



HAL
open science

Plasmas Froids associés à la Spectrométrie de Masse pour l'analyse de composés à l'état de trace

B. Brahim, M. Heninger, Joël Lemaire, E. Louarn, H. Mestdagh, G. Bauville,
N. Blin-Simiand, B. Bournonville, E. Es-Sebbar, P. Jeanney, et al.

► **To cite this version:**

B. Brahim, M. Heninger, Joël Lemaire, E. Louarn, H. Mestdagh, et al.. Plasmas Froids associés à la Spectrométrie de Masse pour l'analyse de composés à l'état de trace. Atmos'Fair, Jun 2015, Lyon, France. hal-04218320

HAL Id: hal-04218320

<https://hal.science/hal-04218320>

Submitted on 26 Sep 2023

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.

Plasmas Froids associés à la Spectrométrie de Masse pour l'analyse de composés à l'état de trace.

B. Brahim¹, M. Heninger¹, J. Lemaire¹, E. Louarn¹, H. Mestdagh¹, G. Bauville², N. Blin-Simiand², B. Bournonville², E. Es-Sebbar², P. Jeanney², S. Pasquiers², V. Puech², J. Santos Sousa², E. Bauchard³, J. Leprovost³

¹ Laboratoire de Chimie Physique (LCP UMR 8000 CNRS-Université Paris Sud), bât. 350, Université Paris-Sud, 91405 Orsay cedex

² Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP UMR 8578 CNRS-Université Paris Sud), bât. 210, Université Paris-Sud, 91405 Orsay cedex

³ AlyXan, centre Hoche, 3 rue Condorcet, 91260 Juvisy-sur-Orge

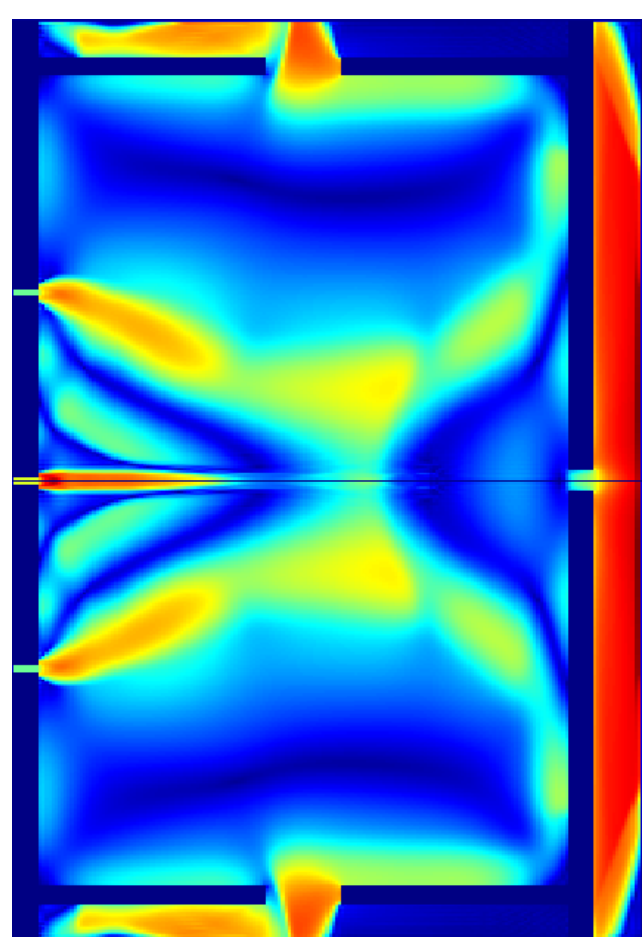
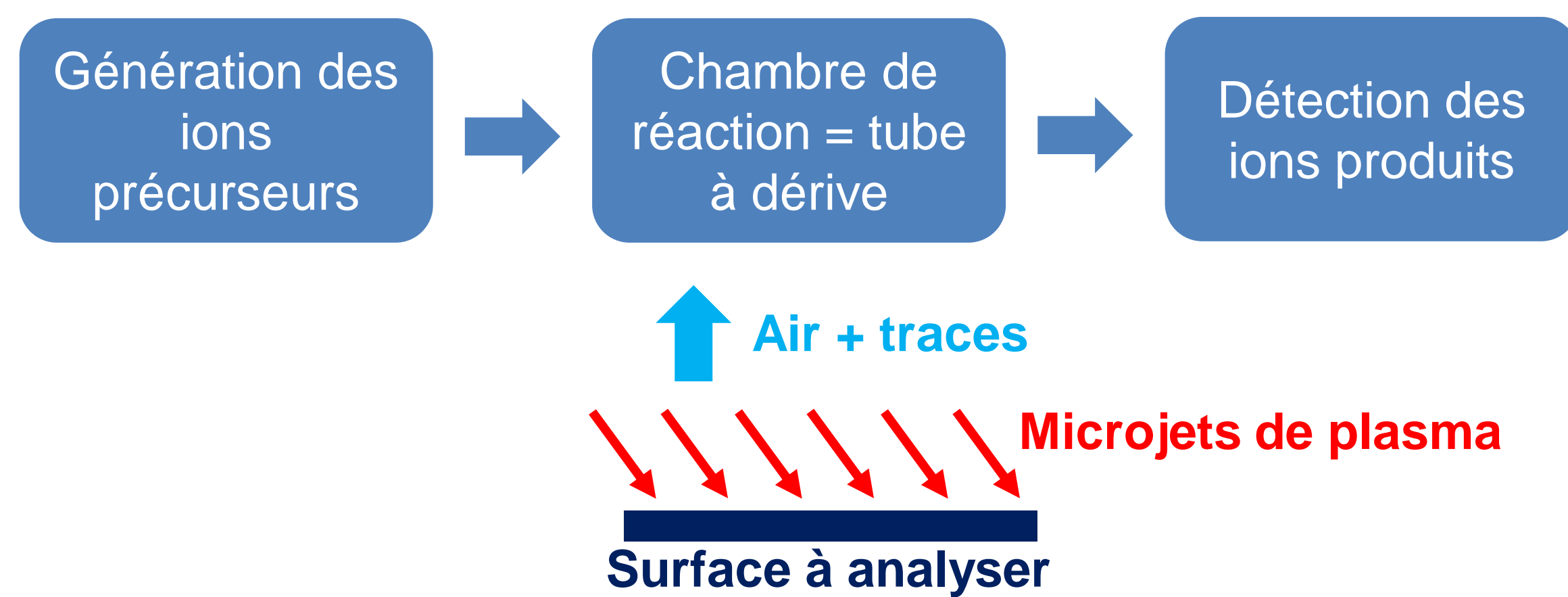
Introduction

Notre objectif est le développement d'un instrument compact pour la détection en temps réel de composés organiques volatils (COV) présents à l'état de traces dans l'air ou déposés sur des surfaces.

Dans ce domaine nous avons déjà réalisé des instruments haute résolution (FT-ICR transportables à aimants permanents) mais pour concevoir un analyseur plus compact et plus sensible nous développons actuellement un instrument où l'ionisation chimique sera mise en œuvre dans un tube à écoulement. La détection en masse sera réalisée dans un premier temps avec un quadrupole linéaire puis avec un piège à ions développé pour ce projet.

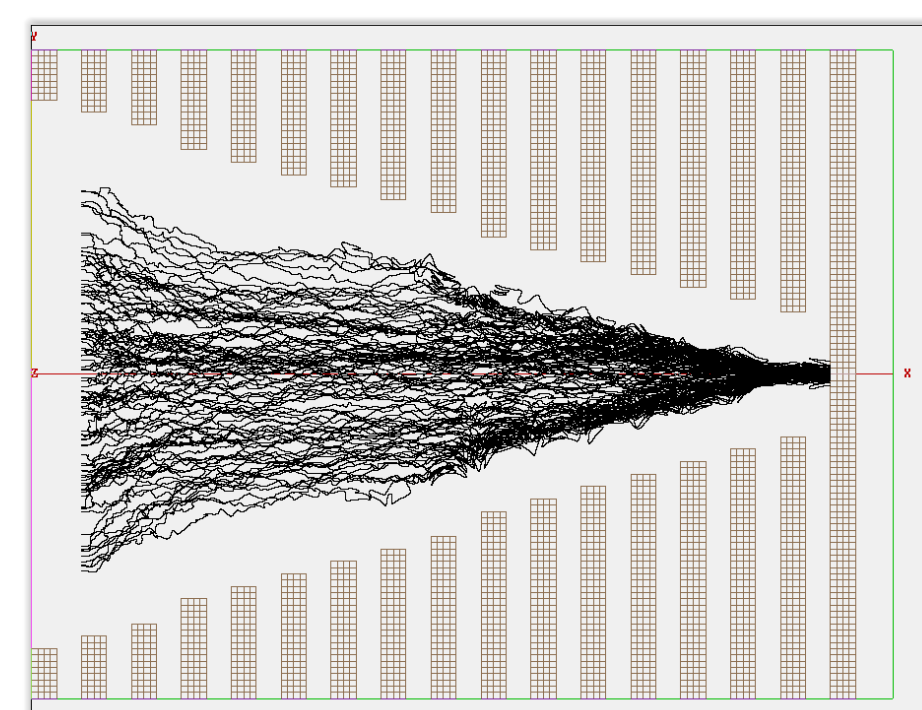
Le couplage avec des microjets de plasmas froids permettra d'aller désorber des molécules peu volatiles déposées sur des surfaces.

Instrument



Simulations

Des simulations sont utilisées pour optimiser les dimensions des électrodes, déterminer les champs électriques, évaluer les champs de vitesse, de densité, de température du gaz et pour calculer les trajectoires des ions.



Pour prendre en considération l'effet des collisions on commence par caractériser l'écoulement par une simulation hydrodynamique (avec le logiciel VirtualJet) puis on calcule les trajectoires des ions (avec le logiciel SIMION)

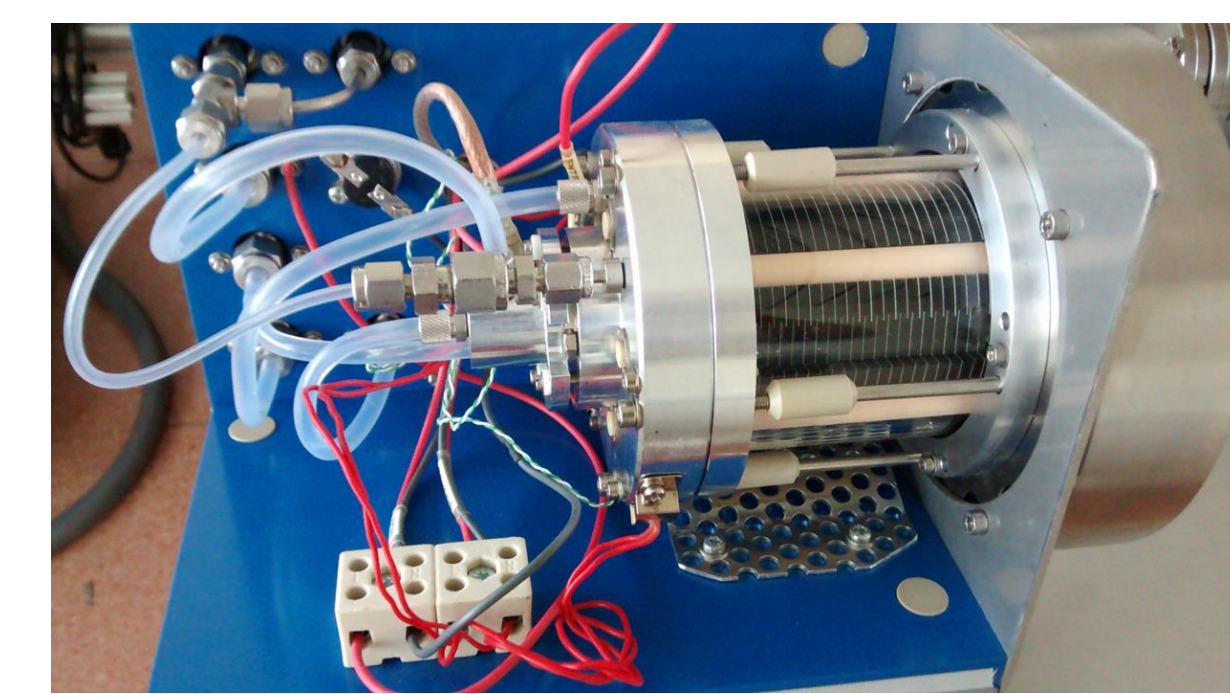
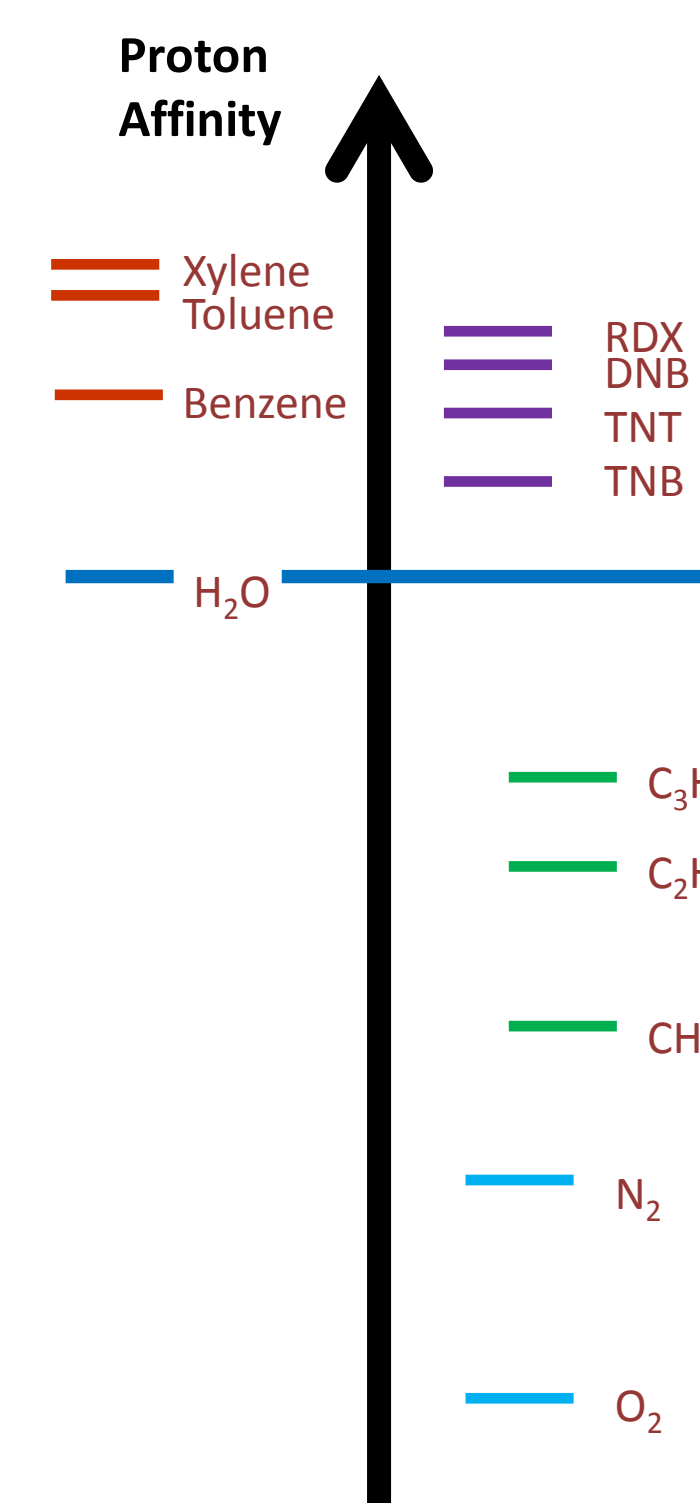
Réaction avec l'air à analyser

Ionisation sélective des composés à l'état de traces

La réaction la plus utilisée est le transfert de proton à partir d'ions H_3O^+

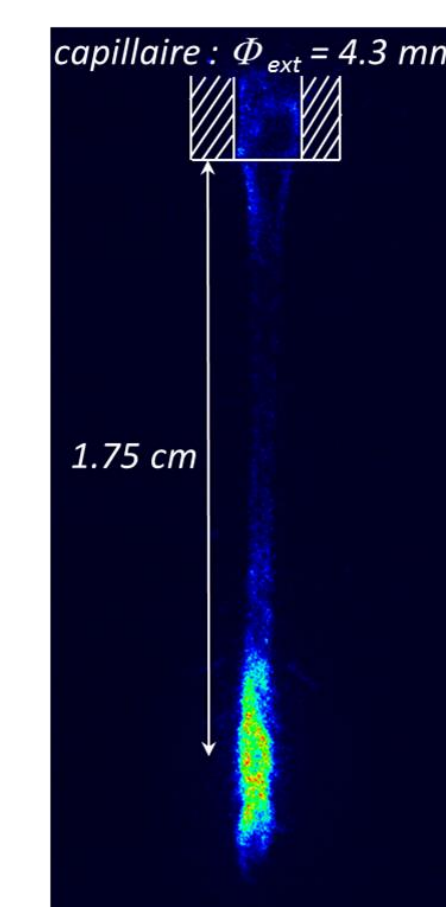


Cette réaction va protoner efficacement les molécules ayant une affinité protonique supérieure à celle de l'eau (comme les composés aromatiques, les aldéhydes, les explosifs nitrés, les narcotiques,...) mais n'ionisera pas les principaux composants de l'air (N_2 , O_2 , Ar, ...) ainsi que les alcanes ou les CFCs ayant une affinité protonique inférieure à celle de l'eau

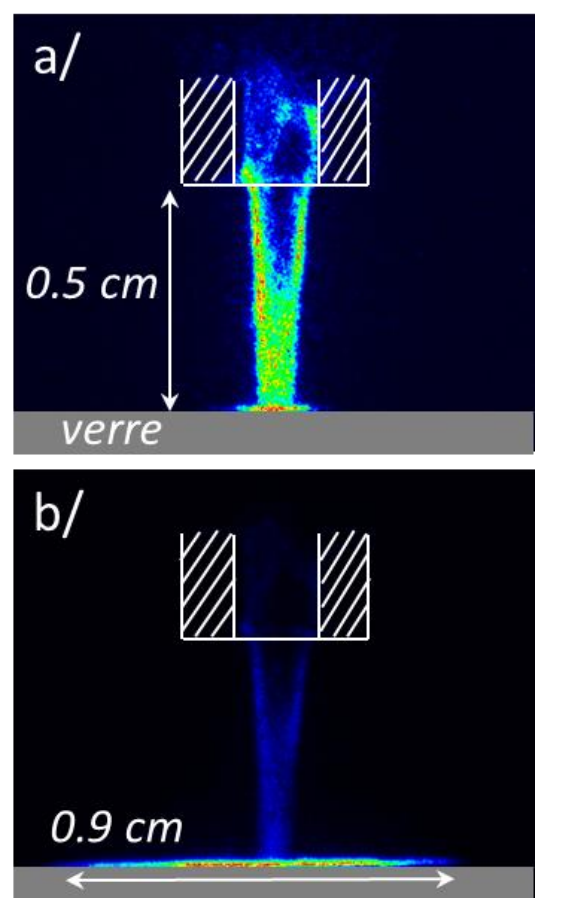


Tube à écoulement Kore Tech. utilisé pour les premiers essais

Désorption par microjets de plasmas froids de molécules déposées sur des surfaces



Mesure de la fluorescence du plasma dans le microjet d'argon (accumulation de 10 impulsions avec une camera à CCD intensifiée). Temps d'acquisition : 20ns.



Même type de mesure lorsqu'une surface de verre est approchée à 5 mm de la sortie du capillaire. Aux temps plus longs le plasma s'étale sur la surface

Les microjets de plasma contiennent des espèces excitées dans des états métastables qui ont une durée de vie suffisante pour transporter de leur énergie jusqu'à la surface. Nous étudions des microjets de plasmas froids dans différents gaz (ici dans l'argon) afin d'analyser leur efficacité à désorber les analytes (sans les dégrader) en ayant aussi le souci de l'efficacité (consommation réduite de gaz et d'énergie électrique).

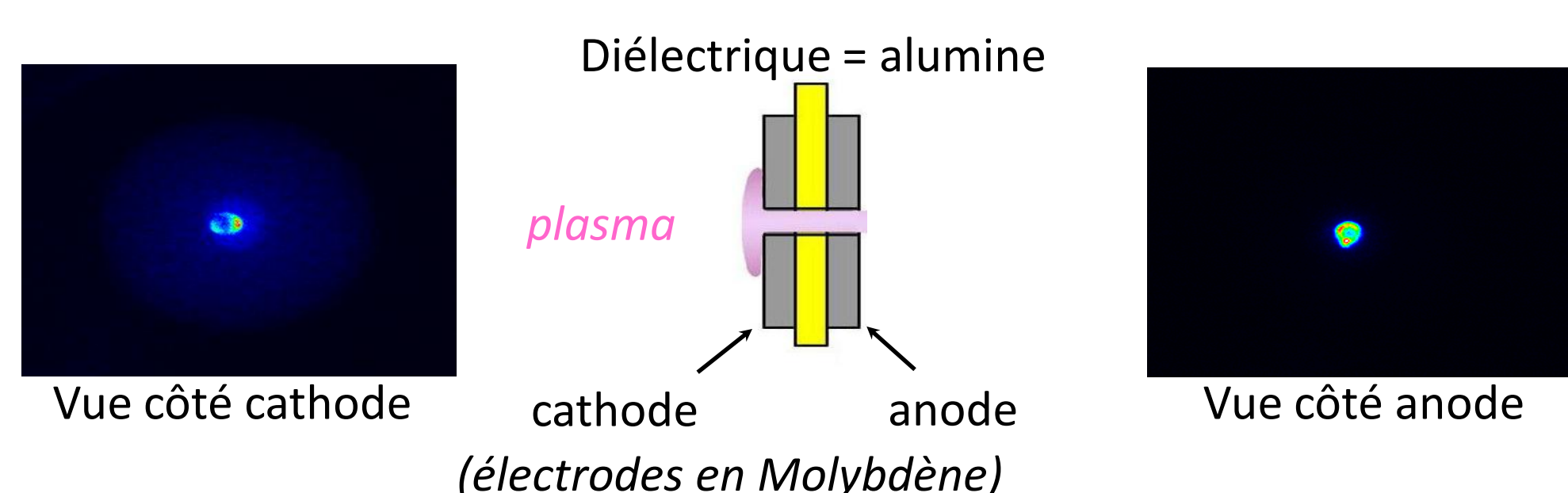
Génération des ions primaires

Les ions primaires sont formés par décharge dans un gaz ou un mélange de gaz.

Afin de miniaturiser la source nous étudions la possibilité d'utiliser des "Micro Hollow Cathode Discharge" (MHCD) que nous faisons fonctionner avec des mélanges Ar/ H_2O .

L'objectif est de former des flux élevés d'ions H_3O^+ tout en limitant la consommation électrique (et de gaz) nécessaire au fonctionnement de la source.

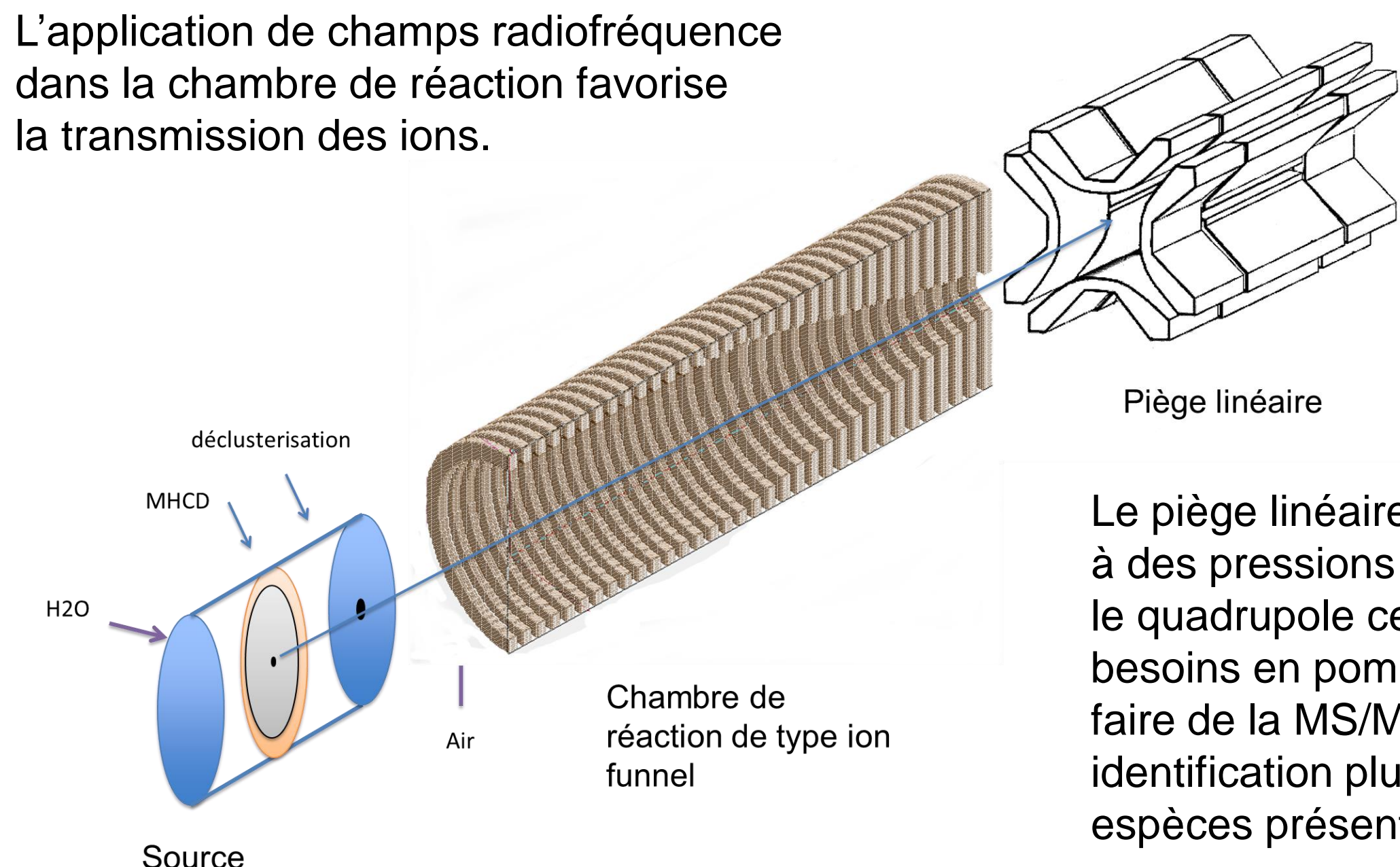
Source de type "Micro Hollow Cathode Discharge" pour la génération des ions H_3O^+



MHCD utilisée avec des mélanges Ar / H_2O

Analyseur avec chambre de réaction de type ion funnel et détection dans un piège à ions

L'application de champs radiofréquence dans la chambre de réaction favorise la transmission des ions.



Le piège linéaire peut fonctionner à des pressions plus élevées que le quadrupole ce qui allège les besoins en pompage. Il permet de faire de la MS/MS pour une identification plus précise des espèces présentes.

Remerciements

Nous remercions l'Agence Nationale de la Recherche pour son financement, dans le cadre du programme CSOSG (projet PLASPAMS).

Conclusion

Nous avons commencé à tester séparément différents éléments du futur analyseur temps réel : source d'ions de type MHCD, analyseur quadrupolaire, microjet de plasma.

Des simulations sont réalisées pour le dimensionnement et l'optimisation des différents éléments qui prennent en compte les collisions des ions avec les gaz neutres présents. Les distributions de densité des gaz neutres sont évaluées par des simulations hydrodynamiques.

Différentes versions seront évaluées pour la chambre de réaction : drift tube commercial, chambre de type ion funnel, ... Ceci avec l'objectif d'aboutir à une configuration compacte qui sera associée à une détection par piège linéaire.