

CRESUSOL : un instrument pour aider à caractériser la formation des molécules en phase gazeuse et à basse température

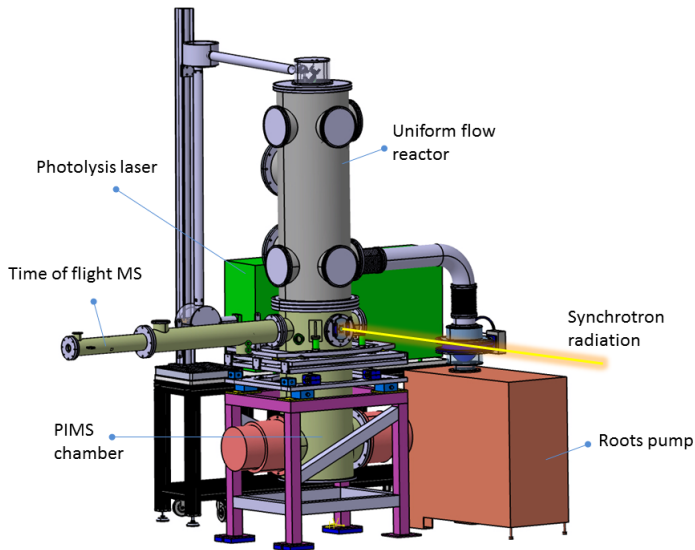


PhDay, 23 avril 2019

Contexte

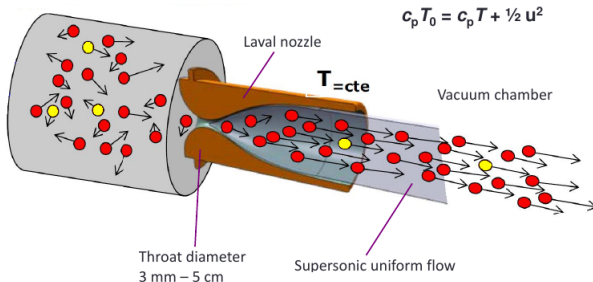
- ▶ Plus de 200 molécules détectées dans le milieu interstellaire
- ▶ Les mécanismes de formation et la cinétique de ces molécules est un sujet de recherche actif
- ▶ D'un intérêt astro et fondamental
- ▶ Nous développons un instrument pour déterminer la constante de vitesse cinétique et les rapports de branchement des collisions réactives entre espèces neutre

L'instrument CRESUSOL



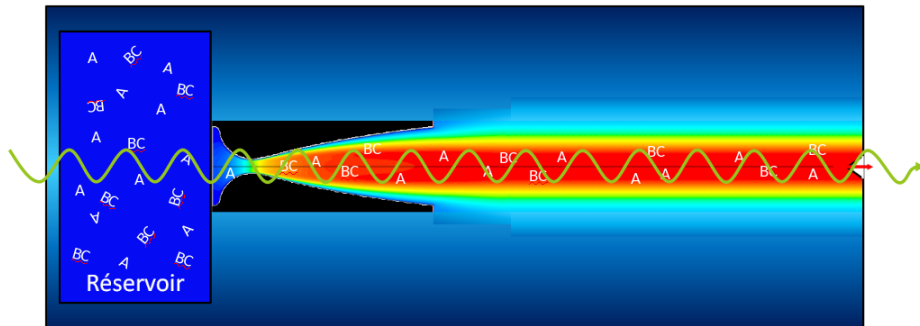
3 / 17

Écoulement supersonique uniforme

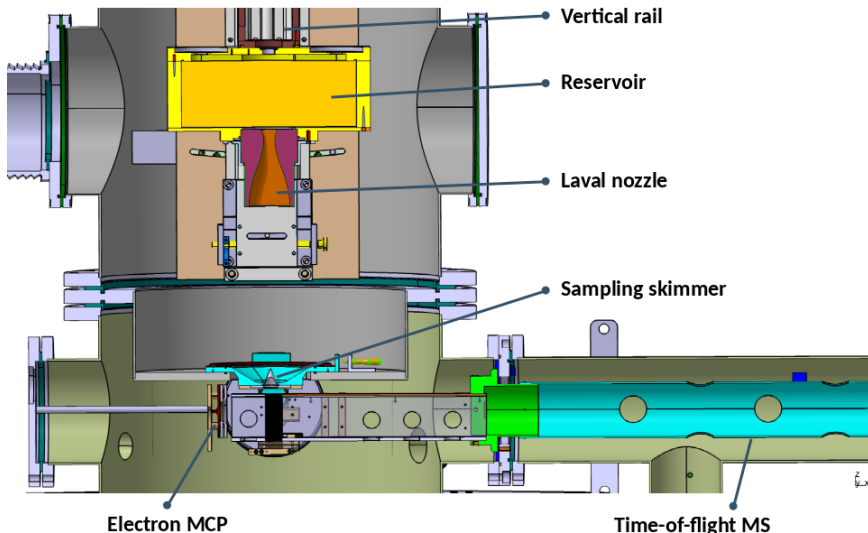


- ▷ Tuyère de Laval
 - ▷ Détente adiabatique
 - ▷ Équilibre thermique (nombreuses collisions)
- ▷ $T = 10\text{K} - 250\text{K}$
 - ▷ $n = 10^{16} - 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
 - ▷ Longueur d'uniformité : 20-60 cm ($\sim 200 - 900 \mu\text{sec}$)

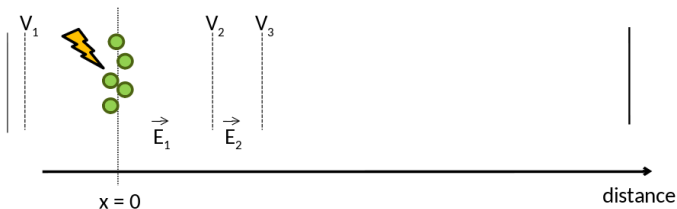
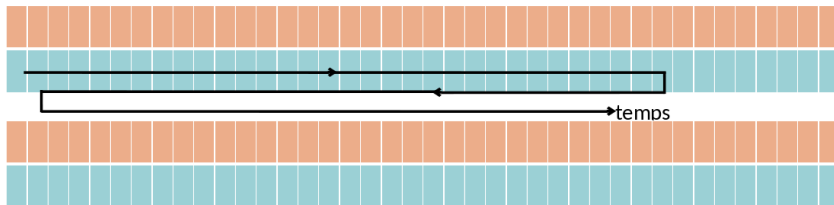
Écoulement supersonique uniforme



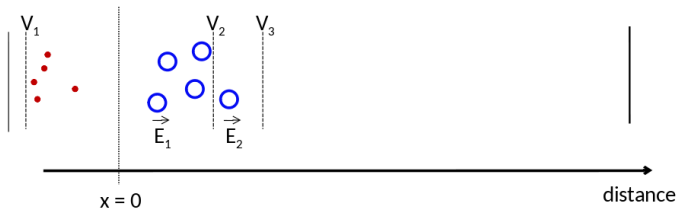
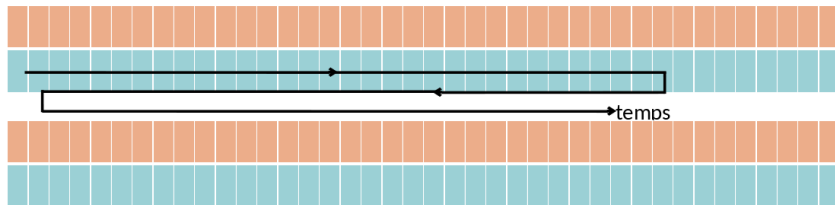
Schématique CRESU/PIMS



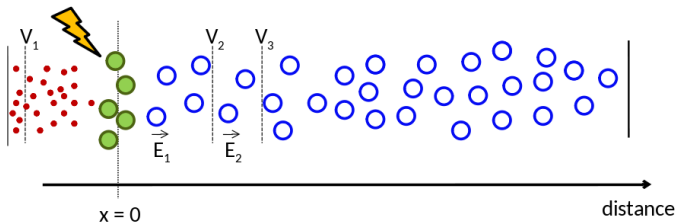
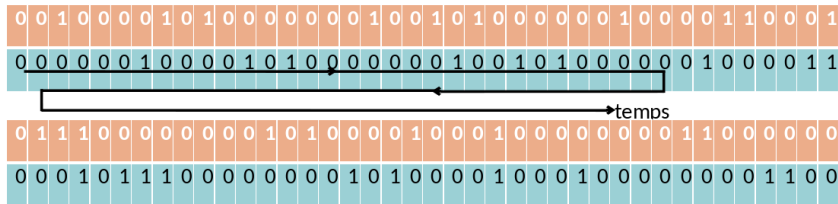
Principe de détection (PEPICO)



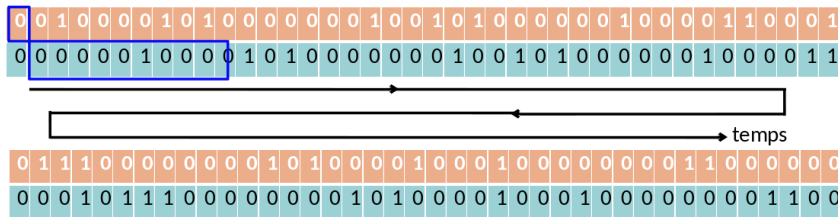
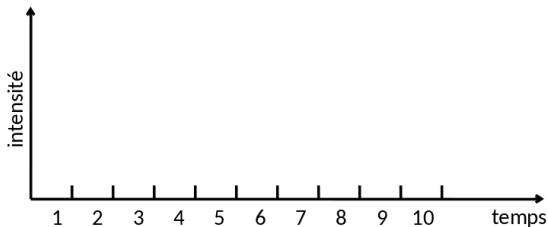
Principe de détection (PEPICO)



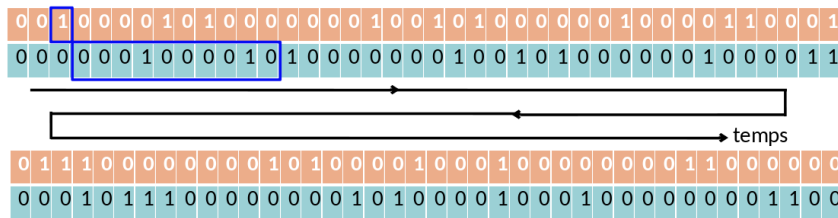
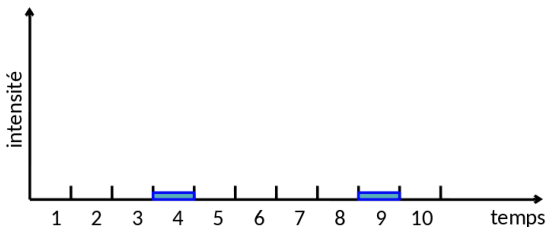
Principe de détection (PEPICO)



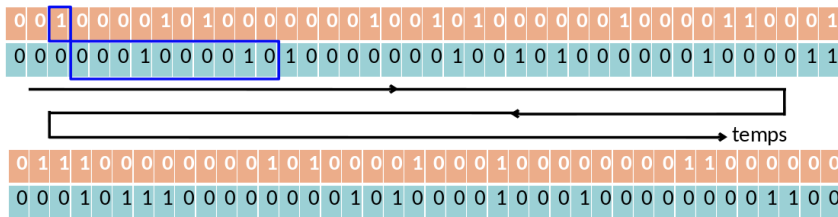
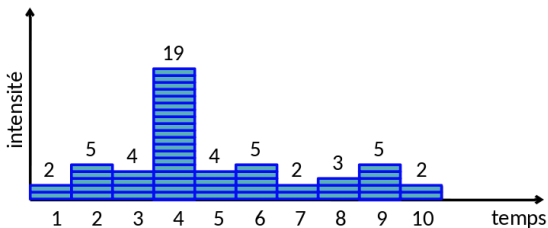
Principe de détection (PEPICO)



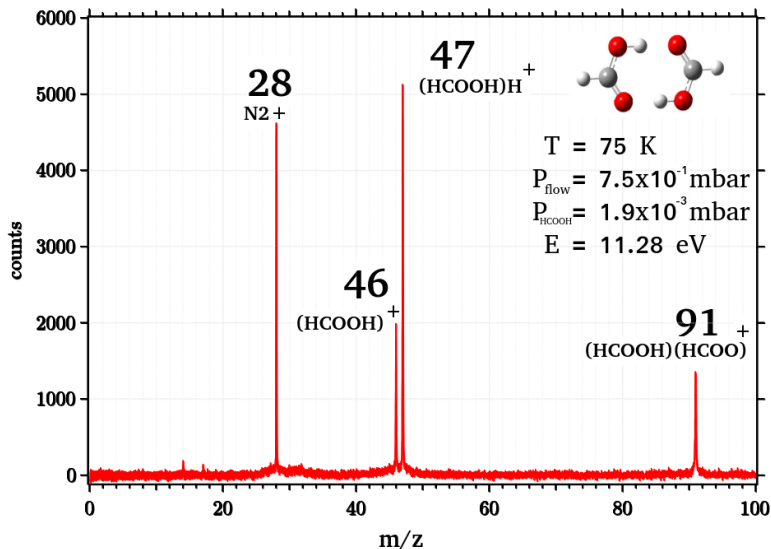
Principe de détection (PEPICO)



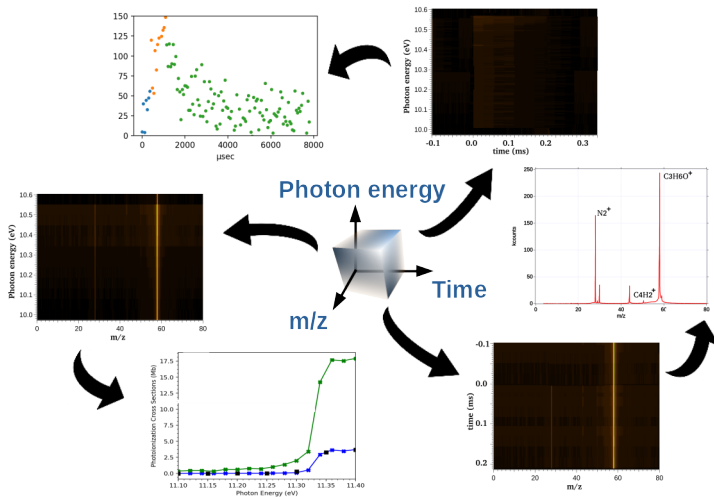
Principe de détection (PEPICO)



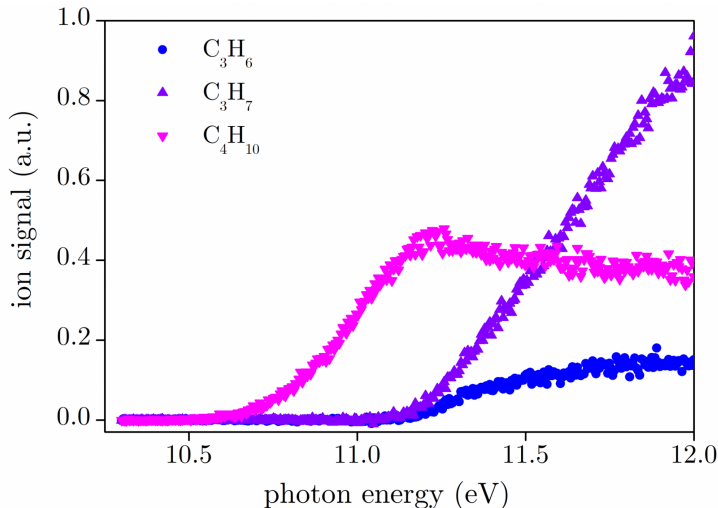
Spectre de masse



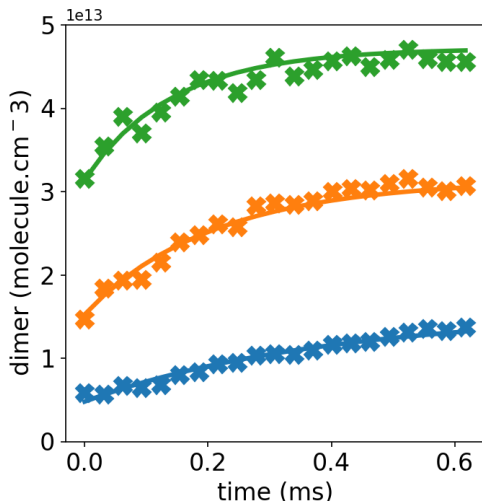
Le signal vs la masse / l'énergie d'ionisation / la cinétique



Spectre de photo-ionisation (butane)



Trace cinétique (dimérisation de l'acide formique)



$$\frac{d[A_2]}{dt} = k_1[A]^2 - \alpha[A][A_2]$$

**Constante de vitesse
bimoléculaire :**

$$k_1 = (1.2 \pm 0.4) \times 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{s}$$

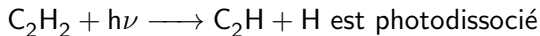
$$\alpha = 9.7 \times k_1$$

- 1.84e14 molecule/cm³ - (0,50%)
- 3.68e14 molecule/cm³ - (1,00%)
- 5.52e14 molecule/cm³ - (1,50%)

Détection d'un produit de réaction

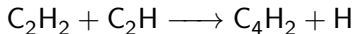
① C_2H_2 introduit dans le réservoir ($3\% \Leftrightarrow 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)

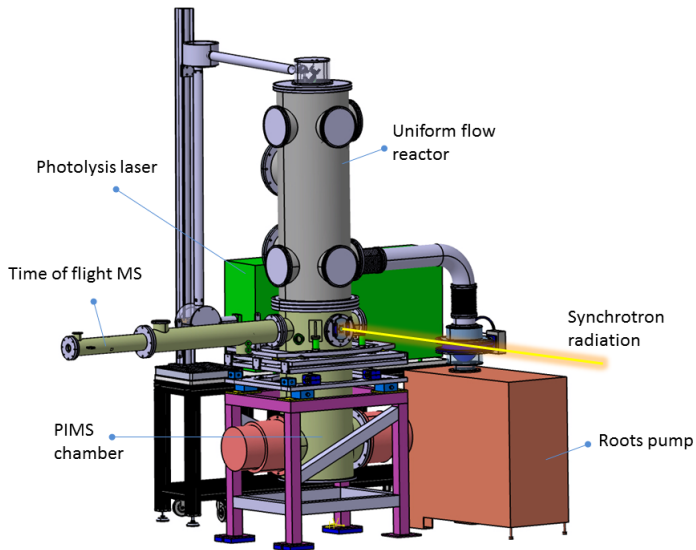
② Avec un laser à excimère ArF à 193 nm (50 Hz):



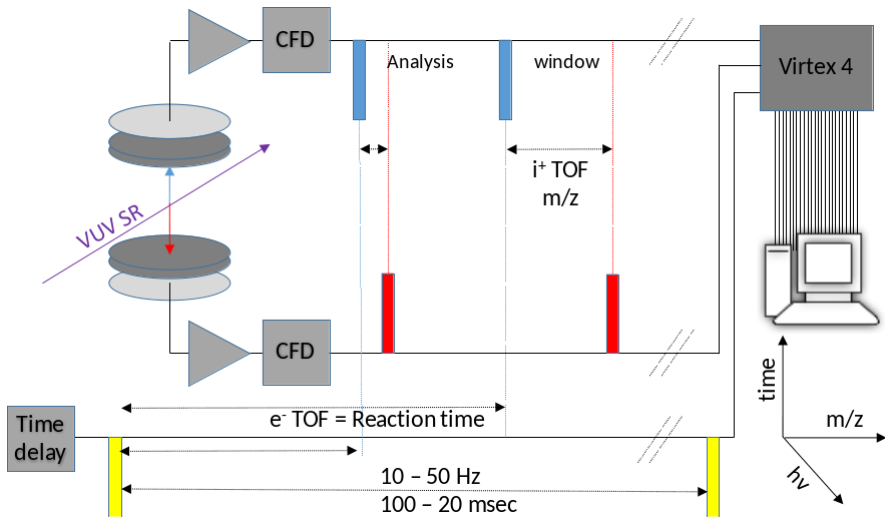
③ Le radical C_2H radical est produit in-situ ($3.5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$)

④ Et réagit :

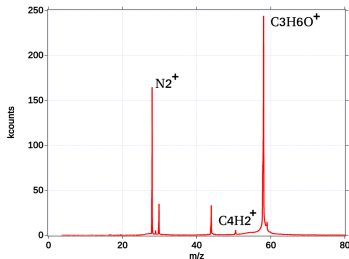
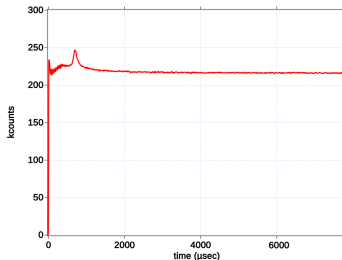
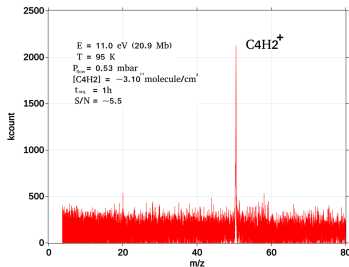
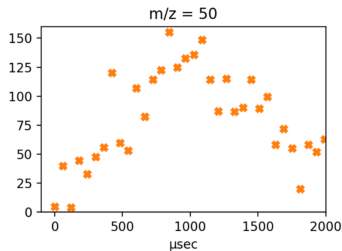




Principe avec le laser à excimère



Spectres des électrons et des ions



Conclusion

Beaucoup de possibilités avec CRESUSOL !

- ▶ Un défi expérimental de coupler un réacteur CRESU avec le synchrotron, et ça marche !
- ▶ Un appareil unique pour étudier la cinétique de nucléation
- ▶ Permet d'apporter des connaissances sur les réactions neutre-neutre jouant un rôle important dans les environnements astrophysique
- ▶ Dans les mois et les années à venir : étude de réaction radical-neutre jusqu'à 10K (avec un effet tunnel fort)

Remerciements

- ▷ Institut de Physique de Rennes :
 - S.D. Le Picard (directeur de thèse)
 - L. Biennier (directeur de thèse)
 - A. Bénidar (UR1)
 - A. Canosa (CNRS)
 - M. Capron (post-doc)
 - J. Courbe (ingénieur)
 - I.R. Sims (UR1)
 - J. Thiévin (ingénieur)
 - Didier, Ewen, Alexandre (les techniciens)

- ▷ Synchrotron SOLEIL :
 - L. Nahon
 - G.A. Garcia
 - J.F. Gil