

Marseille



FEMMES & SCIENCES
association



LA SCIENCE
TAILLE
XX
ELLES







FEMMES & SCIENCES
a s s o c i a t i o n

P R É S E N T E N T

**LA SCIENCE
TAILLE
XX
ELLES**

MARSEILLE

Préface

La Science taille XX elles

L'association Femmes & Sciences et la délégation Provence et Corse du CNRS sont heureuses de vous présenter la 5^e édition de « La Science taille XX elles ». Au fil des pages, vous allez découvrir un monde scientifique où 16 femmes de Provence qui, avec leurs passions, leur détermination et leur excellence, repoussent les frontières de la connaissance et nous démontrent que la science n'a pas de genre.

« La Science taille XX elles » est une exposition photographique qui s'attaque résolument aux stéréotypes qui depuis trop longtemps ont limité le champ des possibles dans le monde scientifique. Dans une société qui a souvent étouffé leurs voix, ces femmes audacieuses ont relevé le défi pour nous rappeler que l'excellence ne connaît pas de genre. Elles nous incitent à une réflexion profonde sur les raisons pour

lesquelles les femmes scientifiques ont longtemps été invisibilisées, pour enfin rendre à Cléopâtre ce qui appartient à Cléopâtre.

À travers des photographies à la fois saisissantes et artistiques, « La Science taille XX elles » investit la rue pour inviter à des discussions cruciales sur l'équité dans le monde de la recherche et au-delà. Chaque portrait est une fenêtre ouverte sur le monde intérieur de scientifiques déterminées, dévouées à la quête de connaissance et de découverte. Ce livret illustre que la science est une aventure humaine, façonnée par des individus aux parcours uniques et met en lumière le courage des femmes scientifiques qui ont dû lutter contre des barrières invisibles pour marquer leur empreinte dans des domaines caractérisés par une hégémonie masculine.



Nous invitons toutes les jeunes filles qui rêvent de contribuer aux progrès scientifiques et technologiques à découvrir les récits de ces 16 femmes pour y puiser une source d'inspiration. Nous espérons que nos ambassadrices éveilleront en elles l'ambition et la conviction que leur voix compte. À travers ces images, « La Science taille XX elles » transforme les stéréotypes en opportunités et révèle la beauté de la diversité et de la pluralité des expériences dans la quête du savoir.

Femmes & Sciences et le CNRS sont fiers de participer par cette exposition à briser les barrières persistantes et à construire un avenir scientifique plus inclusif. La science a besoin de toutes les voix pour progresser et répondre aux défis majeurs de demain.

Nous remercions chaleureusement nos 16 ambassadrices de s'être prêtées à ce jeu de mise en scène de leur métier sous l'œil du photographe Vincent Moncorgé. Nous espérons que cette expérience leur aura apporté autant qu'à nous tous.

Aurélie Philippe

Déléguée régionale du CNRS en Provence et Corse

Isabelle Vauglin

Présidente de l'association Femmes & Sciences



Sommaire

- 10** Isabelle Régner
Nos futures scientifiques
- 11** Louis-Pascal Jacquemond
L'effet Matilda
- 12** Marianne Blanchard
Orientation et éducation
- 13** Thomas Breda
Évaluation des *role models*
- 14** Vincent Moncorgé
Un regard nouveau
- 16** Aoife Bharucha
Physicienne
- 18** Laurence Blanchard
Biochimiste
- 20** Rebecca Castel
Toxicologue
- 22** Jozina De Graaf
Neuroscientifique
- 24** Stéphanie Escoffier Martory
Cosmologiste
- 26** Elsa Garcin
Biochimiste
- 28** Valérie Laval Lévêque
Radioprotectionniste
- 30** Aude Lereu
Physicienne
- 32** Sandrine Maljean-Dubois
Juriste
- 34** Giulia Mollica
Chimiste
- 36** Noushin Mossadegh-Keller
Immunologiste
- 38** Magalie Ochs
Informaticienne
- 40** Anne Pichon
Mathématicienne
- 42** Magali Tournus
Mathématicienne
- 44** Annie Zavagno
Astrophysicienne
- 46** Myriam Zerrad
Photonicienne

« [...] rendre à César ce qui appartient à César »
Cléopâtre Cléopâtre

Nos futures scientifiques

Comment contrer l'influence des stéréotypes de genre ?

Les plans d'action visant à promouvoir l'égalité entre les filles et les garçons, les femmes et les hommes, dans le milieu éducatif se sont multipliés depuis plusieurs années et ont permis un certain nombre d'avancées. Toutefois, les inégalités persistent : les femmes demeurent sous-représentées dans les disciplines scientifiques dites STEM (sciences, technologie, informatique, et mathématiques), et cette sous-représentation est encore plus marquée sur les postes les plus prestigieux. Les études en psychologie sociale ont montré que ces inégalités sont en grande partie liées aux stéréotypes de genre qui conduisent à davantage associer, encore aujourd'hui, les compétences scientifiques en termes de pensée mathématique, rationnelle et logique mais aussi en termes de leadership et de management, aux hommes plutôt qu'aux femmes.

Tout d'abord, les recherches indiquent que les stéréotypes de genre peuvent conduire les filles et les femmes à produire des performances en dessous de leurs compétences réelles. Pourquoi ? Parce que le fait d'être dans une situation évaluative en mathématiques par exemple, active chez elles un stress et des pensées interférentes liées au stéréotype qui leur est défavorable. Cette surcharge cognitive, que les garçons et les hommes n'ont pas à gérer, empêche les filles et les femmes de se concentrer pleinement sur le test, d'où une contre-performance par rapport à leur potentiel. Ces résultats, qui illustrent ce que l'on appelle l'effet de menace du stéréotype, s'observent tout autant chez les enfants que chez les adultes. La recherche a également montré que les stéréotypes de genre peuvent conduire les évaluateurs et les évaluatrices en charge des recrutements et des promotions, à discriminer les femmes sur des postes en sciences et technologie, alors même que le CV évalué est strictement le même. Des études récentes¹ montrent que les personnes qui discriminent sont surtout celles qui pensent qu'il n'y a plus aujourd'hui de discrimination de genre envers les femmes.

Toutes ces études démontrent à quel point les croyances, très simplistes et caricaturales, que sont les stéréotypes, peuvent nous empêcher d'exprimer pleinement nos compétences mais aussi peuvent nous empêcher de voir les compétences des autres. L'autre message important à retenir est lui positif : il est possible de réduire les effets délétères des stéréotypes de genre. Une méthode intéressante consiste à mettre en avant des modèles féminins de réussite en sciences qui expliquent leur succès par les efforts et le travail (et non par le talent inné). D'une part, exposer les filles à des jeunes femmes en réussite auxquelles elles peuvent s'identifier peut renforcer leur confiance en soi, les encourager à persévérer, et booster leurs performances. D'autre part, rendre visibles et valoriser de façon récurrente, dans nos sociétés, des modèles féminins de réussite en science, est susceptible de renforcer les associations en mémoire entre femmes et sciences chez tous les individus. De même, expliquer l'influence des stéréotypes sur les performances permet de dédramatiser en cas de contre-performance en évitant de l'attribuer à un manque de capacité. Mettre sur le papier en quelques minutes les pensées stressantes et négatives au sujet du test que l'on va passer permet de les évacuer, en libérant ce que l'on appelle la mémoire de travail, et de mieux se concentrer sur le test. Les études montrent également l'importance de former les membres des jurys pour les éclairer sur les mécanismes d'influence des stéréotypes et ainsi les mettre en alerte pendant les processus d'évaluation et de recrutement.

Ces actions, finalement assez simples, ont le potentiel d'impulser des changements majeurs dans nos perceptions et nos comportements et de contribuer à réduire les inégalités femmes hommes, à condition que l'on s'y mette tous et toutes.

Isabelle Régner

Professeure et vice-présidente Égalité femmes hommes et lutte contre les discriminations à Aix-Marseille Université. Elle est directrice du Centre des sciences sociales pour les sciences.

1. BEGENY, Christopher T., RYAN, Michelle K., MOSS-RACUSIN, Corinne A., RAVETZ, Gudrun, « In some professions, women have become well represented, yet gender bias persists-Perpetuated by those who think it is not happening », *Science Advances*, vol. 6(26):eaba7814, 2020; RÉGNER, Isabelle, THINUS-BLANC, Catherine, NETTER, Agnès, SCHMADER, Toni et HUGUET, Pascal, « Committees with implicit biases promote fewer women when they do not believe gender bias exists », *Nature Human Behaviour*, n° 3, 2019, p. 1171-1179.

L'effet Matilda

Oubliées, occultées, ostracisées : les femmes scientifiques « invisibles »

Au début des années 80, l'historienne américaine des sciences Margaret W. Rossiter¹ théorise l'effet Matilda : en s'appuyant sur l'exemple de Matilda Joslyn Gage, une militante féministe américaine du XIX^e siècle, elle montre, dans un article retentissant de 1993, que des femmes scientifiques sont parfois spoliées de leurs travaux par des collaborateurs ou des supérieurs. Leur nom de femme scientifique est alors rendu invisible. Dans le meilleur des cas elles sont associées à la découverte et leur patronyme disparaît derrière celui de leur mari, de leur frère ou de leur père. Il faut en effet avoir à l'esprit que les femmes n'ont eu accès à une éducation scientifique que depuis le XX^e siècle ! Libre à elles, jusque-là, de transgresser, de contourner ou de se mettre dans l'ombre d'un scientifique masculin.

Encore aujourd'hui, on constate que le déni, la spoliation ou la minimisation de la contribution scientifique des femmes se perpétue. Un exemple suffit : qui aujourd'hui domine l'informatique ? Depuis la diffusion des micro-ordinateurs prioritairement attribués aux garçons dans les années 1990, il s'agit de la gente masculine ! Or c'est une femme qui est à la source du domaine informatique, la comtesse anglaise Ada Lovelace, fille de Byron, celle qui écrit le premier algorithme au XIX^e siècle, et celles qui, pendant des décennies, ont fait les calculs d'astronomie, de biologie, de physique... les « calculatrices » ou « *computers* » en anglais (le mot a changé de genre en changeant de sexe).

Encore aujourd'hui, on peut nommer nombre de grands hommes de sciences (Galilée, Descartes, Pascal, Newton, Darwin, Pasteur, Einstein, Higgs...), mais nous sommes embarrassés pour désigner autant d'éminentes femmes : Marie Curie oui mais qui d'autre ? Qui peut raconter les difficultés et obstacles d'une Angélique du Coudray chargée de la formation d'accoucheuses par Louis XIV qui se heurte à l'hostilité des autorités médicales de la faculté de Paris et

est menacée de procès, d'une Sophie Germain que sa passion pour les mathématiques conduit à prendre le nom d'Auguste Leblanc pour fréquenter les cours de l'École polytechnique, d'une Marthe Gautier qui découvre la trisomie 21 que son collaborateur Jérôme Lejeune capte à son profit exclusif ?

Qui connaît la généticienne américaine Nettie Stevens qui découvre l'origine chromosomique du sexe de chaque individu (le XY) mais dont le mentor est seul récompensé (Thomas Hunt Morgan son patron de laboratoire gratifié du Nobel de physiologie 1933) au motif qu'elle est décédée prématurément à 50 ans en 1912 ? Et l'inventrice américaine Eunice Foot qui découvre l'effet de serre trois ans avant John Tyndall, celui qui en est considéré (jusqu'en 2011) comme le découvreur. Et la française Nicole-Reine Lepaute, astronome au service de Jérôme Lalande pour les calculs sur le retour de la comète de Halley en 1759. Et encore l'actrice autrichienne puis américaine Hedy Lamarr qui invente un moyen de coder des transmissions selon un principe qui est aujourd'hui à la base du Wi-Fi et du GPS.

Munis de cette notion socio-historique d'effet Matilda, nous sommes en mesure d'analyser les parcours de ces femmes savantes et d'explorer les différentes situations où une assignation implicite les tient plus ou moins à l'écart d'une reconnaissance institutionnelle, d'une récompense personnelle, ou du constat de leur apport au savoir scientifique.

Louis-Pascal Jacquemond

Historien, enseignant à Sciences Po Paris et membre de l'association pour le développement de l'enseignement de l'histoire des femmes et du genre. Il est co-auteur de La place des femmes dans l'histoire. Une histoire mixte et du Dictionnaire des féministes, France XVIII^e-XXI^e siècle.

1. ROSSITER, Margaret W., « The Matthew Mathilda Effect in Science », *Social Studies of Science*, vol. 23, n° 2, 1993, p. 325-341 (traduction en 2003 par Irène Jami). Les femmes sont exclues des lieux de création des savoirs au Moyen Âge, en particulier des universités. Idem au XVIII^e siècle avec les écoles d'ingénieurs et les universités. Et si à la toute fin du XIX^e et au XX^e siècle il leur est possible de faire des études supérieures, la porte est verrouillée (cas du baccalauréat fille en France et des agrégations femmes). Aujourd'hui l'effet plafond de verre rend cette situation non paritaire (cf. les hiérarchies scolaires, d'encadrement, de poursuite d'études...)

Orientation et éducation

Les effets croisés du sexe et de l'origine sociale

Si la question de la sous-représentation des filles et femmes dans les filières scientifiques fait l'objet de travaux de recherches, de réflexions et de dispositifs spécifiques, en revanche celle de la sous-représentation des élèves issu-es des classes sociales les plus défavorisées dans ces formations reste peu abordée. Or l'accès à certaines sciences est genré, mais aussi socialement sélectif, l'origine sociale jouant aussi bien sur les choix d'orientations vers les filières scientifiques que sur la réussite en sciences. La France se distingue même sur ce dernier point, l'effet de l'origine sociale sur le score en mathématiques y étant le plus marqué de tous les pays de l'OCDE dans l'enquête PISA¹. Au collège, la réussite en mathématiques est d'ailleurs socialement plus inégalitaire que le français². Concernant l'accès au baccalauréat scientifique, en 2013, les enfants de cadres et professions intellectuelles supérieures représentaient 39 % des bachelier-ères scientifiques, tandis que celles et ceux issus des classes populaires (enfant d'ouvrier ou d'employé) comptaient pour 24 %. À titre de comparaison, ces proportions s'élevaient respectivement à 31 et 30 % en ES et 27 et 31 % en L.

Penser la question de l'accès aux filières et études scientifiques uniquement à travers le prisme du genre, c'est donc laisser de côté tout un pan de la question. Ceci invite à articuler la prise en compte du sexe et classes sociales, tout en ayant conscience, que les interactions entre les deux ne se réduisent pas à de simples additions, l'effet de l'origine sociale sur la scolarité étant beaucoup plus accentué pour les garçons que

pour les filles³. En outre, les effets croisés du sexe et de l'origine sociale varient en fonction des étapes du cursus scolaire. Pour les élèves entrés en 6^e en 1995, les chances d'accéder à une terminale S dépendent bien plus de l'origine sociale que du sexe, et que si les garçons des classes sociales supérieures sont ceux qui relativement aux autres ont le plus de chance d'y accéder, ce sont les garçons des classes populaires (et non les filles) qui ont les chances les plus réduites. Néanmoins, lorsque l'on prend comme population d'intérêt non plus les élèves de 6^e mais celles et ceux parvenus en seconde générale et technologique, ce sont alors les filles de classes populaires qui ont le moins de chance d'accéder à la filière scientifique. Ceci s'explique par le fait qu'un grand nombre de garçons de classes populaires ont été orientés à la fin de la 3^e vers la voie professionnelle⁴.

Ces résultats invitent à redéfinir les politiques et les dispositifs mis en place pour promouvoir les filières scientifiques, en réfléchissant aussi aux variations sociales du rapport aux sciences, et de la transmission d'une culture scientifique dans les familles⁵.

Marianne Blanchard

Sociologue, maîtresse de conférence à l'Université Toulouse – Jean Jaurès. Enseignante à l'École supérieure du professorat et de l'éducation Midi-Pyrénées (ESPE) et chercheuse au Centre d'étude et de recherche travail organisation pouvoir – CERTOP (CNRS/Université de Toulouse – Jean Jaurès/Université de Toulouse III – Paul Sabatier).

1. OCDE, « France – Notes par pays », 2012, <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-france.pdf>

2. CAYOUILLE-REMBLIÈRE, Joani et MOULIN, Léonard, « Comment évoluent les inégalités de performances scolaires au collège ? Un suivi longitudinal des élèves entre la 6^e et la 3^e », *Population*, 2019, vol. 74(4), p. 551-586.

3. BAUDELLOT, Christian et ESTABLET, Roger, *Allez les filles ! Une révolution silencieuse*, Paris, Points, 2006.

4. BLANCHARD, Marianne et PIERREL, Arnaud, « Chapitre 3. Filles et garçons en classes préparatoires scientifiques : les métamorphoses du « double handicap » au fil des trajectoires scolaires », in BUISSON-FENET, Hélène (dir), *École des filles, écoles des femmes. L'institution scolaire face aux parcours, normes et rôles professionnels sexués*, Louvain-la-Neuve, 2017, p. 57-72.

5. PERRONNET, Clémence, *La bosse des maths n'existe pas : rétablir l'égalité des chances dans les matières scientifiques*, Paris, Autrement, 2021.

Évaluation des *role models*

Un levier pour féminiser les filières scientifiques ?

En France comme dans les autres pays développés, les filles disparaissent des filières scientifiques au fil de la scolarité. Elles ne représentent plus que 30 % des inscrits en classes préparatoires scientifiques. Plus surprenant peut-être, cette sous-représentation des filles dans les filières scientifiques, notamment en mathématiques, est stable, voire s'aggrave au cours du temps. Cette situation est préoccupante car elle contribue de manière significative aux inégalités salariales entre les sexes, expliquant entre 20 et 30 % des écarts de salaires parmi les diplômés du supérieur. De plus, elle peut avoir des conséquences néfastes, comme la perte de talents potentiels (notamment dans des secteurs en croissance tels que l'informatique et l'intelligence artificielle), ainsi que des protocoles et thèmes de recherche biaisés.

Ces constats invitent à chercher des moyens d'encourager les vocations scientifiques chez les jeunes filles. Dans cette perspective, nous avons évalué une initiative de la Fondation L'Oréal¹ consistant à faire intervenir en classe pendant une heure des femmes scientifiques (doctores, post-doctores ou salariées de L'Oréal) pour partager leur parcours et métier, en présentant également des documents et vidéos visant à combattre les stéréotypes de genre. L'évaluation a été conduite dans près de 600 classes de seconde et de terminale S réparties dans une centaine de lycées d'Île-de-France. La moitié des classes a été tirée au sort pour bénéficier de l'intervention, l'autre moitié servant de groupe de comparaison.

Les résultats montrent qu'exposer les élèves à ces *role models* féminins peut effectivement inciter les filles à s'orienter vers les filières scientifiques où elles sont le plus fortement sous-représentées (mathématiques, physique, informatique). En terminale S, c'est une fille toutes les deux classes qui change son orientation après l'intervention, faisant passer la part des filles s'inscrivant dans une CPGE scientifique l'année suivante de 11 à 14 %, soit une augmentation relative de près de 30 %. Il n'y a en revanche pas d'effet sur l'orientation des garçons.

L'analyse d'un questionnaire détaillé administré aux classes témoins et traité entre 2 et 6 mois après les interventions montre que la plupart des *role models* parviennent à donner une image davantage positive des sciences et induisent une prise de conscience concernant la sous-représentation des femmes dans les filières scientifiques (alors qu'un tiers des élèves de terminale S n'en ont pas conscience !). Elles déminent également les stéréotypes concernant les différences d'aptitudes femmes - hommes. En revanche, elles ont aussi eu des effets plus inattendus : les élèves ayant reçu la visite d'une *role model* pensent davantage que les femmes sont discriminées dans les sciences, ou que les femmes n'aiment pas les sciences.

Les effets positifs sur l'orientation sont par ailleurs intégralement tirés par les *role models* salariées chez L'Oréal, probablement parce qu'elles sont davantage parvenues à changer les aspirations des lycéennes, tout en induisant moins l'idée de discriminations à l'encontre des femmes dans les sciences.

Les normes sociales ont un caractère auto-réalisateur très fort : la sous-représentation des femmes dans les sciences implique que les jeunes filles ont peu d'opportunité d'interagir avec des femmes scientifiques, qui pourraient changer leurs représentations du monde social, contribuant ainsi à la reproduction de cette situation d'une génération à la suivante. C'est pourquoi une exposition, même très courte, à des femmes scientifiques permet d'élargir le champ des possibles des lycéennes et leur permet de considérer des choix d'orientation qu'elles n'auraient sinon pas envisagés.

Thomas Breda

Chargé de recherche CNRS au laboratoire Paris Jourdan, co-responsable du pôle travail et emploi à l'Institut des politiques publiques, professeur à l'École d'économie de Paris PSE.

1. Breda, Thomas, Grenet, Julien, Monnet, Marion et Van Effenterre, Clémentine, « How Effective are Female Role Models in Steering Girls Towards STEM? Evidence from French High Schools », *The Economic Journal*, vol. 133, n° 653, juillet 2023, p. 1773-1809.

Un regard nouveau

Montrer que la science n'est pas une affaire de genre

Je me rappelle de ma scolarité et des images d'Épinal qui nous martelaient sans cesse que les garçons, pragmatiques, étaient naturellement doués pour les sciences alors que les filles, plus sensibles, devaient s'orienter vers les lettres. J'ai moi-même suivi mon cursus passivement pour me retrouver sur les bancs de la faculté des sciences, sans passion, comme par défaut. Il a fallu une tragédie familiale, un aiguillage accidentel pour que je prenne conscience de mes vraies aspirations.

Je suis retourné, des années après, vers le monde scientifique au gré de mon activité professionnelle et j'ai découvert que, comme ailleurs, les préjugés y avaient la vie dure.

Lorsque l'association Femmes & Sciences, en partenariat avec le CNRS, m'a proposé de réaliser des portraits de femmes scientifiques, j'ai trouvé là l'opportunité d'un engagement sincère, à ma simple mesure, pour essayer de combattre les idées reçues. Celles qui poussent des collégiennes, lycéennes ou étudiantes à se dire « ce n'est pas pour moi, je n'y arriverai pas ».

Nous vous présentons ici 16 portraits de femmes qui ont osé, qui sont allées au bout de leur rêve.

16 portraits pour montrer que les femmes scientifiques sont des femmes comme les autres mais aussi des femmes exceptionnelles. Elles sont courageuses, pugnaces, brillantes.

16 clichés pour montrer qu'elles ne sont pas moins féminines parce qu'elles portent des blouses blanches, explorent le monde, jonglent avec les formules mathématiques, découpent des génomes, sondent les terres polaires...

16 démonstrations pour convaincre que la science n'est pas une affaire de genre.

Je souhaite dédier cette série de portraits à ma mère qui en tant que féministe convaincue (et convaincante) nous a fait prendre conscience dès notre plus jeune âge, de la condition des femmes et nous a sensibilisé, mes frères et moi, aux perpétuelles inégalités qui perdurent « depuis que le monde est monde » et nous a appris à vivre sans jamais nous contenter de nos certitudes masculines.

Vincent Moncorgé

Photographe indépendant, une part importante de ses travaux est dédiée au monde de la science.



© Anne Haguenaer / CNRS



© Anne Haguenaer / CNRS

**« 16 démonstrations pour convaincre
que la science n'est pas une affaire de genre »**

Aoife Bharucha

Physicienne

Aoife Bharucha est chargée de recherche CNRS au Centre de physique théorique de Marseille¹. Elle étudie les éléments fondamentaux de l'Univers et leurs interactions. Aoife Bharucha a fondé un groupement de recherche du CNRS, rassemblant une centaine de chercheurs, qui vise à sonder la nouvelle physique en travaillant à la frontière d'intensité.

Aoife Bharucha a ressenti très tôt une vocation pour la physique. « *Vers l'âge de 16 ans, j'ai trouvé une bande dessinée sur la relativité à une exposition de mon lycée et je me suis dit que c'était la chose la plus cool que j'avais jamais vue ! À partir de ce jour-là, j'ai décidé de devenir physicienne.* »

Aujourd'hui, le travail d'Aoife Bharucha vise à comprendre un des phénomènes fondamentaux de la matière qui est encore inexpliqué par le modèle standard de la physique : la matière noire. En effet, la matière noire interagit très rarement avec la matière normale, ce qui la rend très difficile à détecter. Pour expliquer cette matière noire, les recherches d'Aoife Bharucha ont pour but de construire des modèles avec des nouvelles particules, et de calculer comment

ces particules pourraient être détectées lors d'expériences qui se déroulent en partie au CERN, basé à Genève.

Après avoir quitté Londres pour Mumbai, en Inde, avec sa famille à l'âge de 12 ans, puis étudié en Angleterre et vécu en Allemagne, Aoife Bharucha travaille aujourd'hui au quotidien avec des équipes de recherche en France, en Allemagne, en Inde et au Brésil. Elle collabore avec des expérimentateurs afin de s'assurer qu'elle interprète correctement les résultats des expériences, car « *[son] travail vise à résoudre des questions sans réponse* ».

« *Le très faible pourcentage de femmes en physique théorique est pour moi une conséquence des préjugés de la société. Il faut que cela change et combattre les préjugés sexistes dès l'école primaire* ». Aoife Bharucha aime partager son parcours et son expérience auprès des jeunes et participe régulièrement à des animations, des ateliers, des cafés scientifiques et des conférences.

¹ – CPT (Aix-Marseille Université/CNRS/Université de Toulon)



**Toucher l'intouchable,
saisir l'insaisissable**

Laurence Blanchard

Biochimiste

Laurence Blanchard est directrice de recherche CNRS à l'Institut de biosciences et biotechnologies d'Aix-Marseille¹ sur le site du CEA Cadarache où elle dirige le groupe « Deinococcus » au sein de l'équipe microbiologie environnementale et moléculaire.

Pourquoi certaines bactéries comme les déinocoques peuvent vivre dans des environnements où règnent des conditions climatiques extrêmes? Laurence Blanchard s'applique à répondre à cette question en décryptant les mécanismes moléculaires qui s'opèrent au sein de ces bactéries exceptionnelles, et qui leur confèrent une résistance extrême aux radiations gamma, aux UV et à la sécheresse notamment. Les derniers résultats de Laurence Blanchard et de ses collaborateurs ont notamment mis en lumière le travail d'orfèvre de deux protéines clés qui contrôlent la réponse aux radiations.

À terme, les connaissances acquises par ces recherches fondamentales pourraient déboucher sur des applications biotechnologiques, dans l'industrie et en santé humaine. Chez certaines bactéries

pathogènes, un même mécanisme pourrait induire la dormance d'une partie de ces bactéries au contact du système immunitaire, leur conférant ainsi une tolérance voire une insensibilité aux antibiotiques actuels. Grâce à ses recherches, Laurence Blanchard contribue également à une meilleure compréhension de la radiorésistance développée par certaines cellules cancéreuses lors de radiothérapies.

« Mon parcours est fait de belles rencontres, d'opportunités et de travail, avec à la source une passion : la biologie, et particulièrement l'infiniment petit qui recèle des trésors abyssaux à découvrir ». Elle a à cœur d'accompagner les jeunes scientifiques au parcours atypique et de partager son expérience. « La femme chercheuse, qui peut maintenant présenter ses travaux devant un large public dans des congrès internationaux, n'oublie jamais la petite fille vulnérable, effacée et préoccupée par le monde qu'elle fut. Tout est donc toujours possible! »

1 – BIAM (Aix-Marseille Université/CEA/CNRS)



Je décrypte le vivant,
un peu, beaucoup, passionnément

Rebecca Castel

Toxicologue

Rebecca Castel est titulaire d'un doctorat en santé et environnement à l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale¹ et au Laboratoire chimie environnement². Elle est spécialisée en toxicologie environnementale et ses travaux ont été récompensés par un prix Jeune chercheur de la Société française de toxicologie génétique en 2020.

Tout juste sortie de ses études en sciences pharmaceutiques, Rebecca Castel se lance dans l'exploration des effets de l'environnement sur la santé et plus particulièrement des poussières qui nous entourent.

Comme les jeunes enfants sont les plus exposés et les plus sensibles à ces expositions, c'est avec l'étude des poussières au sol, récoltées dans différentes écoles maternelles, que Rebecca Castel a décidé de débiter son apprentissage de jeune chercheuse. Elle s'est d'ailleurs donnée comme défi de répondre à de nombreuses questions : quels sont les contaminants contenus dans ces poussières ? Comment ces contaminants dépendent de l'environnement des écoles ? Quels contaminants sont libérés quand les poussières sont ingérées ? Est-ce que les contaminants interagissent entre eux ? Est-ce que ces contaminants libérés vont provoquer des dommages dans les cellules de l'estomac ? Et si oui, à quelle échéance ? Pourraient-ils être responsables

de l'apparition d'un cancer dans quelques décennies ?

Les réponses à ces questions pourraient permettre d'évaluer les risques auxquels les enfants sont exposés et d'orienter les politiques publiques afin d'améliorer leur environnement. Dans cet objectif, les mairies qui hébergent les écoles sous observation collaborent au programme de recherche. Néanmoins, la durée d'une thèse ne suffira pas pour apporter une réponse à toutes ces questions et c'est dans un long projet que s'est engagée Rebecca Castel.

Pour l'instant, Rebecca Castel a focalisé son travail sur deux familles de molécules, et il reste encore beaucoup d'informations manquantes sur d'autres familles chimiques également présentes dans les poussières. Notre environnement quotidien est fait de mélanges de centaines de molécules, dont nous connaissons encore très peu les effets sur la santé. *« J'espère étendre le champ de mes recherches et pouvoir un jour répondre à toutes les questions qui sont encore en suspens afin d'améliorer la santé des gens qui m'entourent, des plus jeunes aux plus âgés ».*

1 – IMBE (Aix-Marseille Université/Avignon Université/CNRS/IRD)

2 – LCE (Aix-Marseille Université)



**Vos enfants ont
toute mon attention**

Jozina De Graaf

Neuroscientifique

Jozina De Graaf est professeure à Aix-Marseille Université et a dirigé jusqu'à récemment une équipe de recherche à l'Institut des sciences du mouvement – Étienne-Jules Marey¹. Elle occupe aujourd'hui la fonction de vice-doyenne recherche à la Faculté des sciences du sport.

« 75 % des patients amputés d'un bras peuvent bouger naturellement leur membre fantôme. Pourtant, ils n'en parlent jamais par peur de passer pour des excentriques ou même des fous ! » s'étonne Jozina De Graaf. Passionnée par la compréhension du fonctionnement du système nerveux, Jozina De Graaf voit depuis quelques années une application concrète au projet de recherche qui la passionne : le développement de prothèses contrôlables de façon naturelle.

Le contrôle des prothèses est encore aujourd'hui difficile, non naturel et très limité sur le nombre de mouvements possibles, surtout pour une prothèse de main. Pour contourner ces problèmes, Jozina De Graaf et ses collaborateurs ingénieurs et médecins cliniciens ont imaginé une prothèse « basée fantôme » : les patients ont été

invités à exécuter différents mouvements fantômes et les contractions musculaires détectées au niveau du moignon ont été associées à chaque type de mouvement. Dès que le type de mouvement est reconnu par la prothèse, celle-ci le reproduit. Ceci rend le contrôle de prothèse naturel, sans aucune intervention chirurgicale ni phase d'apprentissage de la part des patients. *« Avec mes collaborateurs, nous avons pour ambition d'augmenter les degrés de liberté de la prothèse tout en gardant un contrôle naturel, et de la proposer à de nombreux patients. »*

Vous avez peut-être déjà entendu Jozina De Graaf parler du phénomène de « mobilité du membre fantôme » dans des émissions radio ou télé. *« Cette diffusion des connaissances est essentielle pour que la société en général soit consciente des avancées dans ce domaine, et pour les patients en particulier qui doivent comprendre que les sensations fantômes ne sont pas seulement synonymes de douleur ».*

1 – ISM (Aix-Marseille Université/CNRS)

Redonner le pouvoir
de tendre la main



Stéphanie Escoffier Martory

Cosmologiste

Stéphanie Escoffier Martory est directrice de recherche CNRS au Centre de physique des particules de Marseille¹. Spécialiste des vides cosmiques pour mieux comprendre de quoi notre Univers est constitué, elle est impliquée sur les grands relevés de galaxies comme la mission Euclid dédiée à la compréhension de la nature de l'énergie noire. En 2014, elle a reçu le prix du mensuel *La Recherche*, catégorie Coup de cœur, pour des travaux pluridisciplinaires.

Stéphanie Escoffier Martory s'intéresse à la cosmologie, c'est-à-dire à l'étude de l'origine et de l'évolution de l'Univers. « Il est à la fois fascinant et effrayant de se dire que notre compréhension de l'Univers se réduit à 5 % de son contenu énergétique ; le reste, appelé matière noire et énergie noire, étant de nature inconnue ».

Pour cerner la partie encore inconnue de l'Univers, Stéphanie Escoffier Martory s'intéresse plus particulièrement aux vides cosmiques, ces objets qui occupent plus de 80 % de son volume. Pour cela, elle exploite les données de mesures provenant de grands projets sur Terre ou dans l'espace, pour les confronter aux modèles théoriques. Tous ces projets de recherche ont précisément pour objectif d'observer des millions de galaxies situées à plusieurs milliards d'années-lumière de la Terre. « Mon objectif est juste de pouvoir rajouter une petite

pierre dans cet immense édifice qu'est la compréhension de l'Univers ».

Auparavant, elle étudiait les neutrinos cosmiques avec le détecteur sous-marin ANTARES. Détecter les neutrinos [qui traversent la Terre] peut révéler des surprises là où on ne les attend pas : l'étude des signaux du détecteur ANTARES, conduite en collaboration avec des biologistes et des océanologues, a permis de suivre le mouvement des masses d'eau en milieu profond via l'émission de lumière (bioluminescence) des bactéries abyssales. Pour Stéphanie Escoffier Martory, « cette expérience a été très riche d'enseignements car la pluridisciplinarité n'est pas aisée en pratique, les mêmes mots n'ayant pas la même signification dans les différentes communautés scientifiques ».

Pour transmettre aux plus jeunes sa passion pour la compréhension de l'Univers, elle a participé au développement d'un dispositif utilisé sur des casques de réalité virtuelle qui permet de plonger dans l'Univers et dans les vides cosmiques. Il lui tient à cœur d'intervenir régulièrement auprès des scolaires et des collégiens. « Je suis persuadée que c'est très tôt qu'il faut intervenir, avant le lycée, pour encourager les jeunes filles à choisir des métiers scientifiques qui ne sont évidemment pas réservés aux hommes. »

¹ – CPPM (Aix-Marseille Université/CNRS)

**Les vides ne sont pas
à prendre à la légère**



Elsa Garcin

Biochimiste

Elsa Garcin est professeure à Aix-Marseille Université et mène ses recherches au laboratoire Information génomique et structurale¹. Elle détermine la structure atomique de protéines de virus géants afin de mieux comprendre leur fonction.

Enfant, Elsa Garcin était passionnée de lecture et dévorait les livres de mystères et d'enquêtes, une passion qui ne l'a jamais quittée. *« Être chercheur, c'est un peu comme jouer au détective : on étudie un problème, on établit des hypothèses que l'on teste avec des expériences, on élimine les suspects, on assemble les pièces du puzzle, et on tire des conclusions. La vie est un grand mystère à élucider. »*

Après un bac scientifique, c'est à l'université qu'elle découvre la biochimie et la biophysique grâce à des enseignants-chercheurs qui lui transmettent leur passion pour la recherche. Elle part alors à Grenoble pour poursuivre son initiation à la recherche et y trouve sa voie : la cristallographie aux rayons X, une technique qui permet de construire des images à l'échelle atomique de la structure des macromolécules qui composent le vivant. L'ambition est de comprendre leur mode d'interaction avec leur environnement.

Son doctorat en poche, elle part en Californie poursuivre ses recherches et y restera neuf ans pour étudier une protéine impliquée dans les maladies cardiovasculaires et le cancer. Elle a par la suite l'opportunité de

créer un nouveau laboratoire spécialisé dans les études de protéines impliquées dans les maladies cardiovasculaires et inflammatoires, et le cancer, sur la côte est des États-Unis, près de Baltimore. Dans son équipe, se côtoient des étudiantes et étudiants de tous les niveaux, et également des lycéennes et lycéens. Dans cette université américaine pionnière de l'inclusivité au service de l'excellence, Elsa Garcin découvre une deuxième passion : l'enseignement et le mentorat. *« Permettre aux étudiantes et étudiants de participer activement à la recherche et la vie d'un labo durant tout leur cursus universitaire est la meilleure stratégie pour les aider dans leurs apprentissages. »*

En 2020, elle revient poser ses valises à Marseille et rejoint le laboratoire spécialiste des virus géants dans lequel elle travaille aujourd'hui. Dotés d'un génome approchant celui de certaines bactéries, ces virus possèdent un très grand nombre de protéines dont la plupart ne ressemblent à rien de connu. Déterminer leur structure atomique pourrait permettre de comprendre à quoi servent ces protéines orphelines. *« Mon nouveau défi, c'est de continuer à jouer au détective, tout en partageant mon temps entre enseignement, mentorat et recherche. »*

¹ – IGS (Aix-Marseille Université/CNRS)



En bande organisée,
je peux tous les cristalliser

Valérie Laval Lévêque

Radioprotectionniste

Valérie Laval Lévêque est technicienne CEA et travaille au Laboratoire d'analyses nucléaires et de surveillance de l'environnement¹ de Cadarache. Elle réalise des prélèvements dans l'environnement afin de vérifier l'impact que pourraient avoir les activités du centre et assure la radioprotection du laboratoire.

Valérie Laval Lévêque n'a pas étudié la radioactivité mais cela ne lui a pas fait peur, et lui a même plu, car « *c'était un domaine un peu mystérieux !* » C'est ainsi qu'en 1991, Valérie Laval Lévêque débute sa carrière sur le réacteur expérimental Osiris au centre CEA de Saclay en tant qu'expérimentatrice sur des crayons combustibles. Ces crayons, tubes d'environ 4 m de long, contiennent des matières qui fournissent l'énergie dans le cœur d'un réacteur nucléaire. Ce premier travail consistait à réaliser divers examens sur ces crayons combustibles afin de déterminer s'ils pouvaient être utilisés plus longtemps.

Valérie Laval Lévêque rejoint ensuite le centre CEA de Cadarache pour travailler sur le réacteur expérimental Éole et devient en 1996 la 1^{re} femme pilote de réacteur

nucléaire de France. « *Être la 1^{re} femme, ça fait bizarre, mais pourquoi n'y en a-t-il pas eu d'autres avant moi ?* » Par la suite, elle installe un laboratoire de chimie pour analyser l'eau du réacteur, lui permettant de mettre à profit les connaissances acquises lors de son DUT. Actuellement, elle réalise des prélèvements dans l'air, l'eau, le thym, le lait ou les légumes afin de vérifier l'impact du centre sur l'environnement.

Valérie Laval Lévêque souhaite montrer que « *les sciences, ce n'est pas compliqué* » en témoignant auprès d'élèves à travers des ateliers et des rencontres. Son parcours prouve que, pour travailler dans les sciences, il n'est pas nécessaire d'avoir fait de longues études. « *J'ai été au bon endroit, au bon moment et avec des personnes qui ont cru en moi et moi, j'ai cru en elles.* » Avec son nouveau poste, de nouveaux horizons. « *Le nucléaire et l'environnement, cela peut sembler étrange et aux antipodes, mais en réalité, pas du tout !* »

1 – LANSE (CEA)



**Une touche d'arôme,
une touche d'atome,
ma recette pour l'environnement**

Aude Lereu

Physicienne

Aude Lereu est directrice de recherche CNRS. Après un doctorat entre la Bourgogne et les États-Unis, Aude Lereu effectue trois posts-doctorats, dont un en Espagne et deux en France, avant de rejoindre l'Institut Fresnel¹ où elle travaille aujourd'hui. Elle y étudie les interactions lumineuses avec l'infiniment petit.

Les domaines de recherche d'Aude Lereu sont les nanosciences et nanotechnologies et plus spécifiquement la nanophotonique. Cette discipline étudie les interactions de la lumière avec la matière à l'échelle nanométrique. Pour représenter les choses, un nanomètre est 10 000 fois plus petit que le diamètre d'un cheveu. À ces échelles, de nombreux phénomènes, comme les ondes de surfaces, apparaissent et confèrent des propriétés extraordinaires aux matériaux. Aude Lereu suit deux directions principales. La première, comprendre et sonder ces effets invisibles à l'œil nu. Pour cela, il faut développer et maîtriser des outils dédiés, comme la microscopie à sonde locale qui offre une résolution permettant d'observer des atomes. La seconde, structurer la matière à l'échelle nanométrique pour réaliser des composants optiques innovants.

« J'aime les défis et particulièrement les projets interdisciplinaires au service de la santé, de l'environnement ou du développement durable. » L'un de ses projets vise à développer des systèmes d'imagerie et de détection hautement performants afin d'observer des événements qui se déroulent au niveau de la membrane des cellules. Par exemple, les

nouveaux virus fabriqués au sein d'une cellule infectée sortent de celle-ci par un mécanisme de bourgeonnement viral. Comprendre et expliquer ces phénomènes vont aider à mieux appréhender la prolifération virale et ainsi permettre de développer des outils de diagnostics rapides et à bas coût. Un autre de ses projets porte sur l'étude du comportement du bois et des plantes à l'échelle nanométrique afin de mieux comprendre leur croissance. « *En plus de nourrir ma soif de comprendre notre monde, les applications sont multiples avec des retombées dans les secteurs de la construction, du papier, des biocarburants et bioplastiques, également pour le développement de composants de bâtiments intelligents ou encore l'ingénierie de nouveaux matériaux d'origine végétale, plus respectueux de notre environnement.* »

« *Tout au long de mon parcours scientifique, j'ai rencontré de nombreux obstacles et préjugés. Avec l'expérience, on se forge, on se construit et les obstacles deviennent moins insurmontables. Mon conseil : s'accrocher à ses passions.* » C'est aussi ce qui a poussé Aude Lereu à s'investir dans diverses actions de culture scientifique et de promotion des femmes en sciences. Elle a été référente parité au Comité national de la recherche scientifique et est actuellement référente égalité-parité dans son laboratoire afin de bousculer les inégalités diverses et déconstruire les stéréotypes.

¹ – Institut Fresnel (Aix-Marseille Université/Centrale Méditerranée/CNRS)

Lumière sur
le nanomonde



Sandrine Maljean-Dubois

Juriste

Sandrine Maljean-Dubois est directrice de recherche CNRS et travaille au laboratoire Droit international, comparé et européen¹, dont elle a été la directrice. Ses travaux lui ont valu de recevoir plusieurs prix, dont la médaille de bronze du CNRS.

Depuis le début de sa carrière, Sandrine Maljean-Dubois s'intéresse aux règles élaborées à l'échelle internationale par lesquelles les États s'engagent à protéger l'environnement. « *Je n'ai pas fini d'en explorer toutes les facettes et, entre-temps, ces questions n'ont cessé de prendre de l'importance pour devenir aujourd'hui majeures.* » Ses travaux portent notamment sur le rôle du juge, l'articulation entre commerce international et protection de l'environnement, les négociations internationales sur le climat et sur la biodiversité.

Sandrine Maljean-Dubois participe en tant qu'experte à de nombreuses négociations internationales, dans le cadre des « COPs » sur le climat ou la biodiversité, à l'UNESCO ou dans le cadre du projet de Pacte mondial pour l'environnement. « *Ces expériences de mise en pratique à très grande échelle de mes travaux enrichissent ma recherche et mon enseignement et donnent un sens supplémentaire à mes travaux en les mettant au service de la société au niveau mondial.* »

Pour Sandrine Maljean-Dubois, permettre aux citoyens et aux futurs citoyens de mieux comprendre les enjeux environnementaux dans leur complexité est primordial; c'est pour cette raison qu'elle s'investit dans le partage de ses connaissances via des formations ouvertes à distance (MOOC), des événements de culture scientifique, des interventions dans les lycées et les médias. Mais son travail est loin d'être fini. « *Sous peine de ne jamais être prises en compte par les décideurs, les recherches sur l'environnement doivent impérativement intégrer cette dimension juridique. Il me semble que la société n'a pas toujours conscience de la réalité de cette recherche et de son importance.* »

Sandrine Maljean-Dubois souhaite aussi pouvoir montrer que la science n'a pas de genre et qu'il est possible de construire un équilibre entre vie professionnelle et vie personnelle. « *Mariée depuis près de trente ans et maman de quatre enfants, mon épanouissement personnel a sans cesse nourri mon épanouissement professionnel, et vice-versa.* »

1 – DICE (Aix-Marseille Université/CNRS/Université de Toulon)



**S'engager pour la planète,
c'est pas si sorcier**

Giulia Mollica

Chimiste

Giulia Mollica est directrice de recherche CNRS à l'Institut de chimie radicalaire¹. Après avoir obtenu un doctorat de chimie à Pise, elle a effectué plusieurs post-doctorats en Italie, au Royaume-Uni et aux États-Unis, avant de rejoindre la France en 2010.

Giulia Mollica a longtemps hésité entre l'art et la science. *« J'ai choisi la chimie car elle avait à mes yeux le juste mélange de magie et de rigueur. »*

Aujourd'hui, elle s'intéresse à la structure de matériaux dits « polymorphes ». Comme le diamant et le graphite, les solides polymorphes ont la même composition chimique mais forment des structures cristallines distinctes, qui leur confèrent des propriétés radicalement différentes. Ce phénomène a un impact sur des nombreux aspects de notre vie, tels que l'efficacité des médicaments, la constitution des os dans notre corps, la qualité du chocolat, et la formation du calcaire.

Le travail de Giulia Mollica consiste à concevoir des expériences originales pour accéder à la structure atomique d'une poudre, elle-même constituée de petits cristaux, et comprendre les mécanismes de la

formation de ces cristaux afin de contrôler leur structure, et donc leurs propriétés. Pour y parvenir, Giulia Mollica utilise la résonance magnétique nucléaire (RMN). En irradiant les matériaux avec une lumière en présence d'un champ magnétique intense, les atomes qui composent la matière se comportent comme des petits espions, permettant de sonder l'intérieur de la matière.

À terme, Giulia Mollica espère que ses travaux aideront la communauté scientifique à atteindre ce qui est considéré comme étant le Graal en science des matériaux : moduler la forme cristalline d'un matériau en fonction des propriétés recherchées, ce qui aurait d'énormes conséquences économiques et pratiques pour de nombreuses applications.

Giulia Mollica aime transmettre son expérience afin que *« les jeunes femmes ne doutent pas d'elles, prennent conscience de leurs capacités et puissent décider seules de leur avenir. Femme et scientifique, c'est possible ! »*

¹ – ICR (Aix-Marseille Université/CNRS)



**Les poudres et moi,
une histoire d'aimants**

Noushin Mossadegh-Keller

Immunologiste

Noushin Mossadegh-Keller est ingénieure de recherche CNRS et travaille au Centre d'immunologie de Marseille Luminy¹. Passionnée de biologie, cette immunologiste au parcours atypique étudie les défenses de notre corps, de leur production à leur fonction. Elle occupe également la fonction de vice-présidente de la Société française d'immunologie.

Le système immunitaire ressemble à une armée de super-héros qui va permettre de combattre les différents types d'infections tout au long de la vie d'un individu. Cette armée est composée de Spiderman, d'Ironman, Captain America, Wonderwoman, et pleins d'autres super-héros qui ont des pouvoirs bien distincts : certains combattent des virus, d'autres des bactéries ou encore des parasites.

Mais nos défenseurs ont beau être des super-héros, ils ne sont pas immortels et ont besoin d'être produits régulièrement par « une cellule mère » appelée cellule souche du sang. Noushin Mossadegh-Keller a découvert que lors d'une infection, un signal était produit dans le corps pour

donner l'ordre à cette cellule souche de fabriquer les défenseurs dont l'organisme a besoin. Cette découverte a été observée sur un type de défenseur qu'on trouve aussi niché de manière surprenante dans l'organe reproducteur masculin. Ces défenseurs auraient la capacité de protéger les spermatozoïdes. Elle les a appelés « les gardiens de la fertilité », titre de sa thèse de doctorat en immunologie. Ces cellules immunitaires pourraient être des agents clés pour combattre certains cas d'infertilité.

« Depuis le début de ma carrière j'ai pu constater que les femmes en sciences sont sous-représentées malgré leurs travaux remarquables. Partager mes connaissances et mon savoir-faire de manière accessible au plus grand nombre, en particulier auprès des plus jeunes, est très important pour moi. C'est ma passion pour les sciences qui m'a permis de mener à bien ma thèse à 36 ans tout en étant maman de 3 enfants en bas âge ».

1 – CIML (Aix-Marseille Université/CNRS/Inserm)

Combattre l'envahisseur
en toute immunité



Magalie Ochs

Informaticienne

Magalie Ochs est maîtresse de conférences à Aix-Marseille Université. Après l'obtention de son master en intelligence artificielle à Montréal, elle a orienté son doctorat sur la modélisation et la formalisation de l'empathie dans les agents virtuels. Elle travaille aujourd'hui au Laboratoire d'informatique et systèmes¹.

Donner une dimension sociale et émotionnelle aux robots humanoïdes ou aux personnages virtuels, c'est le but des travaux de Magalie Ochs, qui s'inscrivent dans un récent courant de recherche de l'intelligence artificielle. Il s'agit par exemple de leur donner la capacité d'exprimer des émotions (tristesse, joie, colère, etc.) ou des attitudes sociales comme manifester de l'empathie, de l'autorité, ou de la sympathie envers l'utilisateur à travers différents indices verbaux et non-verbaux (expressions faciales, gestes, tours de parole, distance sociale). « *Ma motivation est de rendre l'intelligence artificielle plus humaniste.* »

Pour développer de tels systèmes humanoïdes socio-émotionnels, il faut construire des modèles informatiques de phénomènes complexes telles que les émotions, l'empathie, et les attitudes sociales. Pour ce faire, Magalie Ochs utilise des données provenant de l'observation des interactions entre des personnes, analysées avec des linguistes et des spécialistes de neuroscience, en utilisant des outils d'apprentissage automatique construits pour cette application.

Les enjeux sociétaux de ces recherches sont fondamentaux car des systèmes interactifs sont de plus en plus utilisés pour jouer des rôles où l'intelligence socio-émotionnelle est essentielle : tuteur, coach, assistant, acteur, etc. Ces systèmes sont développés dans l'objectif non pas de remplacer l'humain mais de pallier des problématiques sociétales, comme l'absence de formation ou le cloisonnement social. Ils peuvent aussi être utilisés pour lutter contre la discrimination de genre et ethnique.

Les domaines d'application des recherches de Magalie Ochs sont vastes : simulation d'entretien d'embauche avec un recruteur virtuel, formation des médecins à l'annonce d'événements graves avec une patiente virtuelle, coach virtuel pour inciter les personnes âgées à faire du sport, formation à la prise de parole en public, lutte contre les stéréotypes de genre dans l'apprentissage, etc. Magalie Ochs est très impliquée dans la lutte pour la parité en sciences. « *J'ai été confrontée à la problématique d'absence de parité depuis le début de ma carrière, mais je suis convaincue que nous pouvons renverser cette tendance pour les générations futures.* »

¹ – LIS (Aix-Marseille Université/CNRS)



Je pense
donc je code

Anne Pichon

Mathématicienne

Anne Pichon est professeure à Aix-Marseille Université. Elle y enseigne à tous les niveaux et encadre aussi des stages d'initiation à la recherche pour des classes de lycéens. Elle mène ses recherches à l'Institut de mathématiques de Marseille¹ dans le domaine de la géométrie.

Anne Pichon s'intéresse à l'étude d'espaces décrits par des équations algébriques et présentant des singularités, des irrégularités, telles que des plis, des fronces, des points de rebroussement. Il s'agit d'espaces de grandes dimensions à la géométrie très riche « *dont la beauté et la perfection des formes sont comparables à celles du monde végétal ou des êtres vivants peuplant les abysses* » s'émerveille-t-elle. Ces formes apparaissent de façon naturelle non seulement dans de nombreux domaines des mathématiques, mais aussi dans d'autres sciences telles que la physique, la biologie, la chimie, les sciences humaines, et leur étude a parfois des applications dans des domaines technologiques aussi variés que l'astronomie, la robotique, la vision ou l'imagerie informatique.

Anne Pichon étudie les propriétés géométriques des espaces singuliers dans le but d'en établir des classifications et

notamment de pouvoir les comparer. « *Je me vois un peu comme une exploratrice de ces espaces qui avance dans une jungle, hostile et belle.* » Pour celle qui se considère plus manuelle qu'intellectuelle, « *la géométrie, c'est manuel et passionnant* ». Elle défriche à coups de craie, en compagnie d'un ou deux autres mathématiciens. « *À plusieurs, on a moins peur et, c'est certain, on va beaucoup plus loin !* » Elle utilise des théories mathématiques variées allant de l'algèbre à la topologie de basse dimension, et en particulier, la théorie des nœuds et entrelacs.

Depuis son enfance, Anne Pichon a toujours aimé résoudre des énigmes ou des devinettes, mais elle ignorait qu'elle pouvait en faire son métier. Anne Pichon s'investit auprès d'élèves de lycée pour leur faire découvrir les mathématiques comme elle les voit : « *belles, ludiques, conviviales et abordables par n'importe qui, à l'opposé de l'image de terrain miné, d'échecs et d'hermétisme qu'elles véhiculent encore trop souvent.* »

1 – I2M (Aix-Marseille Université/CNRS)

**Je cherche
les embrouilles**



Magali Tournus

Mathématicienne

Magali Tournus est maîtresse de conférences à Centrale Méditerranée où elle y donne des cours et mène ses travaux de recherche à l'Institut de mathématiques de Marseille¹. Elle a travaillé pendant deux ans aux États-Unis puis en Espagne, avant de rejoindre son laboratoire actuel.

Magali Tournus s'est passionnée dès le plus jeune âge pour les mathématiques et les récits d'aventures scientifiques. Pour elle, une des richesses des mathématiques est de pouvoir appréhender des questions scientifiques de domaines qui peuvent paraître très différents, et d'en faire ressortir les points communs. « *En suivant le fil d'une équation, on peut explorer des contrées très surprenantes* », s'enthousiasme-t-elle. Aujourd'hui, elle étudie les équations qui décrivent une population dont les individus croissent et se fragmentent. C'est ce qui arrive par exemple pour une population de cellules qui grossissent et se divisent en deux ou encore une population de roches de différentes tailles dans un broyeur. Un champ d'application est l'évolution d'une tumeur cancéreuse soignée composée de deux types de cellules : celles qui résistent au traitement et les autres.

Récemment, Magali Tournus et une équipe de biophysiciens se sont intéressés aux maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson, les maladies à Prion, etc.). Ils ont pu identifier les différences de comportement entre des fibres de protéines provoquant ces pathologies et les autres. Ces travaux font intervenir des outils de pointe en analyse mathématique et montrent que les fibres provoquant des pathologies sont beaucoup plus fragiles mécaniquement et se cassent plus facilement que les autres fibres. Ces résultats pourraient guider les médecins dans la prévention ou la guérison de ces maladies. « *Pour moi, faire des mathématiques, c'est modéliser le monde pour le comprendre, faire des prédictions et prendre les décisions les plus intelligentes possibles, en médecine comme dans beaucoup d'autres domaines.* »

Magali Tournus participe à des camps scientifiques qui accueillent des lycéennes passionnées de mathématiques. « *Je suis convaincue que l'accès aux mathématiques demande peu de moyens : un papier et un crayon pour commencer, et l'aventure peut vous emmener très loin !* »

1 – I2M (Aix-Marseille Université/CNRS)

L'aventure scientifique en équations



Annie Zavagno

Astrophysicienne

Annie Zavagno est professeure à Aix-Marseille Université où elle y enseigne la physique et l'astrophysique. Spécialiste de la formation des étoiles, elle mène ses recherches au Laboratoire d'astrophysique de Marseille¹.

Annie Zavagno étudie la formation des étoiles massives, étoiles de masse huit fois supérieure à la masse du soleil. Ces étoiles sont rares, évoluent rapidement et ont joué un rôle fondamental dans l'évolution de l'Univers. Il est donc très important de comprendre la façon dont ces étoiles naissent pour comprendre l'évolution de l'Univers lui-même.

La théorie prévoit que les étoiles massives ne devraient pas exister et pourtant ces étoiles existent et se forment dans des conditions de températures très froides, de l'ordre de -250°C . En utilisant des télescopes au sol, comme le Very Large Telescope (VLT) basé au Chili ou le télescope spatial Herschel, un satellite situé dans l'espace, Annie Zavagno et ses collaborateurs étudient la formation des étoiles massives. La particularité des télescopes spatiaux est de s'affranchir de l'atmosphère terrestre qui absorbe une partie des rayonnements (dont ceux du domaine infrarouge). Ces satellites permettent donc, en particulier, d'étudier des

phénomènes se déroulant à très basses températures qui sont justement détectés dans le domaine infrarouge. Les résultats de leurs observations sont comparés avec des modèles réalisés avec des ordinateurs afin d'identifier les mécanismes physiques qui expliquent au mieux la façon dont ces étoiles parviennent à se former. Ces études ont permis de mettre en évidence et d'étudier des zones où se trouvent des étoiles massives, dans notre Galaxie et dans les galaxies proches.

Annie Zavagno est membre senior de l'Institut universitaire de France. Elle participe activement à la diffusion des connaissances en donnant des cours et des conférences.

« Depuis le début de ma carrière, j'ai à cœur de m'impliquer auprès des jeunes pour leur montrer qu'il est important de croire en soi et en ses rêves et pour promouvoir la place des femmes en sciences. » D'autant plus que, comme elle le souligne, « en astrophysique, les femmes occupent une place importante, en particulier en termes de réussite et d'excellence. »

¹ – LAM (Aix-Marseille Université/CNES/CNRS)

**Je regarde naître
les étoiles**



Myriam Zerrad

Photonicienne

Myriam Zerrad est ingénieure de recherche à Aix-Marseille Université. Cette experte en ingénierie photonique travaille à l'Institut Fresnel¹, où elle a créé et dirige l'équipe CONCEPT ainsi que la plateforme technologique DIFFUSIF.

Myriam Zerrad étudie la lumière et s'intéresse plus particulièrement aux défis scientifiques et technologiques liés à la diffusion de la lumière, de sa mesure à son contrôle. C'est l'organisation désordonnée à l'échelle nanométrique au sein des matériaux qu'elle traverse qui est responsable de la diffusion de la lumière. C'est cet effet qui nous permet de voir les objets avec nos yeux, et sa compréhension et son contrôle sont des enjeux majeurs pour un large panel d'applications : de l'étude de végétaux pour étudier le stress hydrique, aux milieux biologiques pour cibler des mélanomes, en passant par les cosmétiques et les peintures pour les effets visuels ou encore l'automobile car l'optique sera très présente dans la voiture du futur.

Pour cela, Myriam Zerrad travaille avec son équipe au développement d'outils et de concepts innovants qui vont jusqu'à l'optimisation de composants optiques de pointe embarqués sur les satellites ou de détecteurs d'ondes gravitationnelles.

Myriam Zerrad travaille en effet depuis une dizaine d'années avec le Centre national des études spatiales (CNES) au développement d'instruments uniques au monde pour mesurer la lumière dite « parasite », générée par les composants optiques embarqués sur

les satellites qui prennent des images de la Terre et de l'espace, et qui limitent leurs performances. La lumière est aussi au cœur des détecteurs d'ondes gravitationnelles qui permettent d'observer des événements qui déforment l'espace-temps, tels que la fusion de deux trous noirs. Dans ce domaine également, Myriam Zerrad a été sollicitée pour travailler avec son équipe à la conception des détecteurs en cours de développement en Europe : Virgo (Prix Nobel 2017), LISA et Einstein Telescope (E.T.). Grâce à son expertise, Myriam Zerrad préside aujourd'hui le groupe d'experts internationaux Lumière parasite de l'Agence spatiale européenne (ESA) et de son équivalent américaine (NASA) pour le grand projet LISA.

« Cette diversité d'applications est une source de créativité et d'apprentissage infinie pour moi » s'enthousiasme Myriam Zerrad, qui souhaite partager sa passion et rendre les sciences de la lumière accessibles aux plus jeunes. « Je fais partie des femmes qui ont la chance d'avoir une carrière scientifique épanouissante et enrichissante. Je m'aperçois qu'une certaine réussite professionnelle est indissociable d'une grande responsabilité vis-à-vis des générations futures et doit passer par une représentation plus importante des femmes de sciences dans les médias et dans les instances. »

1 – Institut Fresnel (Aix-Marseille Université/Centrale Méditerranée/CNRS)

**Les pieds sur Terre,
la tête dans les étoiles**



Cette exposition photographique est disponible en prêt numérique ou sous forme de 18 kakémonos. Elle est à disposition des collèges, des lycées, des organismes et des établissements de l'enseignement supérieur et de recherche en Provence, des collectivités qui souhaitent sensibiliser leurs publics quant à la place des femmes dans les sciences et de toute structure œuvrant à promouvoir la culture scientifique.

Des rencontres avec les ambassadrices sont envisageables afin d'enrichir les actions prévues autour du prêt de l'exposition.

Contact : communication@dr12.cnrs.fr

Soutiens financiers



VILLE DE
MARSEILLE



DÉPARTEMENT
BOUCHES
DU RHÔNE



LA METROPOLE
AIX-MARSEILLE-PROVENCE



GRUPE **vyv**



Partenaires



Aix-Marseille
université
Socialement engagée



AVIGNON
UNIVERSITÉ



Centrale
Méditerranée



cea



cnes
CENTRE NATIONAL
D'ETUDES SPATIALES



Inserm
La science pour la santé
From science to health



Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE



UNIVERSITÉ DE
TOULON

Ce livret a été réalisé dans le cadre du projet « La Science taille XX elles » impulsé à Toulouse par le CNRS Occitanie Ouest et l'association Femmes & Sciences en 2018, et décliné à Lyon, en Île-de-France puis à Grenoble.

Il présente les 16 portraits de l'édition marseillaise exposés en mars 2024 sur la place du Général de Gaulle.

L'exposition photographique a été accompagnée de deux soirées événementielles qui se sont déroulées à la bibliothèque l'Alcazar :

- Un débat grand format sur la place des femmes en sciences, dans l'histoire et aujourd'hui, et l'importance et l'efficacité de mettre en lumière des rôles modèles. Cette table ronde a été animée par Mathieu Rouault, avec la participation d'Isabelle Régner, Marianne Blanchard, Thomas Breda et Louis-Pascal Jacquemond.
- Des micro-conférences proposées par six ambassadrices de La Science taille XX elles autour de deux thèmes : « Les mystères de l'Univers » et « Coder et modéliser le vivant ».

Retrouvez ces vidéos sur le site des Échappées inattendues du CNRS :

<https://echappeesinattendues.cnrs.fr>



FEMMES & SCIENCES
association

METTRE EN LUMIÈRE
LES FEMMES SCIENTIFIQUES
D'AUJOURD'HUI
POUR INSPIRER CELLES
DE DEMAIN

LA SCIENCE TAILLE XX ELLES

Coordination du projet :
Pour l'association Femmes & Sciences :
Caroline Champenois
Pour le CNRS Provence et Corse :
Karine Baligand
Anne Haguenaer

Photographie :
Vincent Moncorgé
Assistance technique :
Léa Menou Ruiz

Conception graphique :
Anne Haguenaer
Céline Wilczynski
Décliné à partir de l'édition du CNRS Occitanie
Ouest réalisée par **Jules Pinton**

Imprimé par Imprimerie Nouvelle







Rendre à César ce qui appartient à César
Cléopâtre

ce qui appartient à César
Cléopâtre



LA SCIENCE
TAILLE
XX
ELLES