

Refroidissement vibrationnel des ions moléculaires

La production et le piégeage d'atomes et de molécules froides est un domaine de recherche en développement rapide où beaucoup d'applications sont attendues dans des domaines aussi variés que la spectroscopie de très haute résolution, la mesure des constantes physiques universelles ou le développement de l'ordinateur quantique. Parmi les nombreuses méthodes de refroidissement disponibles, celle dite du « gaz tampon » qui consiste à provoquer des collisions entre un gaz d'atomes froids et un échantillon moléculaire à refroidir est une des techniques les plus prometteuses car elle présente les deux avantages d'être universelle et facile à mettre en œuvre. Malheureusement, si les expériences menées jusqu'à présent avaient démontré son efficacité pour refroidir les mouvements de translation et de rotation moléculaire, elle était réputée inopérante pour les mouvements internes (c'est-à-dire les mouvements vibrationnels) tout au moins à une échelle de temps compatible avec les temps de piégeage.

En 2013, une équipe d'expérimentateurs du département de Physique et d'Astronomie à UCLA a pourtant montré qu'au moins une exception à cette règle existait pour les collisions entre un gaz d'atomes de calcium ultra froid et la molécule BaCl^+ [1]. A la suite de cette expérience une collaboration a débuté entre d'une part aux Etats Unis, les deux équipes auteurs de cette étude et d'autre part en France deux équipes de théoriciens à l'institut des sciences moléculaires à Bordeaux et au MSME à l'université de Paris-Est Marne-la-Vallée.

Cette étude théorique publiée le 18 avril 2016 dans Nature communication a tout d'abord confirmé les résultats expérimentaux du groupe d'Eric Hudson, puis a permis de proposer un modèle théorique simple expliquant l'efficacité du refroidissement vibrationnel pour ce système et de prévoir son efficacité pour d'autres cations moléculaires.

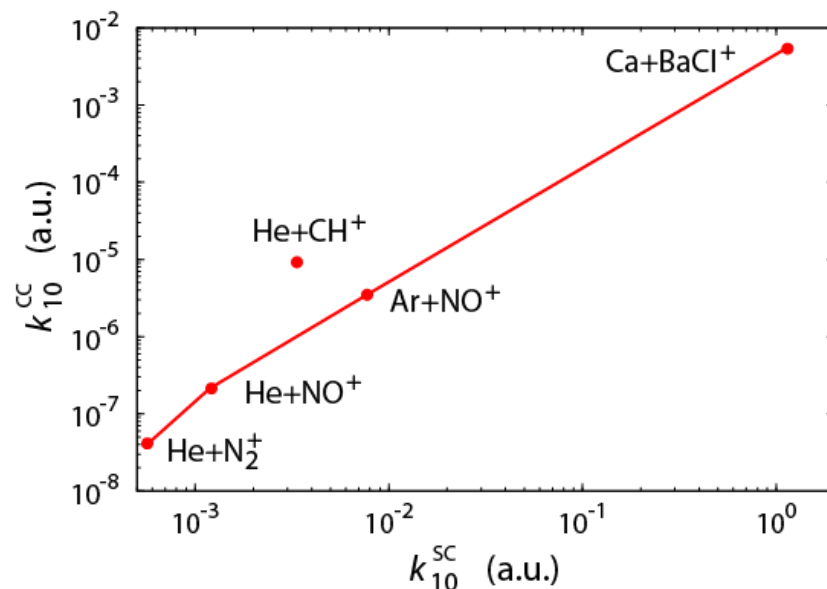


Figure 1. Comparaison des constantes de vitesse de désexcitation vibrationnelle $k_{10}^{SC}(T)$ et $k_{10}^{CC}(T)$ pour cinq systèmes moléculaires impliquant la collision d'un atome avec un cation diatomique, calculées respectivement avec le modèle simple de capture statistique et la théorie quantique des collisions.

Ce modèle dit de capture statistique, permet de prévoir l'efficacité de la désexcitation vibrationnelle en fonction de paramètres physiques aisément disponibles: la polarisabilité atomique du gaz tampon, la masse relative et l'énergie de liaison du complexe triatomique et la fréquence vibrationnelle du diatome. Ce modèle simple a été validé en comparant ses prédictions pour les taux de désexcitation vibrationnelle dans la limite des très basses températures aux résultats de calculs de dynamique quantique pour cinq systèmes atome + cation diatomique (voir figure 1). Cette étude suggère donc que toute une classe de molécules cationiques ultra froides pourrait être obtenue par cette technique.

Source:

“Explanation of efficient quenching of molecular ion vibrational motion by ultracold atoms”
T.Stoecklin, Philippe Halvick, M. A Gannouni, M. Hochlaf, S. Kotochigova and E. R. Hudson, Nat. Commun. **7**: 11234 (2016).

<http://www.nature.com/ncomms/2016/160418/ncomms11234/full/ncomms11234.html>

Contact INC:

Thierry Stoecklin, groupe de théorie de l'institut des sciences moléculaires (UMR5255-CNRS, Université de Bordeaux) thierry.stoecklin@ism.u-bordeaux.fr

Philippe Halvick, groupe de théorie de l'institut des sciences moléculaires (UMR5255-CNRS, Université de Bordeaux) philippe.halvick@ism.u-bordeaux.fr

Majdi Hochlaf, équipe de chimie théorique du laboratoire modélisation et simulation multi échelle (CNRS/Université de Paris-Est Marne-la-Vallée) hochlaf@univ-mlv.fr

1. W. G. Rellergert, S. T. Sullivan, S. J. Schowalter, S. Kotochigova, L. Chen and E. R. Hudson
Nature 495, 490–494,(28 Mars 2013)