

FR 9001204

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE SACLAY

CEA-CONF --9660

Service de Documentation

F91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

S2

IONISATION ET FORMATION DE PAIRES D'IONS DANS DES COLLISIONS  
THERMIQUES  $\text{He}(n^1\text{P})$  DANS DE BAS ETATS DE RYDBERG + MOLECULES

PESNELLE A.- RONGE C.- PERDRIX M.- WATEL G.

CEA Centre d'Etudes Nucleaires de Saclay, 91 - Gif-sur-Yvette (FR).  
Inst. de Recherche Fondamentale

Communication présentée à : 21. National Colloquium on Physics of Atom and  
Electron Collisions

Caen (FR)  
21-24 Jun 1988

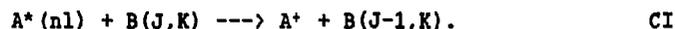
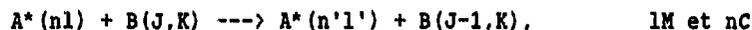
IONISATION ET FORMATION DE PAIRES D'IONS DANS DES COLLISIONS THERMIQUES

He(n<sup>1</sup>P) DANS DE BAS ETATS DE RYDBERG + MOLECULES

A.Pesnelle, C.Ronge, M.Perdrix et G.Watel

Service de Physique des Atomes et des Surfaces  
CEN Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

La plupart des expériences de collisions d'atomes de Rydberg avec des molécules ont été réalisées pour des états élevés  $n > 30$  en général, pour lesquels l'énergie de liaison de l'électron excité  $e$  au coeur  $A^*$  est de l'ordre de quelques meV. Des taux de réaction, contenant à la fois l-mixing (LM) et n-changing (nC) et éventuellement ionisation collisionnelle (CI), ont été obtenus en fonction de  $n$ , selon

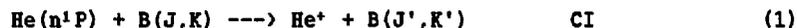


Le modèle dit de "l'électron libre", principalement développé par Matsuzawa<sup>1</sup>, a fourni des valeurs théoriques de ces taux. Dans ce modèle fondé sur l'Approximation d'Impact qui sépare explicitement les interactions  $e$ -B et  $A^*$ -B, cette dernière est négligée. Dans un souci de simplification, l'interaction de  $e$  avec les multipôles de B, en particulier avec le dipôle pour des molécules polaires, est traité dans le cadre de l'Approximation de Born: la conséquence en est que les transferts d'énergie de B(J,K) vers  $e$  se font grâce à la désexcitation rotationnelle de B lors de transitions régies par la règle de sélection  $J = 1, K = 0$ .

Ce modèle a permis de reproduire, plus ou moins bien selon les systèmes, les taux de réaction mesurés. L'aptitude de ce modèle à bien interpréter de telles réactions décroît à coup sûr vers les faibles valeurs de  $n$  et lorsque le dipôle moléculaire est important (1.5 Debye). Il semble aussi que les faibles transferts énergétiques soient mieux représentés que les forts, ces derniers existant en particulier dans CI.

Nous avons donc procédé aux expériences suivantes, pour tester les limites d'application du modèle de l'électron libre:

(a) sur des molécules polaires



pour B = NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O (acétone) pour les molécules à forts dipôles, et CO, NO, O<sub>2</sub> et C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> pour celles à faible ou sans dipôle, et

(b) sur des molécules à grande affinité électronique



conduisant à la formation de paires d'ions (IPF), pour B = SF<sub>6</sub> et NO<sub>2</sub>,

Cela en utilisant, comme dans notre première mise en évidence<sup>2</sup>,  
(i) des bas états de Rydberg sélectivement préparés (n<sup>1</sup>P avec n=14),  
(ii) la réaction de CI, nécessitant de grands transferts énergétiques, et qui peut être isolée expérimentalement par spectrométrie de masse.

La section efficace d'ionisation  $\sigma^{eXP}(v_r)$  est mesurée pour la première fois en fonction de la vitesse d'approche des partenaires de la collision  $v_r$  (le taux de réaction  $k$ , intégrale de  $v_r \sigma^{eXP}(v_r)$  sur la distribution de vitesses, était jusqu'à présent mesuré). La mesure de cette variation en fonction de  $v_r$  est un test sans équivoque du modèle de l'électron libre qui prévoit une variation en  $v_r^{-1}$ . D'autre part, la mesure de la valeur absolue de  $\sigma^{eXP}$ , pour  $v_r = 2400$  m/s, est effectuée par comparaison au processus d'ionisation Penning dans He(2<sup>3</sup>S) + NH<sub>3</sub> dont la section efficace est connue, et qui est conduit simultanément dans notre dispositif expérimental.

L'expérience est réalisée dans une géométrie à trois faisceaux croisés: faisceau d'atomes métastables He(2<sup>1</sup>S, 2<sup>3</sup>S), faisceau laser uv (à 316 nm) continu et monomode, créé par SHG dans une cavité en anneau pour l'excitation du niveau 14<sup>1</sup>P, et faisceau de gaz cible. Les mesures en fonction de  $v_r$  sont obtenues via les deux spectres de temps de vol  
(i) des ions He<sup>+</sup> produits dans la collision et  
(ii) des photons de fluorescence 14<sup>1</sup>P → 1<sup>1</sup>S donnant la distribution de vitesse des He(14<sup>1</sup>P) entrant en collision.

Les principales observations sont les suivantes:

- (i) grandes sections efficaces sur les trois molécules à fort dipole NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O ( $\sigma^{eXP}$  varie de 0.5 à 1 10<sup>-14</sup> cm<sup>2</sup>), alors que la règle de sélection J = 1, K = 0 issue du modèle de l'électron libre conduit à une impossibilité d'ioniser un niveau aussi bas que n=14.
- (ii) en ce qui concerne la variation de  $\sigma^{eXP}$  avec la vitesse  $v_r$ , le modèle de l'électron libre prédit un variation en  $v_r^{-1}$  dans les deux cas des molécules polaires et des molécules à affinité électronique. Pour les molécules polaires NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O, la variation observée est plus forte, principalement en  $v_r^{-2}$ , que celle prévue dans le modèle de l'électron libre.
- (iii) pour les molécules à affinité électronique SF<sub>6</sub> et NO<sub>2</sub>, on observe une variation de  $\sigma^{eXP}(v_r)$  non monotone en  $v_r$  avec un maximum vers 2500 m/s, ce qui est encore une fois non explicable par le modèle de l'électron libre.

Elles seront discutées à la conférence.

/1/ M.Matsuzawa, J.Phys.B17,795 (1984) and references therein.

/2/ A.Pesnelle, C.Ronge, M.Perdrix and G.Watel, Phys.Rev.A34,5146 (1986)