

En finir avec la pollution de l'atmosphère : la physique et la chimie de la fragmentation moléculaire

L'un des principaux défis pour l'humanité dans les décennies à venir et de trouver une solution au problème de l'émission de polluants, principalement les hydrocarbures et les composés organiques volatils, qui sont toxiques à la santé humaine et qui contribuent au réchauffement global de la Terre. C'est un devoir pour les sciences fondamentales et appliquées de rechercher de nouvelles options et de proposer des idées neuves pour répondre à ce challenge.

La solution que nous étudions à l'université Paris-Sud consiste à fragmenter (casser) les molécules polluantes en utilisant les électrons de haute énergie et les atomes excités produits dans les plasmas hors équilibre de gaz atmosphériques. Cette technologie est pleine de promesses mais nous devons encore résoudre un certain nombre de problèmes liés à sa mise en œuvre ainsi qu'à des questions fondamentales de Physique et de Chimie.

La manière dont une molécule excitée se fragmente est encore mal connue, car la Chimie s'est jusqu'à présent principalement intéressée au processus de construction des molécules. Par contre, la physique nucléaire a étudié de manière très approfondie le processus de fragmentation des noyaux atomiques. Au CSNSM (mon laboratoire : Centre des Sciences Nucléaires et des Sciences de la Matière), nous développons un nouveau modèle de Physique statistique, en suivant le schéma théorique de la fragmentation nucléaire, qui permet de prédire en quels fragments (molécules de plus petites tailles) une molécule polluante va se briser après avoir été excitée à une énergie donnée. Le doctorant participera à la réflexion sur ce modèle théorique et à sa réalisation sous forme de code informatique. La partie théorique de la thèse aura donc lieu au CSNSM.

La seconde partie du projet sera consacrée à l'étude expérimentale de la fragmentation de molécules de polluants (par exemple l'acétone) dans un plasma. L'équipe DIREBIO (Décharges Impulsionnelles, REactivités à haute pression, et interfaces plasma-BIOlogie) du LPGP (Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas) est pionnière dans la réalisation de plasmas homogènes de grand volume photo-déclanchés. Le doctorant étudiera le processus de la fragmentation du polluant en faisant varier les paramètres électriques de la décharge photo-déclanchée et de la composition du mélange de gaz dans le but de comprendre les transfères d'énergie à la molécule et de déterminer le mode de fonctionnement optimum. Finalement, la composition moléculaire du gaz résiduel sera analysée à l'aide de la chromatographie et d'un spectromètre de masse haute-résolution récemment mis au point au LCP (Laboratoire de Chimie Physique). Les résultats expérimentaux seront confrontés aux prédictions théoriques pour, d'une part, valider le modèle théorique et, d'autre part, déterminer la distribution d'énergie déposée par le plasma dans les molécules. L'objectif final de la méthode est de produire uniquement des molécules fragments non-polluantes en consommant aussi peu d'énergie que possible.

Qui nous sommes

Nous sommes des physiciens et des chimistes travaillant sur le campus d'Orsay de l'université Paris-Sud (<http://www.u-psud.fr/en/>), l'une des composantes de la nouvelle université Paris-Saclay (<http://www.epps.fr/en/a-global-cluster/>), située à 35 minutes du centre de Paris.

L'université Paris-Sud est classée :

- Première université française pour la Physique par le classement de Shanghai :
<http://www.shanghairanking.com/SubjectPhysics2014.html>
- Première université en Europe (avec LMU Munich) pour la Physique par le classement CHE :
http://www.excellenceranking.org/eusid/EUSID?module=Hitliste&do=show_11&esb=4&order_left=1#res

Qui vous êtes

Vous êtes un bon étudiant physicien ouvert aux problèmes environnementaux, motivé par la Physique théorique et appliquée, par la Chimie-Physique et par la programmation.

Programme de la thèse sur 3 ans

- 12 à 18 mois au CSNSM consacrés à la recherche bibliographique, à la modélisation théorique et au développement du code.
- 6 à 12 mois au LPGP pour les expériences sur plasma.
- 12 mois au LCP pour caractériser les gaz résiduels et pour rédiger des articles et le manuscrit de thèse.

Références

(la lecture de ces articles peut être difficile pour vous, c'est normal)

- "Statistical nature of nuclear multifragmentation"
A.S. Botvina, D.H.E. Gross, Phys. Rev. C 58, R23(R)
- "Kinetics of organic molecules in pulsed plasmas of nitrogen or N₂/O₂ mixtures at near atmospheric pressure"
S. Pasquiers, N. Blin-Simiand, L. Magne
Plasma Physics and Controlled Fusion, 55 (2013) 124023 (10 pages).
- "Role of quenching of metastable states in acetaldehyde decomposition by a non-equilibrium nitrogen plasma at sub-atmospheric pressure"
W. Faider, S. Pasquiers, N. Blin-Simiand, L. Magne, Journal of Physics D: Applied Physics, 46 (2013) 105202 (16 pages).