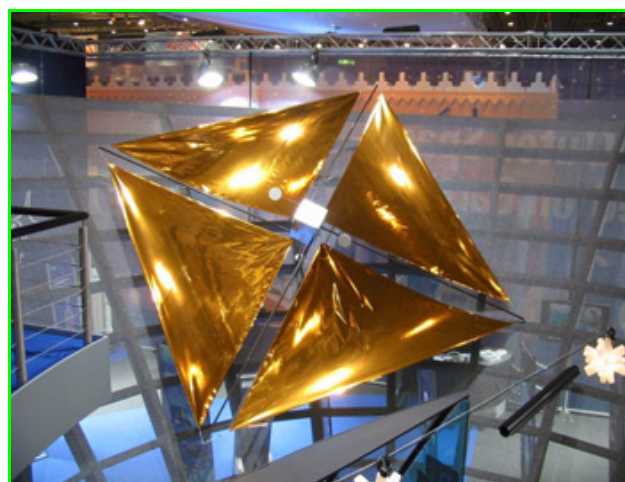
Cartographie chimique aux rayons X d'un film de polyimide Kapton® 100HN de 100 µm métallisé à l'argent (MEB).

infusion de la couche métallique dans le film de polyimide, rendant de ce fait l'interface extrêmement stable. Les expériences en laboratoire sont conduites sur des films polyimide de format A4 alors qu'industriellement le revêtement chimique est conduit en continu.



Film Kapton® 100HN de DuPont métallisé argent (à gauche) et motif sur film (à droite).

Une série de tests ont été conduits dans l'espace dans le cadre du programme aérospatial russo-kazakh pendant le vol du cosmonaute kazakh Mosabayev afin d'étudier l'effet d'irradiations électromagnétiques et des particules cosmiques sur la stabilité des performances optiques, électriques et thermiques des films polyimide métallisés. Il est en effet important d'évaluer les différentes potentialités et fonctionnalités de tels matériaux dans l'espace pour des applications comme voiles de l'espace, réflecteurs et collecteurs de lumière solaire sur de grandes surfaces. De tels matériaux, outre leur faible poids aussi bien pour le support que pour le matériau métal-polyimide, ont des propriétés et des performances analogues aux matériaux traditionnels comme le lustre, la stabilité thermique et les grandes réflectivité et conductivité.



Voile solaire pour la propulsion dans l'espace.

Ce concept fut proposé pour la première fois par Friedrich Zander vers 1920. La voile réfléchit la lumière solaire ou d'autres sources. La pression des radiations sur la voile est produite par absorption (voile noire) ou par réflectance (voile réfléchissante) de photons.



La réussite de ce programme de recherche est due à la compétence et au dynamisme des différentes équipes qui y sont engagées. Deux séminaires ont été organisés par les Kazakhs à Almaty les 26-31 août 2003 et les 1-3 septembre 2004 avec la participation des équipes russes et françaises. Au cours de la première réunion, un vibrant hommage a été rendu à Saule K. Kudaikulova et un film a été présenté retraçant sa vie exemplaire de chercheur kazakh et son implication dans la réussite du programme de recherche franco-kazakh.



Équipe du projet NATO SfP # 978013.

Debouts (de gauche à droite) : Dr O. Moiseevich, Pr Gary Beall, I. Melsitova, Dr M. Umerzakova, Pr Alain Périchaud, Pr Marc J.M. Abadie, Pr Tleuken Akhmetov, Dr V. Kravtsova, Pr Irina Razumovskaya, J. Jumagulova, Dr Vanda Voytekunas, Dr Serguei Bazhenov, A. Syzdykova, A. Galeeva ; assis (de gauche à droite) : Dr Rinat Iskakov, Pr Oleg Prokhodko.

Une délégation kazakh a participé à Montpellier au STEPI 7 (9-14 mai 2005), conférence organisée à la mémoire de Saule K. Kudaikulova, en présence de ses filles et de son frère. Deux conférences orales et cinq posters sur les différentes recherches menées en commun ont été présentés.

Cette collaboration franco-kazakh est exemplaire dans le développement de technologies high-tech. Nous avons récemment déposé un autre projet de recherche dans le cadre de FP6 STREP-INTAS\* sur le développement d'une nouvelle méthode de thérapie pour le traitement de la tuberculose pulmonaire qui est la maladie la plus répandue au Kazakhstan à cause de la pauvreté. Notre projet devrait

permettre la prévention et le traitement direct de la maladie dans les zones infectées en respirant des microcapsules de vaccins et phospholipides à relargage sélectif. La société Catalyse, spécialisée dans la microencapsulation, est responsable du projet où sont incluses des équipes kazakhs (ICS), roumaines (Université G. Asachi, Iasi), tunisiennes (Université de Sfax) et françaises (Université d'Aix-Marseille et Montpellier 2).

En 2007, nous avons déposé un projet de recherche, toujours dans le cadre de SfP, sur le thème de l'autorégénération (« self healing ») de polymères sur la base de matériaux possédant des éléments réparateurs intrinsèques microencapsulés. L'objectif est la réparation à distance de structures et matériaux évoluant dans l'espace et susceptibles d'être détériorés par l'impact de météorites ou autres objets. Cette recherche sera menée en association avec le centre spatial de Baïkonour.

Cette coopération scientifique a donné lieu au dépôt de six brevets, dix-huit publications, huit conférences et dix posters.

Une amitié mutuelle s'est développée entre les chercheurs kazakhs et français qui leur a permis de découvrir, à travers un programme scientifique, la richesse de la culture et les potentialités des deux pays. Bien sûr, un tel dialogue est profitable pour le Kazakhstan, en particulier pour la jeune génération de scientifiques et étudiants qui ont l'opportunité d'avoir une expérience dans nos deux pays, mais il l'est aussi pour la France, car le Kazakhstan est un immense pays aux ressources minières très variées et à la recherche d'un développement moderne, prospérité qui peut lui être assurée par la France et son savoir-faire technologique.

**Pr Marc J.M. Abadie\*\* (LEMP/MAO),  
Pr académicien Bulat A. Zhubanov (ICS-KAN),  
Pr Tleuken Z. Akhmetov (conseiller au Ministère de  
l'Énergie et des Ressources minérales du Kazakhstan)  
et Dr Rinat Iskakov (ICS-KAN).**

\* L'Association INTAS propose entre autres des bourses d'études et de conférences à des jeunes scientifiques des nouveaux États indépendants (ex-URSS).

<http://www.intas.be>

FP6 : 6<sup>e</sup> programme-cadre de recherche et développement technologique de l'Union européenne ; STREP : Specific Targeted Research Project.

\*\* LEMP/MAO, Université Montpellier 2, Science et Technologie du Languedoc (STL), Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 05.  
Courriel : [abadie@univ-montp2.fr](mailto:abadie@univ-montp2.fr)

## L'Actualité Chimique vous invite à visiter son site web

Retrouvez la revue dès maintenant  
sur <http://www.lactualitechimique.org>

Découvrez les sciences chimiques à l'interface des sciences de la vie et de la physique.

Consultez les brèves et archives en ligne.