



HAL
open science

Dispositif Intégré pour l'Analyse par Décharges Électriques et la Miniaturisation de l'Émission photonique

Antoine Pallandre, Stéphane Pasquiers, Gérard Beauville, Taous Abar,
François Damien Delapierre, Fabrice Gobert, Nicole Blin-Simiand, Ayoub
Boulghobra, Hélène Mestdagh, Joël Lemaire, et al.

► **To cite this version:**

Antoine Pallandre, Stéphane Pasquiers, Gérard Beauville, Taous Abar, François Damien Delapierre, et al.. Dispositif Intégré pour l'Analyse par Décharges Électriques et la Miniaturisation de l'Émission photonique. Journée PALM 2021, Oct 2021, Orsay, France. hal-03766467

HAL Id: hal-03766467

<https://hal.science/hal-03766467v1>

Submitted on 1 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



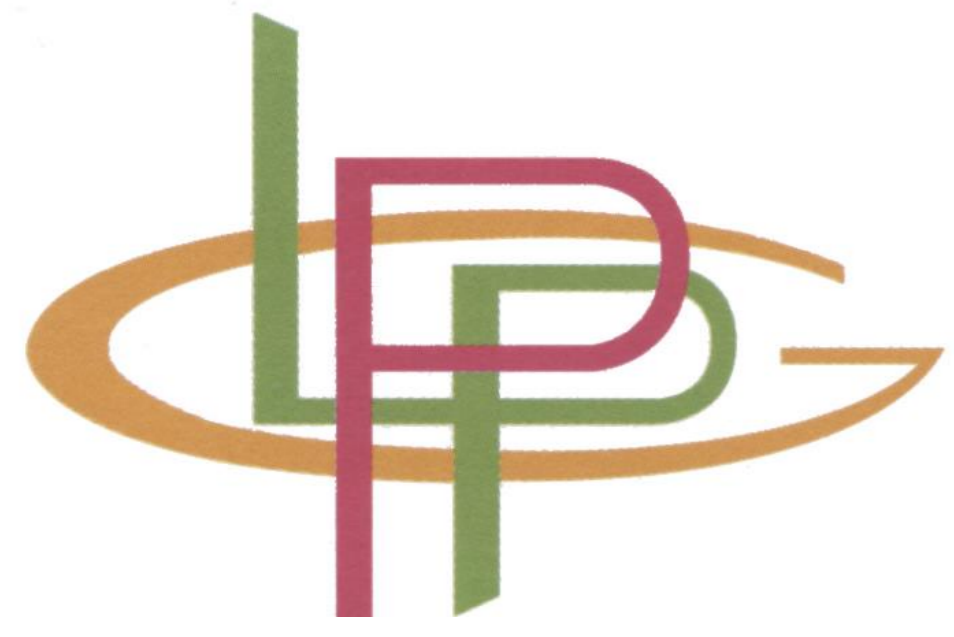
Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Dispositif Intégré pour l'Analyse par Décharges Electriques et la Miniaturisation de l'Emission photonique
Responsables: Antoine Pallandre¹ et Stéphane Pasquiers²

Gérard Beauville², Taous Abar¹, François Damien Delapierre¹,
Fabrice Gobert¹, Nicole Simiand², Ayoub Boulghobra¹, Hélène Mestdagh¹, Joël Lemaire¹, Michel Heninger¹

PALM

Laboratoire d'Excellence
Physique : Atomes Lumière Matière



université
PARIS-SACLAY



¹Université Paris-Saclay, CNRS, Institut de Chimie Physique,
UMR8000, 91405 Orsay, FRANCE.

² Université Paris-Saclay, CNRS, Laboratoire de Physique des Gaz et
des Plasmas, UMR8578, 91405 Orsay, FRANCE.

Introduction

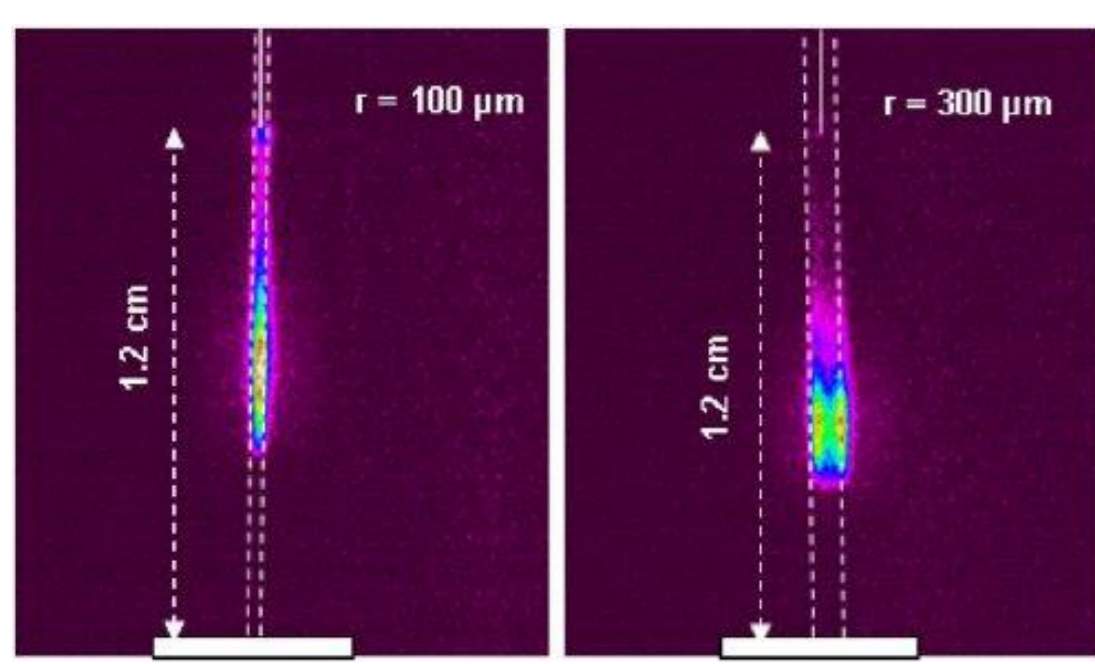
Au travers de nombreuses collaborations qui perdurent avec le temps, l'ICP et le LPGP proposent dans ce projet émergent de combiner décharges plasma, microfluidique et analyse par spectrométrie de masse. Un dispositif microfluidique sera conçu avec une première partie constituée d'un diluteur de gaz rares. Dans un second module ces gaz seront vecturisés pour être distribué dans une matrice de microcanaux contenant des solénoïdes. Ces derniers seront alimentés par du courant alternatif nécessaire à la création de microplasmas. Les émissions produites par ces plasmas seront étudiées comme sources de lumière et caractérisées optiquement avant d'envisager pour la suite de ce projet l'intégration de cavités générant de la lumière cohérente et monochromatique.

Le deuxième volet de ce projet consistera à réaliser des études de réactivité dans ces microplasmas en y introduisant des molécules (formaldéhyde, ammoniac, eau) pouvant servir de précurseurs conduisant aux molécules plus complexes qui sont à l'origine des briques de la vie (acides aminés). L'analyse des étapes de cette réactivité sera réalisée en couplant la puce microfluidique à des spectromètres de masse FTICR (Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance) compacts. Cet ensemble permettra des analyses de COV (composés organiques volatils) en temps réel. Ce projet PALM constituera le socle nécessaire à la demande de financement d'un projet de type ANR ou ERC d'ici trois ans. En effet, on sait que les plasmas sont capables d'augmenter drastiquement les rendements des réactions et l'activité catalytique, ce sont là d'autres perspectives possible du projet DIADEME [P1-4].

Plasma froid de décharge électrique dans un tube capillaire

Micro-décharges envisagées

- Radiofréquence (13,56 MHz ou plus) - *nouveau*
- A barrière diélectrique (HT impulsionnelle)
- Couronne sur pointe (HT impulsionnelle)



Propagation d'une décharge dans un capillaire de rayon 100 μm (à gauche) et 300 μm (à droite).

Principaux objectifs recherchés par l'équipe du LPGP

- Basse température des neutres (plasma pulsé hors-équilibre)
- Dissociation efficace des molécules primaires (processus de transfert d'énergie : collisions e⁻, A⁺, A^{*})
- Caractéristiques spatio-temporelles du plasma réactif ajustables (tube, flux, mélanges, pression)



Plasma d'hélium créé dans un tube capillaire souple en polymère, avec jet en sortie.

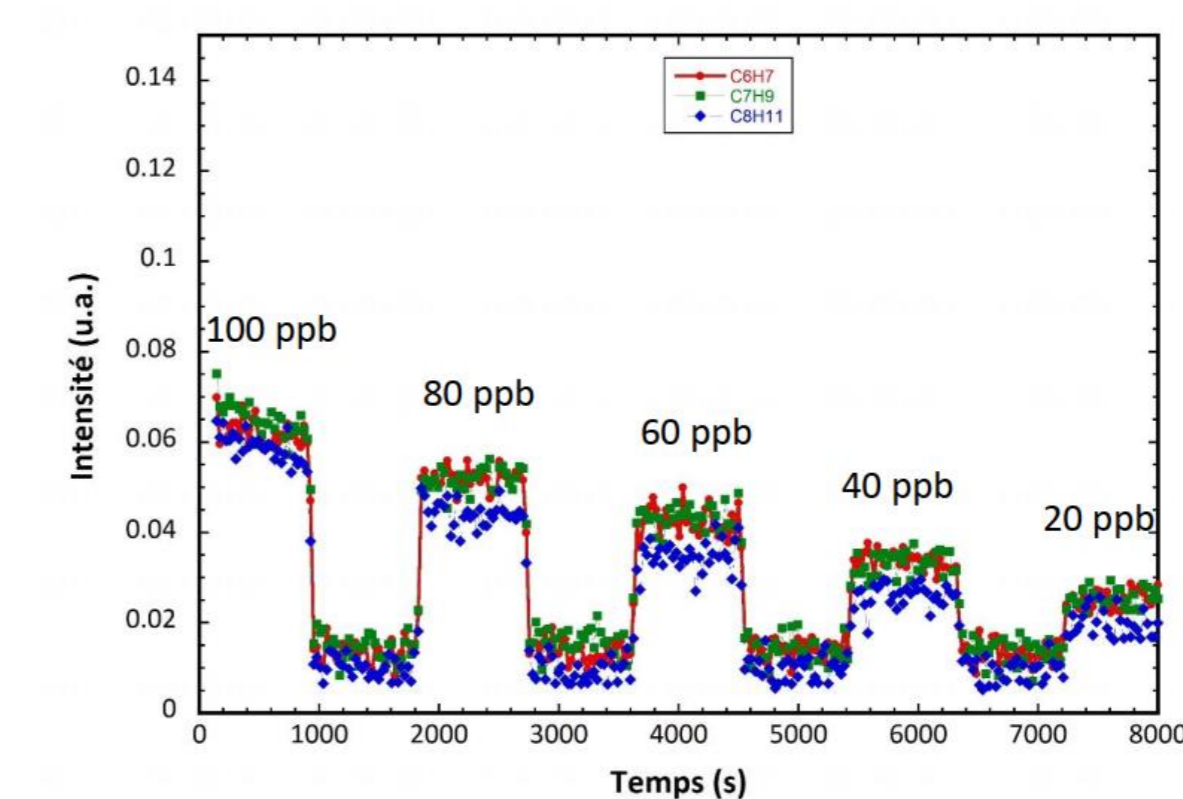
Paramètres du projet

- Milieu réactionnel : gaz rares (He, Ar) + H₂O / CH₂O / NH₃
- Pression : <= 1 bar
- Dimensions tube : diamètres (int., ext.), longueur

Analyse des plasmas par spectrométrie de masse



H₃O⁺ + COV → H₂O + (COV)H⁺
Mesure en temps réel et sans a priori
Pas de réaction sur les principaux composants de l'air (N₂, O₂, H₂O, CO₂, Ar, ...)



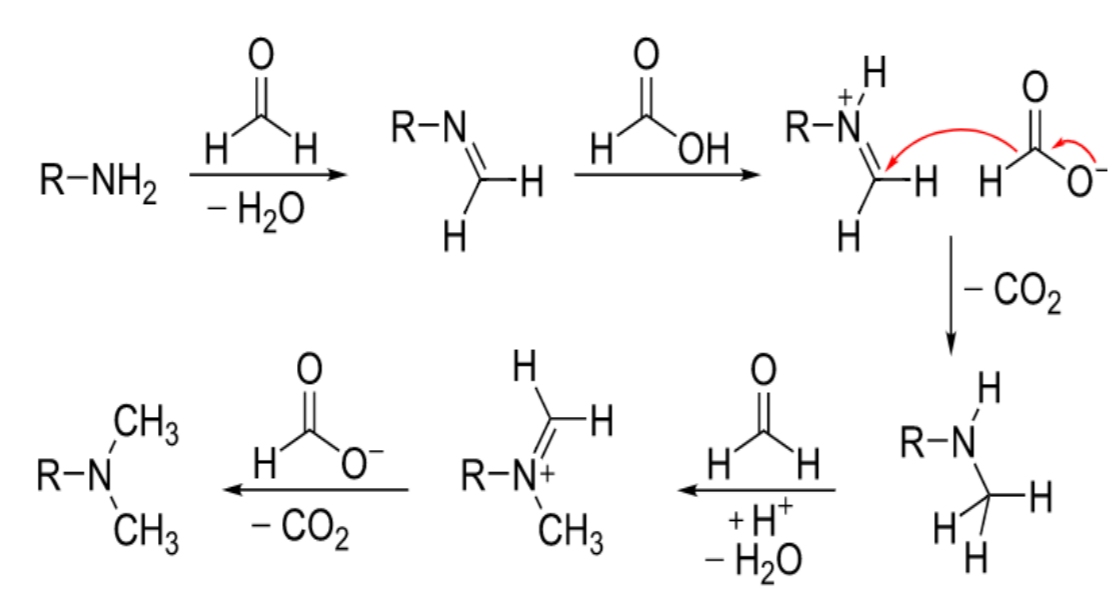
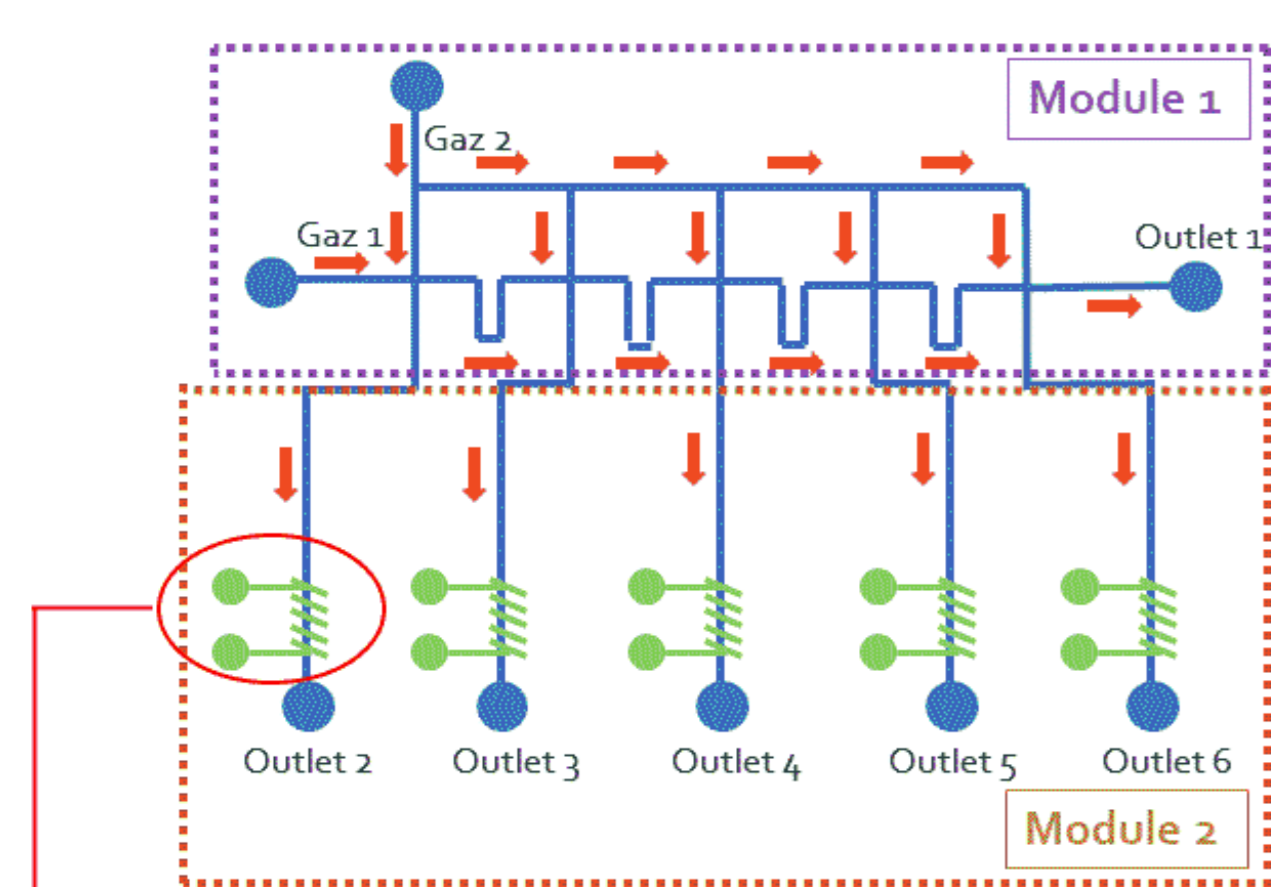
LOD de qq ~20ppb en accumulant gx

Analyseur BTrap

Spectromètre de masse FTICR
Champ 1.5T
Gamme de masse 10-300 m/z
Resolution 10000

Les gaz qui seront introduit dans la puce microfluidique pourront être soit un gaz rare, hélium ou argon, soit un mélange de ces gaz avec des gaz moléculaires d'intérêt pour le projet : vapeur d'eau, formaldéhyde, ammoniac. L'intérêt des gaz rares est d'une part une facilité de production du plasma (en termes de tension appliquée aux structures de décharge et d'énergie électrique consommée), et d'autre part la génération d'états excités métastables qui sont des réservoirs d'énergie pour la dissociation des molécules par collision (quenching).

Microfluidique et analyse du plasma dans l'UV

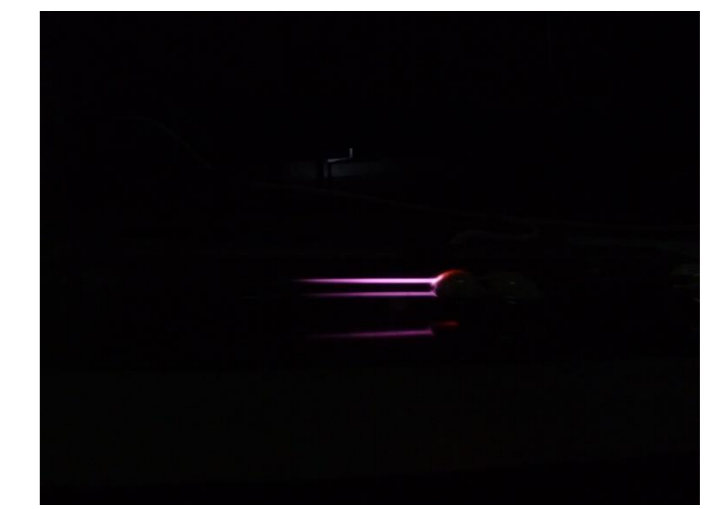
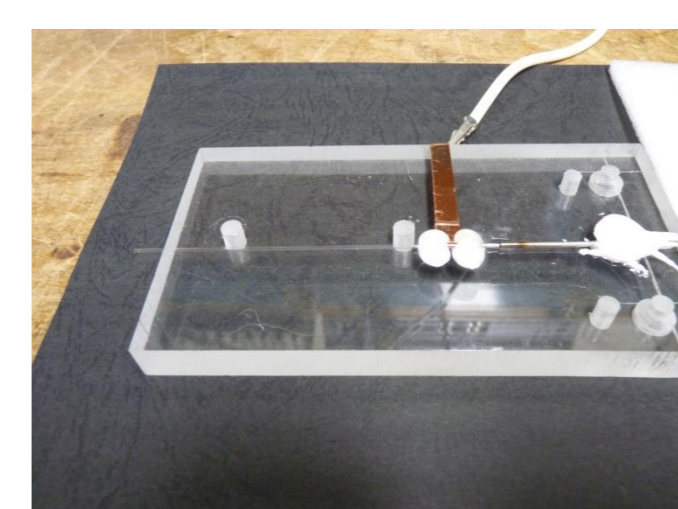


la réaction de d'Eschweiler-Clarke qui aboutit à la formation d'une amine tertiaire

Le module 1 est un diluteur de GAZ. Les flèches rouges indiquent le sens de circulation des gaz. Le module 2 contiendra des solénoïdes entourant 5 microcanaux (cas plasma RF). Un électrolyte liquide (mercure) permettra de générer un plasma dans le canal central en appliquant un courant alternatif. Ce canal sera alimenté en amont par le premier module qui permettra de contrôler précisément la proportion des gaz dans les cinq canaux inférieurs de la puce microfluidique (cf. figure 2, exemple de plasmas pulsés de jet). Les sorties 1 à 6 du module 2 pourront être couplées au spectromètre de masse FTICR.

Premier résultat et preuve de concept

un plasma d'hélium dans un microcanal en quartz de 800 microns de diamètre intérieur et une photo de la petite plaquette réalisée



- tube en quartz de diamètre intérieur 800 microns et 1000 microns diamètre extérieur.
- alimentation impulsionnelle, 10kHz, la tension appliquée crête est de 3kV.
- Le gaz est de l'hélium à la PA, débit 20 sccm.

Conclusion

LES OBJECTIFS:

- Suivi de l'avancement réactionnel de synthèses d'intérêt pour la biologie et les origines de la vie grâce au couplage de la microfluidique et de la spectrométrie de masse
- Concevoir et caractériser des sources de lumière dans le domaine de l'UV pour miniaturiser des blocs sources qui seront ensuite intégrés à des capteurs microfluidiques miniaturisés

Collaboration PALM-PALM | l'Axe 4: émergence | durée: 24 mois | demande financière 49500 € + un apport de 5800 € sur fonds propres

Microfluidique en phase gazeuse pour l'étude de la réactivité et l'émission de photons dans des microplasmas

Couplage microfluidique avec des spectromètres de masse FTICR compact

Deux équipes LPGP/ICP qui ont un historique de collaboration et une production scientifique associée

Références
[P1] V. I Parvulescu et al. 2012 Plasma Chemistry and Catalysis in Gases and Liquids (Weinheim: Wiley)
[P2] J. Jansky et al., J. Phys. D : Appl. Phys. 44 (2011) 335201 .
[P3] P. Le Delliou et al., IEEE Trans. Plasma Sci. 39 (2011) 2686.
[P4] Programme TCP-NAT : Traitement des cancers par plasma, vers une nouvelle approche thérapeutique (Dirébio, LPGP, 2013-2014). Brevet FR3054087 (date de publication : 19/01/2018).