

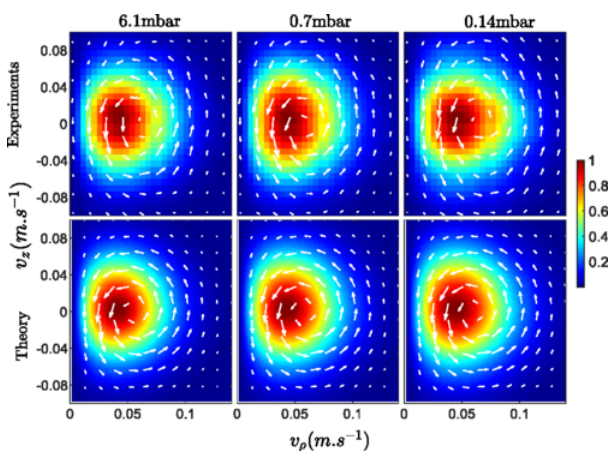
## Une mesure des forces au sein d'une pince optique

Quand une particule est piégée par une pince optique, la dynamique hors équilibre induite par les forces de pression de radiation est mal connue. Des physiciens ont montré que ces forces deviennent mesurables lorsque la particule est plongée dans une atmosphère de gaz raréfié.

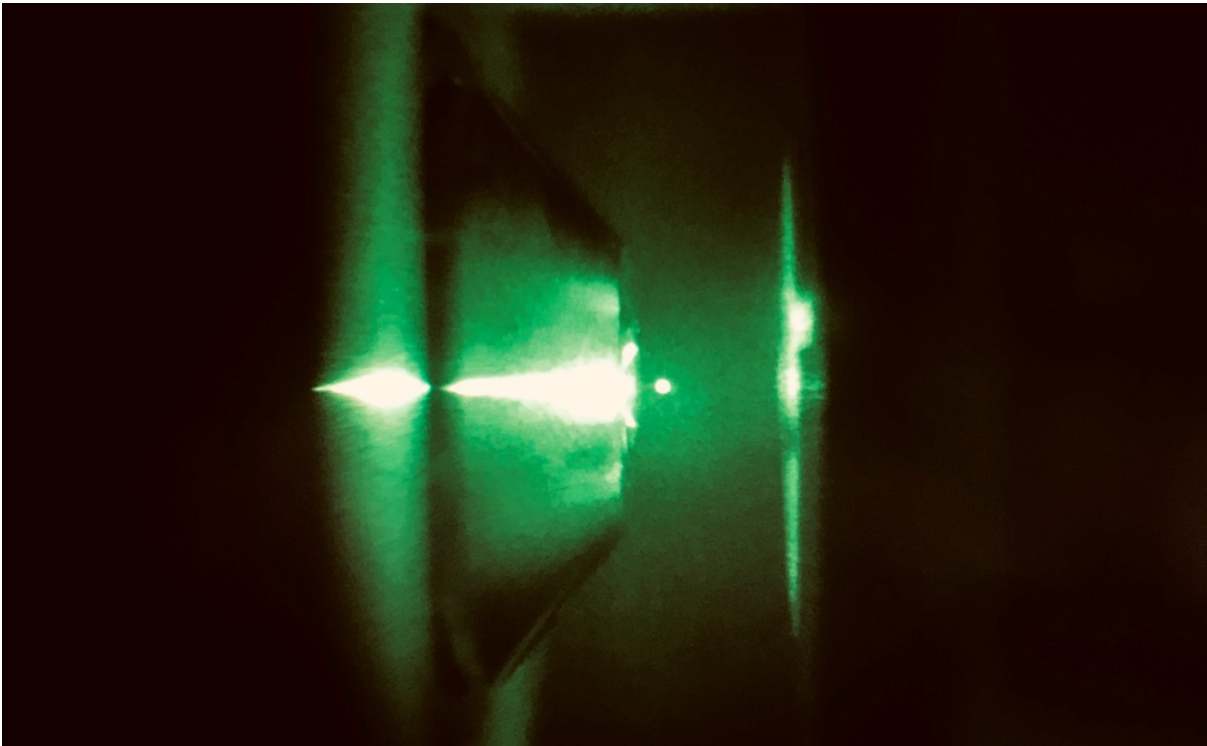
En mécanique statistique classique, la distribution de probabilité de Gibbs-Boltzmann décrit la position et la vitesse d'une particule dans un bain thermique, comme l'air ou l'eau. La répartition des forces agissant sur la particule est cependant mal connue pour une distribution stationnaire hors de l'équilibre, quand certaines forces ne dérivent pas d'un potentiel d'action. Cette situation se retrouve en particulier dans les pinces optiques, qui ont valu à Arthur Ashkin le prix Nobel de physique en 2018. Un faisceau laser fortement focalisé y piège une particule grâce à une force optique, dont une des composantes non conservatives, c'est-à-dire dont le travail dépend du chemin parcouru, est longtemps restée négligée. En effet, les travaux dans ce domaine s'efforçaient principalement à accentuer l'immobilisation des particules, dans l'espoir de les faire passer d'un régime classique à un régime quantique, plutôt que d'en étudier les mouvements.

Des chercheurs du Laboratoire ondes et matière d'Aquitaine (LOMA, CNRS/Université de Bordeaux) sont parvenus à isoler et mesurer cette force. Ils ont pour cela utilisé une nanobille de verre d'une composition proche d'une fibre optique : sa transparence facilite sa capture par pince optique et limite les phénomènes d'absorption et d'échauffement. Plutôt que de la laisser dans un bain thermique liquide, où la particule serait soumise à d'innombrables collisions moléculaires du milieu environnant, les physiciens ont eu l'idée de la plonger dans un milieu gazeux raréfié. La force optique non conservative exercée sur la particule est alors plus importante que celle due aux collisions moléculaires, devenant ainsi observable et mesurable.

Cette étude généralise le fonctionnement des pinces optiques et apporte un système modèle pour examiner la physique statistique hors de l'équilibre. Elle ouvre également des perspectives pour la mesure de forces ultra-faibles, y compris en 3D.



Courants de probabilité dans l'espace des vitesses pour plusieurs pressions. Le code couleur correspond à la densité de probabilité. © Amarouchene et al. / LOMA (CNRS/Univ. Bordeaux)



Dans la pince optique, la nanobille de silice (rayon 68 nm) située à un millimètre de l'objectif s'illumine au point de devenir visible. © Y. Amarouchene et Y. Louyer / LOMA (CNRS/Univ. Bordeaux)

## Bibliographie

---

**Nonequilibrium dynamics induced by scattering forces for optically trapped nanoparticles in strongly inertial regimes.** Yacine Amarouchene, Matthieu Mangeat, Benjamin Vidal Montes, Lukas Ondic, Thomas Guérin, David S. Dean et Yann Louyer, *Physical Review Letters*, le 8 mai 2019.  
DOI:10.1103/PhysRevLett.122.183901

Lire l'article sur la base d'archives ouvertes **HAL** et **arXiv**

## Contacts

---

**Chercheur CNRS au LOMA** | Yacine Amarouchene | [yacine.amarouchene@u-bordeaux.fr](mailto:yacine.amarouchene@u-bordeaux.fr) | 05 40 00 30 36  
**Enseignant-chercheur au LOMA** | Yann Louyer | [yann.louyer@u-bordeaux.fr](mailto:yann.louyer@u-bordeaux.fr) | 05 40 00 25 10  
**Communication INP** | [inp.com@cnrs.fr](mailto:inp.com@cnrs.fr)

