

# Molécules ultra-froides : Dynamique, contrôle et applications

Goulven Quéméner<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Aimé Cotton, CNRS, Université Paris-Saclay

Le domaine des molécules ultra-froides a connu ces dernières années un essor impressionnant. Aujourd'hui on peut créer des gaz cohérents d'environ 30000 molécules dipolaires (le plus souvent de bi-alcalins) dans le même état quantique interne, à une température d'une centaine de nano Kelvin. Par le contrôle de ces molécules avec des champs électriques et/ou électromagnétiques, on peut les protéger de collisions néfastes comme des réactions chimiques, les gaz atteignant des durées de vie de quelques secondes. Ainsi, les premiers condensats de Bose-Einstein et gaz de Fermi dégénérés de molécules ont été observés récemment. Par ailleurs, ces molécules peuvent être assemblées de manière périodique dans un réseau optique créé par des lasers et être manipulées et déplacées individuellement par des pinces optiques. Elles peuvent être créées sous forme de paires intriquées pour l'implémentation de portes quantiques, être observées sous forme de phases dipolaires émergentes à N-corps, être utilisées pour l'étude de chimie réactive cohérente et contrôlée, et être assemblées pour former des tétramères à longue portée. Dans cet exposé introductif, je présenterai le domaine des molécules ultra-froides actuel et ses dernières avancées [1]. Je me concentrerai plus particulièrement sur des exemples qui pourraient potentiellement intéresser d'autres disciplines du GDR comme l'étude de complexes moléculaires [2], les réactions chimiques [3], le contrôle cohérent [4], et l'assemblage de molécules [5], présentés ici dans le contexte du régime ultra-froid.

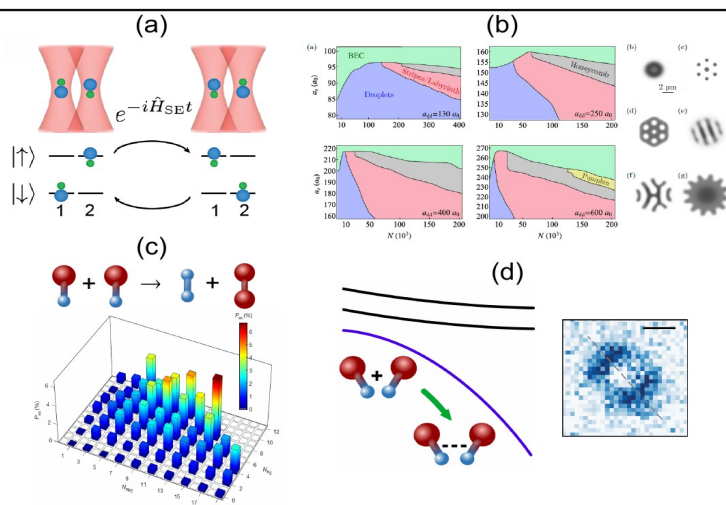


Figure 1 : Molécules ultra-froides pour différentes applications : (a) intrication et portes quantiques [6], (b) phases émergentes [7], (c) réactions chimiques [3], (d) assemblage de molécules [5].

[1] A. Schnidewolf et al., submitted to Rev. Mod. Phys., arXiv:2512.14511 (2025)

[2] J. F. E. Croft et al., Phys. Rev. A **107**, 023304 (2023)

[3] Y. Liu et al., Nature **593**, 379 (2021)

[4] T. Delarue et al., Phys. Rev. A **109**, L061303 (2024)

[5] G. Quéméner et al., Phys. Rev. Lett. **131**, 043402 (2023) ; X.-Y. Chen et al., Nature **626**, 283 (2024)

[6] Y. Bao et al., Science **382**, 1138 (2023) ; C. Holland et al., Science **382**, 1143 (2023) ; D. Ruttley et al., Nature **637**, 827 (2025)

[7] M. Schmidt et al., Phys. Rev. Research **4**, 013235 (2022) ; S. Zhang et al., Nature **651**, 601 (2026)

\* correspondant : goulven.quemener@cnrns.fr