

Yvette Cauchois (1908-1999) : pionnière et visionnaire de la spectrométrie des rayons X au rayonnement synchrotron

Ginette Gablot (ginette.gablot@laposte.net)

Ingénieure d'études CNRS retraitée

Présidente honoraire de l'association Parours des Sciences

Yvette Cauchois est une des physiciennes les plus importantes du 20^e siècle. Dès son premier travail de recherche avec le spectrographe éponyme elle n'a cessé d'élargir le champ de la spectrographie X. Ses nombreuses publications, ainsi que celles de ses collaborateurs, ont contribué à la compréhension des niveaux d'énergie des atomes, en particulier pour la matière condensée. Au début des années 1960, elle a aussi organisé les premières démonstrations de l'intérêt potentiel du rayonnement synchrotron avec des expériences réalisées sous sa direction sur le synchrotron à électrons de Frascati (Italie).

Une physicienne de premier ordre

« Le scientifique ne se réduit pas à sa seule rationalité, il est de chair, il est dans la société, il est de son temps^(a). »

Mais sa reconnaissance posthume peut être une question de temps [1,2]. Au début des années 2020, aucun lycée, laboratoire de recherche ou institut ne porte le nom d'Yvette Cauchois. Cependant, les dictionnaires thématiques des grandes figures féminines ne l'oublient pas. Récemment, Gif-sur-Yvette, comme quelques autres municipalités en France, ont choisi de donner son nom à l'une de leurs rues. Enfin, n'oublions pas l'amphithéâtre Cauchois au centre d'Orsay de l'Université Paris-Saclay. Quoiqu'on en dise, l'injonction de parité a du bon !

Yvette Cauchois est née en 1908. Élevée par sa mère seule, elle découvre l'école à son entrée en sixième au lycée de jeunes filles Jules Ferry à Paris. À 17 ans, après

son baccalauréat, cette bonne musicienne, parlant l'anglais, l'allemand et l'espagnol, choisit les sciences en souvenir des moments passés dans l'atelier-laboratoire où son père, Alphonse Cauchois, mène des expériences pour améliorer la fungiculture.

Grâce à un prêt d'honneur, puis à des bourses de mécénat, Yvette Cauchois passe la licence de physique en 1928, puis prépare le Certificat d'études supérieures de chimie physique et radioactivité au Laboratoire de chimie physique (LCP) dirigé par Jean Perrin.

En 1933, elle soutient sa thèse sur le rayonnement X émis par un gaz ionisé, qu'elle est la première à observer grâce à un spectrographe qu'elle conçoit sur les conseils d'un chercheur roumain du laboratoire, Horia Hulubei. Le « spectrographe Cauchois », sans fente, fonctionne par transmission et focalise au moyen d'un cristal courbé cylindriquement un faisceau divergent polychromatique (mode Laue) non collimaté provenant d'une source

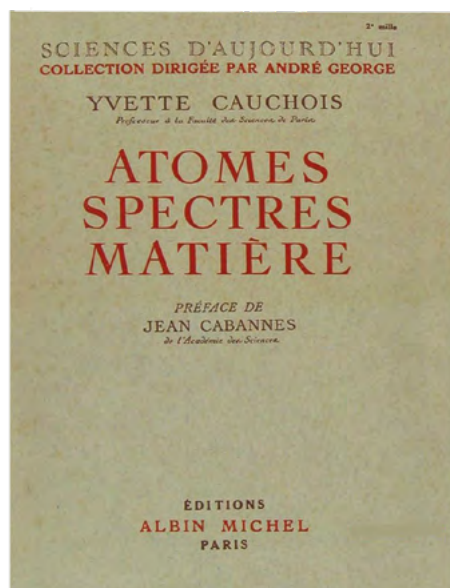


Yvette Cauchois (1908-1999) devant un appareil à rayons X.

étendue [3]. Ses très grandes qualités de résolution et de luminosité ainsi que sa rapidité d'utilisation permettent d'étendre le champ de la spectrographie, ce qui vaut à Yvette Cauchois de recevoir le prix Louis Ancel de la Société Française de Physique en 1933. Les résultats obtenus en spectroscopie X grâce à cet appareillage en constante évolution placent le LCP en seconde position derrière le laboratoire de Manne Siegbahn à Uppsala.

>>>

© Laboratoire de Chimie Physique - Matière et Rayonnement



Ouvrage *Atomes Spectres Matière* d'Yvette Cauchois paru chez Albin Michel en 1952.

>>>

Présenté lors de l'inauguration du Palais de la découverte en juillet 1937, le « spectrographe de M^{lle} Y. Cauchois » a les honneurs de la revue *La Nature* et la jeune femme reçoit le Prix Henri de Jouvenel pour « son activité désintéressée ». Grâce à ce dispositif expérimental original, Yvette Cauchois et Horia Hulubei participent à la compétition internationale dans la recherche des transuraniens. Cependant, les déconvenues sont nombreuses.

1940-1945, la science dans la tourmente

En juin 1940, Yvette Cauchois assure le repli du LCP vers la Dordogne. En octobre, le doyen lui demande de rejoindre son laboratoire et d'assurer l'intérim de l'enseignement de chimie physique et de la direction du laboratoire en attendant la nomination d'un nouveau directeur. Il en sera de même fin 1944 au départ de Louis Dunoyer. Pendant toute la période de l'Occupation, « M^{lle} C. [rend] au labo de chimie physique le service éminent de faire qu'il ne soit pas entièrement volatilisé^(b) » « Grâce à son énergie [...] elle [peut] maintenir et développer rue Pierre Curie la tradition de Jean Perrin.^(c) ».

En 1944, elle candidate pour la maîtrise de physique. Le doyen, Jean Cabannes, précise alors que, dans les années 1930, elle aurait pu « obtenir facilement une maîtrise de conférences dans une Faculté

de province. Mais Jean Perrin jugea avec raison qu'elle ne devait pas interrompre des recherches dont on prévoyait déjà l'important développement et, pour la garder dans son laboratoire, il lui fit attribuer une bourse ». Il n'empêche, le vote *ex aequo* ne permet pas de départager Yvette Cauchois et Alfred Kastler qui est finalement choisi.

L'année suivante, la toute nouvelle maîtrise de chimie-physique lui revient sans discuter. Michel Magat et Edmond Bauer arrivent au LCP ; le second en prend la direction.

1945-1953 : la vie scientifique reprend, sa carrière stagne

Au laboratoire, Yvette Cauchois et ses élèves (en particulier Iona Manescu, Jacques Despujols et Gilbert Barrère) utilisent son spectrographe « universel » qui permet une utilisation à la fois en modes transmission et réflexion [4]. Dans les *Tables de constantes*, avec Horia Hulubei, elle publie *Longueurs d'onde des émissions X et des discontinuités d'absorption X* (mises à jour plus tard avec Christiane Sénémaud). Suivent *Spectres de rayons X et la structure électronique de la matière condensée* et *Cheminement des particules chargées* avec Yvette Héno. Elle dépose aussi un brevet CNRS sur l'optique des rayons X [5].

Les visites de laboratoires à l'étranger reprennent. À Londres, Yvette Cauchois rencontre le futur prix Nobel de physique Nevill Mott. C'est le début de nombreux échanges.

Par ailleurs, elle crée des liens de confiance avec la pacifiste Kathleen Lonsdale qui vient d'être élue *Fellow* à la Royal Society. De retour en France, elle l'interroge pour savoir si, en l'absence d'accord international de contrôle des armes nucléaires, il faut participer à la recherche atomique qui attire tant les étudiants.

Alors qu'elle est une des cinq femmes du premier Comité national du CNRS - en optique - Yvette Cauchois est encouragée par Paul Langevin à se présenter en seconde ligne derrière Francis Perrin pour le poste de professeur de Physique atomique et moléculaire au Collège de France.

En 1949, professeur sans chaire, Yvette Cauchois accepte de créer un cours complémentaire sur les *Techniques de production et d'étude des particules élémentaires*

au Conservatoire national des arts et métiers. Deux ans plus tard, alors que Lew Kowarski, qui vient de quitter le CEA, arrive au Cnam pour y créer un cours de physique nucléaire, elle déclare forfait pour « donner la préférence à [son] enseignement de Faculté, à la direction de [son] laboratoire et à [ses] recherches personnelles ».

En 1951, au Congrès Solvay de physique consacré à l'état solide présidé par William L. Bragg, deux Français sont présents : André Guinier et elle.

1953-1978, la patronne

En 1953, Yvette Cauchois succède à Edmond Bauer et assure la direction du Laboratoire de Chimie Physique-Matière et Rayonnement, associé au CNRS, jusqu'à sa retraite en 1978.

En 1954, elle charge Bernard Pullmann d'introduire la chimie quantique dans l'enseignement de la maîtrise de chimie physique.

Sous sa direction, la recherche se développe dans plusieurs directions : la spectroscopie X avec Christiane Bonnelle, la thermodynamique, l'astrophysique avec Gilles Sénémaud et la chimie physique théorique, dont Yvonne Héno est responsable. Notons que, plus tard, son élève Alfred Maquet succédera à Christiane Bonnelle à la tête du laboratoire.

Pour sa part, à la recherche de sources de lumière adaptées aux différents domaines spectraux (domaine d'Holweck, entre 0,5 keV et l'ultraviolet lointain, domaines ultraviolet et visible), Yvette Cauchois suit de près les travaux de ses collègues américains qui utilisent le rayonnement synchrotron. En 1961, elle contacte Mario Ageno, directeur du laboratoire de physique de l'*Istituto Superiore di Sanita* de Rome. Cette collaboration auprès du synchrotron à électrons de Frascati permettra d'obtenir le premier spectre de transmission dans le domaine des rayons X le 6 mai 1963 [6]. Avec ce spectre de l'aluminium dans la région d'absorption K, c'est l'entrée en France et en Europe du rayonnement synchrotron dans l'histoire de la spectroscopie des rayons X.

Ces premières expériences à Frascati sont particulièrement difficiles. Le rayonnement n'est émis que lors de l'accélération des électrons. Toutefois la collaboration est fructueuse et dure plusieurs années. Le

“ [...] l'entrée en France et en Europe du rayonnement synchrotron dans l'histoire de la spectroscopie des rayons X. ”

développement des anneaux de stockage ouvre de nouvelles perspectives. Dès que Yvette Cauchois apprend la construction de l'Anneau de collision d'Orsay (ACO), elle demande, sans succès, à André Blanc-Lapierre, directeur du Laboratoire de l'accélérateur linéaire (LAL) et à Pierre Marin, responsable de la construction d'ACO, de prévoir la possibilité d'utiliser la « lumière parasite » produite dans les aimants de courbure, mais aussi de « durcir » le faisceau de photons par un aimant à fort champ magnétique dans la section expérimentale. Très en avance sur son époque, elle vient de définir la notion de *wiggler*. Craignant des problèmes dans la construction, puis dans le fonctionnement de la machine, les physiciens des particules ne sont pas prêts à accepter cette demande.

Quelques années plus tard, à Orsay, la proposition prémonitoire de Yvette Cauchois sera reprise et prendra forme avec la création du LURE (Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement Électromagnétique) dont la première ligne de lumière ouvre à Pâques 1973.

Par ailleurs, en 1960, pour disposer d'un rayonnement X continu permettant des recherches sur l'activation nucléaire^(d), Yvette Cauchois avait obtenu la construction d'un accélérateur tandem d'électrons de 2 MeV à Orsay, où se construisait le Centre universitaire. La moitié du laboratoire parisien, avec Michel Magat, Pierre Barchewitz et Pierre Jaeglé, avait migré dans cette extension du LCP. La volonté de ces chercheurs de faire évoluer les domaines de recherche, de bénéficier des nouveaux outils mis à leur disposition sur le campus, leur besoin d'émancipation dans le contexte de mai 68 et le jeu des institutions entraînent la rupture avec l'équipe parisienne.

Le congrès international X-70 *Processus électroniques simples et multiples des domaines X et X-UV*^(e) qu'elle préside en 1970 est sans doute une grande satisfaction en cette fin de carrière consacrée à la recherche.

Présidente de la Société de chimie physique de 1975 à 1978, elle a contribué à plus de 200 articles et a dirigé la collection des monographies de chimie physique chez Gauthier-Villars.

Soucieuse de la formation des étudiants, elle publie plusieurs livres qui leur sont destinés [7] et incite fortement les techniciens et les ingénieurs de son laboratoire à suivre les cours du Cnam.

En plus des prix cités plus haut, elle reçoit quatre prix de l'Académie des sciences (le prix Henri Becquerel en 1935, le prix Girbal-Baral en 1936, le prix Jérôme Ponti en 1942 et le prix Triossi en 1946), la médaille de la société spectroscopique de Tchécoslovaquie en 1974 et la médaille d'or de l'université de Paris en 1987 et elle

devient docteur *honoris causa* de l'Université de Bucarest en 1993.

Elle était aussi commandeur dans l'ordre des Palmes académiques, officier de la Légion d'Honneur et officier dans l'ordre national du Mérite. Il est à noter que sa candidature comme correspondante de l'Académie des sciences en 1978 ne fut pas retenue. Néanmoins, elle apprécierait sans doute que la Maison Poincaré installée aujourd'hui dans son ancien laboratoire, lui consacre une salle et de beaux panneaux d'exposition^(f).

Sa mémoire

Souvent interrogée sur Jean Perrin, qu'elle considérait comme son maître, Yvette Cauchois coupait court. Cette femme célibataire, sans enfant, était tout aussi secrète en ce qui la concernait. Ses anciens élèves, ses collègues du LCP et sa famille ont été surpris d'apprendre qu'elle venait de mourir le 19 novembre 1999 en Roumanie, où elle avait été inhumée selon le rite orthodoxe. Mais, qui savait qu'elle avait traduit en français la *Trilogie de la culture* du philosophe et poète roumain Lucian Blaga parue en 1995 ?

Yvette Cauchois a durablement marqué la science française, non seulement par ses contributions personnelles, en particulier dans le domaine des observations à l'aide des rayons X, et par celles de ses collaborateurs, mais aussi car, visionnaire, elle a ouvert le rayonnement synchrotron aux problématiques de la chimie et de la physique. ■

Remerciements. L'auteur remercie Louis Fayard pour son aide à la finalisation de cet article.

(a) J. Chirac, président de la République, à la Sorbonne, 30 septembre 1998, lors de la cérémonie du centième anniversaire de la découverte de la radioactivité, *Bulletin de la SFP* 117 (décembre 1998) 11-13.

(b) Archives Nationales, Fonds CNRS 20070296/93, dossier Cauchois Yvette.

(c) Archives de l'Université Pierre et Marie Curie, dossier Cauchois, « Rapport pour la candidature de Mademoiselle Yvette Cauchois au titre de professeur sans chaire », janvier 1948, p. 2.

(d) Il s'agit d'un accélérateur tandem d'électrons dont l'interaction avec une cible matérielle produit du rayonnement X essentiellement par le phénomène de « Bremsstrahlung » à cette énergie des électrons.

(e) Processus électroniques simples et multiples du domaine X et X-UV, Colloque International du C.N.R.S., 21 au 25 Septembre 1970, Société française de physique, 1971.

(f) www.cnrs.fr/fr/actualite/une-maison-pour-faire-rayonner-les-mathematiques

1• C. Bonnelle, "Yvette Cauchois", *Physics Today*, 54 (avril 2001) 88-89

2• G. Gablot, « Le bref enseignement d'Yvette Cauchois au CNAM au lendemain de la Seconde Guerre mondiale : forces en présence » eds. Hurel, Arnaud, *La France savante*. Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques (2017) 204. <https://doi.org/10.4000/books.cths.2532>.

3• Y. Cauchois, « Spectrographie des rayons X par transmission d'un faisceau non canalisé à travers un cristal courbé », *Journal de physique* 3 (1932) 320 ; *ibid.* 4 (1933) 61

4• Y. Cauchois, Spectrographe « universel » pour les rayons X utilisable jusqu'à 20 Å, *Journal de Physique* 6 (1945) 59-96

5• CNRS, brevet d'invention FR1019616 (A) – 1953-03-01. Dispositifs pour la formation d'images à l'aide des rayons X

6• Y. Cauchois, C. Bonnelle, G. Missoni, *C. R. Acad. Sci.* 257 (1963) 409 et 1242.

7• Citons *Introduction à l'étude expérimentale de la structure de la matière : Absorption des rayons X*, Centre de documentation universitaire (1950) et *Atomes Spectres Matière*, Albin Michel (1952).