

Comprendre les réactions au cœur des étoiles



Sandrine Courtin est directrice de l'Institut pluridisciplinaire Hubert Curien, sous tutelle du CNRS et de l'université de Strasbourg. Figure de proue de l'astrophysique nucléaire en France, elle est connue, entre autres, pour ses initiatives expérimentales et la

mesure du taux de combustion du carbone aux énergies stellaires.

Elle accède, à l'automne 2023, à la Chaire Marguerite Perey de sciences et technologies à l'Institut d'études avancées de l'université de Strasbourg (USIAS).

Physicienne nucléaire de renommée internationale, Sandrine Courtin se passionne d'abord durant sa jeunesse pour la littérature, l'écriture et la philosophie. Animée par un attrait pour les sciences et douée en mathématiques, elle trouve avec la physique un moyen de conjuguer ses intérêts. « Cette discipline m'a offert une façon presque littéraire de raisonner et d'expliquer le monde qui nous entoure, » se souvient-elle.

Elle effectue une thèse de physique subatomique à l'université de Paris-Sud, Orsay, sous la direction du théoricien britannique Neil Rowley. Elle s'intéresse alors aux réactions nucléaires « sous-coulombiennes »¹ dans des noyaux mi-lourds, à savoir le phénomène qui se produit lorsque des noyaux fusionnent alors qu'ils entrent en collision avec une énergie trop faible pour que la fusion ait lieu selon la théorie physique classique, mais autorisée par la théorie de la physique quantique. Or c'est justement à cette époque que les physiciens commencent à décrire ce phénomène et Sandrine Courtin montre que les noyaux, en se percutant à une faible vitesse, sont chacun sensibles à la structure de l'autre, c'est-à-dire à l'arrangement de leurs neutrons et protons.

Inspirée par son directeur de thèse à élaborer ses propres expériences et à voyager, elle effectue plusieurs séjours à l'étranger, y compris aux États-Unis, au Canada, en Australie, en Italie et au Royaume-

Uni, après avoir obtenu son doctorat en 1999. Pendant quelque temps, elle travaille sur des expériences du Conseil européen pour la recherche nucléaire (CERN), où elle se familiarise avec les problématiques de la structure nucléaire. Elle approfondit sa connaissance du sujet en collaborant ensuite avec Florent Haas, spécialiste des états moléculaires dans les noyaux, identifiables grâce aux rayons gamma. En 2007, elle prépare son habilitation à diriger des recherches à l'université de Strasbourg, une opportunité pour elle de montrer une certaine maturité dans sa réflexion et de mettre en place ses premiers travaux sur l'astrophysique nucléaire.

« À chaque fois que j'obtiens un résultat, c'est comme une fenêtre qui s'entrouvre sur la nature, offrant plus loin l'accès à d'autres questionnements. Le moment auquel on arrive enfin à mesurer un phénomène du monde qui nous entoure, ça n'a pas de prix. C'est toujours pour moi le même émerveillement. »

Elle est alors intriguée par la question du carbone. En effet, cet élément constitutif du vivant n'existe en quantités que l'on connaît que parce qu'il présente des agrégats. Or le carbone est brûlé dans les étoiles par des réactions à très basse énergie – impossibles classiquement, mais des cas d'école de la mécanique quantique dont Sandrine Courtin est experte. Après 2014, Sandrine Courtin formule un nouveau moyen de mesurer la combustion du carbone dans un laboratoire, aux mêmes énergies que dans les étoiles.



NASA's Webb Telescope Captures Rarely Seen Prelude to Supernova
Credits: NASA, ESA, CSA, STScI, Webb ERO Production Team

¹¹ La barrière de Coulomb est une barrière énergétique résultant de l'interaction électrostatique que deux noyaux

doivent franchir pour se rapprocher suffisamment pour subir la fusion nucléaire.

Elle réussit à obtenir des financements de recherche pour les différents aspects - théoriques, pratiques et techniques - de son idée, au niveau national, européen et international, dont un Fellowship à l'USIAS en 2015, qui lui permettent de mettre en œuvre son expérience et de mesurer le taux de combustion du carbone dans les étoiles avec une précision inégalée.



Image: The STELLA experiment. © M. Heine, IPHC

Fort de cette initiative et des découvertes qui en découlent, elle élabore une collaboration entre l'Europe et les États-Unis, et devient un véritable moteur pour le développement de l'astrophysique nucléaire à Strasbourg, une discipline jusqu'à présent absente dans l'environnement scientifique de la capitale alsacienne. Depuis 2021, elle dirige l'Institut pluridisciplinaire Hubert Curien, où plus de 400 chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens et doctorants se creusent les méninges dans les domaines de la physique subatomique, de la chimie analytique, de l'éthologie, de la physiologie et de l'environnement. Afin de jongler entre ses nouvelles responsabilités et son envie de poursuivre ses recherches, « la main à la pâte », Sandrine Courtin est partisane du lever avant l'aurore, ce qui lui confère assez de temps pour participer aux discussions, aux interprétations et aux préparations des projets. Elle est d'ailleurs, à ce jour, l'auteure de plus de 150 publications scientifiques et 50 présentations invitées dans des congrès internationaux, et a été invitée à plusieurs reprises pour des séjours dans des universités étrangères (États-Unis, Royaume-Uni, Australie). Si elle tient tant à maintenir une telle proximité avec sa recherche, c'est aussi pour appréhender la créativité de ses collaborateurs.

« Mon rôle consiste à adapter l'environnement de travail pour permettre aux chercheurs de développer leurs idées. On observe trop souvent l'inverse, dans la recherche ; à savoir des idées qui sont muselées par un cadre qui ne leur est pas propice. »

Une approche qui s'aligne avec celle de l'USIAS, dont la philosophie est d'encourager les chercheurs créatifs à prendre des risques - mesurés -, et de les accompagner dans cette démarche.

En 2023, Sandrine Courtin est la première titulaire de la Chaire Marguerite Perey de sciences et technologies à l'USIAS, nommée en l'honneur de la scientifique française connue pour avoir découvert le francium, dirigé le département de chimie nucléaire de l'université de Strasbourg et première femme élue à l'Académie française des sciences en 1962. Ce poste d'une durée de deux ans lui permettra d'aborder sereinement ses futurs projets, notamment la construction d'un lien solide entre les différents acteurs de son domaine de recherche. Jusqu'à présent, leur collaboration consistait beaucoup en l'échange de données expérimentales, les physiciens nucléaires nourrissant les calculs des astrophysiciens pour déterminer le destin des étoiles. Mais Sandrine Courtin veut aller plus loin et renforcer la transdisciplinarité de l'astrophysique nucléaire.

« La prochaine grande étape sera d'arriver à une compréhension unifiée de l'évolution des étoiles et des réactions nucléaires en leur sein.

Et celle-ci émergera d'études pluridisciplinaires entre astrophysique et physique nucléaire, lesquelles amèneront leurs acteurs, qui utilisent des langages différents, à trouver des terrains communs et à mieux communiquer. »

En plus de ses travaux de recherche et de direction, Sandrine Courtin est impliquée dans la diffusion du savoir scientifique à un large public. Une mission qu'elle estime être l'un des devoirs du chercheur et à laquelle elle s'emploie de toutes les manières possibles : elle écrit des articles dans la presse scientifique grand public, intervient dans les écoles, anime des soirées du Jardin des sciences au planétarium, des conférences dans différentes universités à travers le monde, et participe à des activités de médiation comme Pint of Science. Il s'agit d'un processus auquel elle prend beaucoup de plaisir. « Je suis convaincue que l'on peut tout expliquer, et à tous types de public, y compris les enfants, confie-t-elle. Il suffit de trouver la juste manière de s'y prendre. »

Propos recueillis par William Rowe-Pirra, journaliste scientifique