



ASSOCIATION
DE MAILLET

Vivre mieux!

Club d'astronomie

Caroline H



Les calculatrices de Harvard

Jean-Pierre Maratrey - Juin 2025

Programme

Henry Draper

Edward Pickering

Les calculatrices de Harvard

Williamina Fleming

Antonia Maury

Annie Cannon

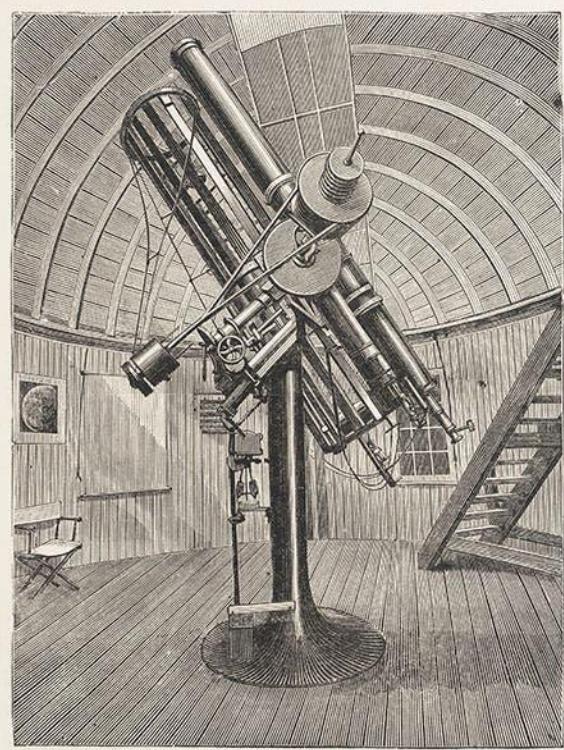
Henrietta Swan Leavitt

Henry Draper

Henry Draper (1837-1882) est un médecin et astronome amateur (fortuné !).

Son mariage avec Mary-Anna Courtland Palmer lui apporta l'aisance financière lui permettant de se consacrer à des études astronomiques.

Ce domaine devint une passion commune à Mary-Anna et à Henry.



Lors de leur lune de miel, ils acquièrent des verres bruts, qu'ils polissent, et fabriquent la lunette ci-contre, dont la lentille frontale fait 71 cm de diamètre.

Pionniers de l'astrophotographie, c'est avec cet instrument qu'ils prirent la toute première photo du spectre d'une étoile, celui de Véga, en 1872.

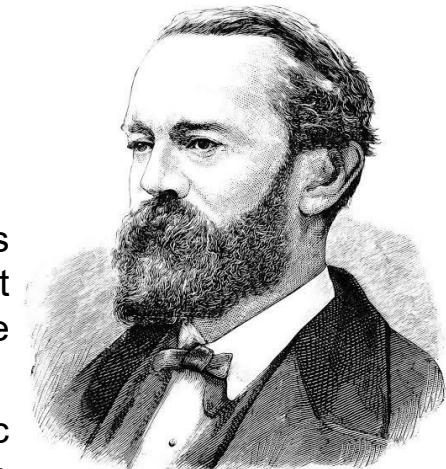
Ils photographièrent la nébuleuse d'Orion le 30 septembre 1880. Le 24 juin 1881, ils prennent la première photo d'une comète, C/1881 K1, qui montre en même temps la coma et la queue de la comète.

Henry organisa une expédition pour photographier le transit de Vénus de 1874.

Mary-Anna Draper fit don de cet instrument à l'observatoire de Harvard après le décès de Henry en 1882.

Ils avaient entrepris un projet visant à cataloguer toutes les étoiles du ciel, mais Henry mourut bien avant son achèvement.

Sa veuve, souhaitant toutefois que le projet soit poursuivi en sa mémoire, décida finalement de faire un don à Harvard pour terminer le travail.



Henry Draper

Henry Draper

Après sa mort, sa femme fonda un prix annuel, la médaille Henry Draper.

Aidé financièrement par la veuve d'Henry Draper, le *Harvard College Observatory* poursuivit le programme visant à élaborer un catalogue astronomique, le catalogue Henry Draper (catalogue HD).

Il s'agissait non seulement de répertorier les étoiles, mais aussi de les classifier selon leurs caractéristiques spectrales.



Henry Draper

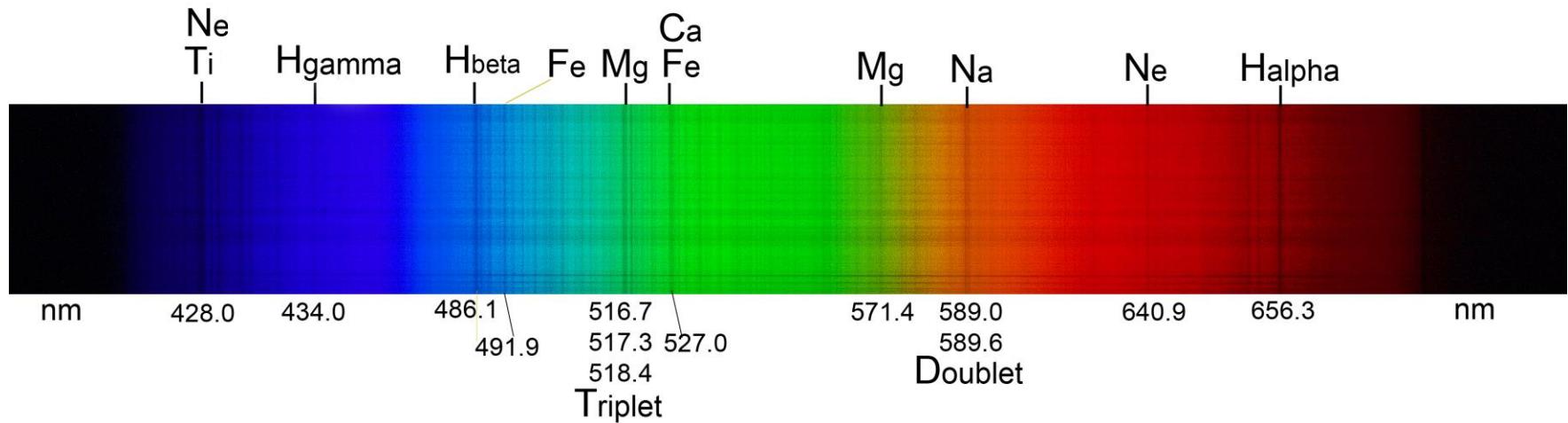
A cette époque, la compréhension du spectre des étoiles, c'est-à-dire leur décomposition à l'aide d'un réseau de diffraction commence à peine à pointer dans le milieu scientifique.

On sait que chaque étoile a un spectre différent, et que l'on peut les regrouper en plusieurs catégories différentes, même si l'on n'en comprend pas bien la signification. La classification est balbutiante.

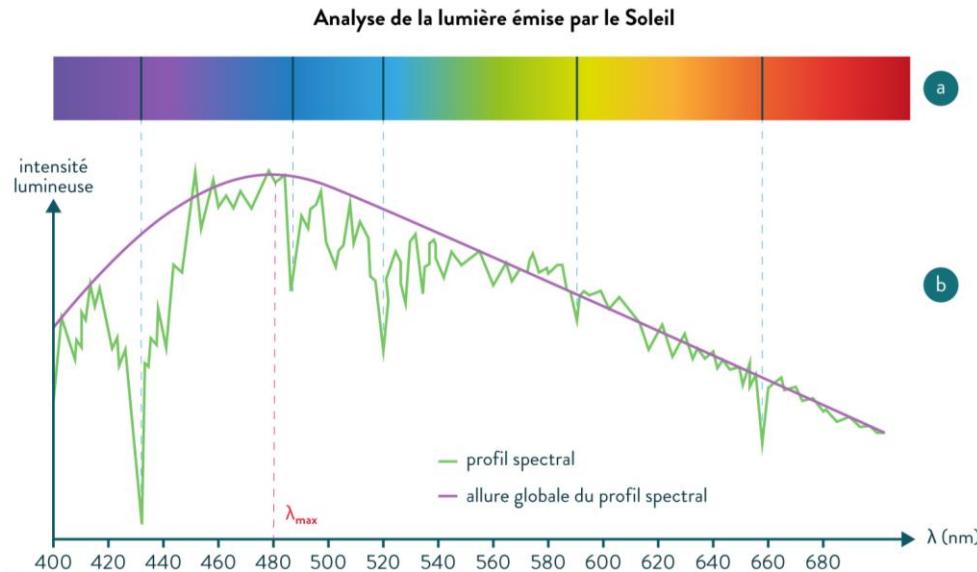
Qu'est-ce qu'un spectre ?

Voyons un exemple avec le Soleil.

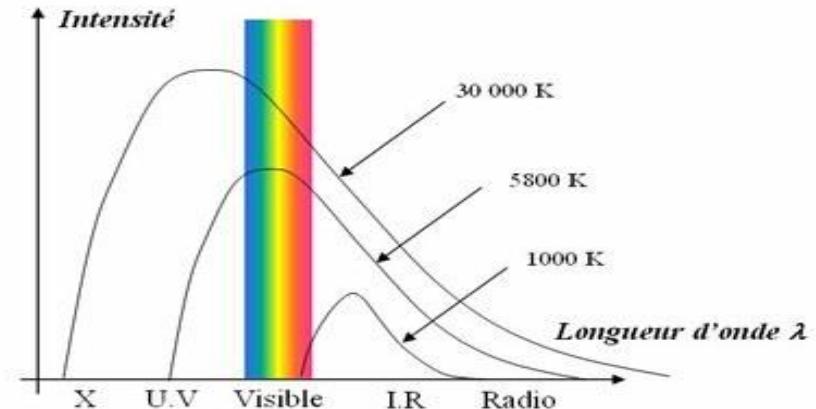
Spectre du Soleil



La position des raies sombres permet de connaître la composition de l'atmosphère de l'étoile.
A partir de ce spectre, on établit, par logiciel, le *profil spectral*.



L'intensité des raies donne la proportion des éléments.



Edward Pickering (1846-1919)

Dans ce contexte, Edward Pickering, directeur de l'observatoire de l'université de Harvard, recherche des fonds pour éviter sa fermeture. Le don de Mary-Anne Draper arrive à point nommé.



Observatoire de l'université d'Harvard en 1899



Edward Pickering

L'étude des étoiles et leur classement selon leur luminosité est un sujet laissé quasiment à l'abandon depuis des siècles, le dernier catalogue de luminosités remontant, avec quelques mises à jour peu précises, à Hipparque (120 avant JC), avec les fameuses 6 « grandeurs » des étoiles.

Pickering se rend vite compte que la photographie naissante va lui apporter un moyen rapide d'arriver à ses fins : faire des clichés au télescope avec un réseau, repérer les différentes raies des spectres, puis enfin classer les étoiles selon leurs caractéristiques spectrales transcrits sur des plaques photographiques.

La photographie permet en effet en une seule pose d'avoir le spectre de plusieurs dizaines d'étoiles à la fois. De l'accumulation des données naîtra la compréhension plus profonde du ciel.

Les calculatrices de Pickering

Pour dépouiller la quantité phénoménale de données recueillie, Pickering a besoin de personnel.

Un personnel attentif au détail, patient, ne cherchant pas d'avancement, ne rechignant pas au travail routinier, et bon marché...

Évidemment, c'est vers les femmes qu'il va se tourner. Elles ont toutes ces qualités. De plus, elles n'ont pas le titre d'astronome et ne votent pas.

Entre 1875, date des premières embauches, et 1919, à la mort de Pickering, 45 femmes pionnières travailleront à l'observatoire de Harvard.

Pickering, le premier à embaucher des femmes en astronomie, tirera une grande fierté de son « harem », terme peu élégant.

Il les traite comme ses égales et se montre très courtois avec elles.

Leur rôle est de dépouiller les plaques photo, de repérer la position des étoiles (AD et déc) et d'analyser leur spectre.

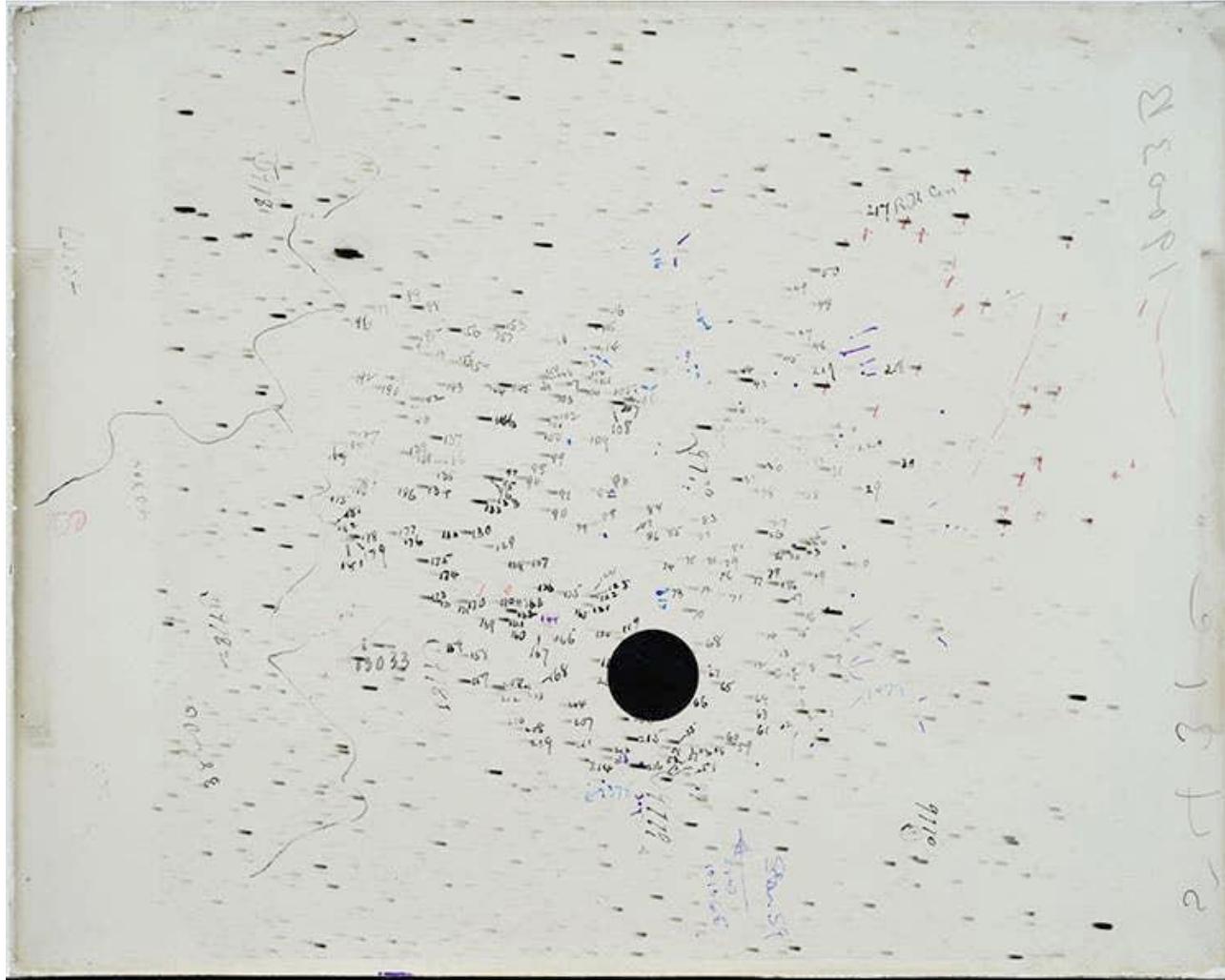
Photo de groupe



Avec ses « filles », il éditera le catalogue Henri Drapper. Ce catalogue HD repose sur un nouveau système de classification selon le spectre des étoiles.

Il est toujours en vigueur aujourd'hui. Il sera l'œuvre de quelques femmes remarquables.

Les calculatrices de Pickering



Plaque photographique d'époque, avec les spectres des étoiles (les traits horizontaux), avec les annotations de la calculatrice.

Le cercle noir représente la taille d'un penny de l'époque (années 1890).



Repérage des étoiles et lecture des spectres sur les plaques photographiques, à l'aide de microscopes.

Les calculatrices de Pickering

Ces femmes entreprirent la tâche laborieuse de cataloguer toutes les étoiles photographiables et de classer leurs spectres.

Elles étaient payées entre 25 et 35 cents l'heure, six jours par semaine, sept heures par jour, soit en moyenne 50 \$ de l'époque par mois.

Ce salaire était inférieur à celui des femmes accédant à un emploi de bureau, mais supérieur à celui d'une ouvrière d'usine moyenne.

Compte tenu du fait que la plupart de ces femmes avaient fait des études supérieures, leur salaire était plutôt maigre.

Ces femmes sont photographiées ci-dessous au travail à Harvard dans les années 1890. Henrietta S. Leavitt, Williamina Fleming et Annie Cannon figurent parmi les femmes photographiées.



Williamina Fleming (1857-1911)

Williamina Fleming est l'une de ces demoiselles calculatrices.

Plus de détails seront donnés lors de l'exposé qui lui sera consacré.

Elle apprend rapidement à mesurer la magnitude et la position des étoiles, à analyser leur spectre. Elle prend vite du grade et devient responsable de l'examen et de la conservation des plaques photographiques, et supervise l'équipe féminine.

Elle met au point une nouvelle classification des étoiles en 14 groupes de A à O, en omettant le J afin d'éviter toute confusion avec le I.

Elle ajoute deux classes P et Q réservées aux étoiles atypiques. La méthode reste simple, et repose sur la mesure de l'intensité des raies de l'hydrogène.

Elle réalise et publie en 1890 un catalogue et classe ainsi 10 000 étoiles selon ces critères.



Williamina Fleming

Elle remarque en outre que les étoiles variables, comme Mira Ceti, ont un spectre particulier, et qu'il suffit de lire leur spectre pour les déceler.

Elle découvre 300 étoiles variables, ainsi que 59 nébuleuses, 94 des 104 étoiles de Wolf-Rayet connues de son vivant, et 10 des 22 novas détectées avant son décès. On lui attribue également la découverte des naines blanches.

En 30 ans de travail, elle ne prendra jamais de congés. Et la reconnaissance ne lui sera jamais donnée.

On ne récompense pas une femme sur le territoire des USA à cette époque, au grand dam de Pickering. Atteinte d'une pneumonie, elle décèdera le 21 mai 1911 à l'âge de 54 ans, en laissant derrière elle une œuvre gigantesque.

Antonia Maury (1866-1952)

Nièce d'Henry Drapper, Antonia Maury fait preuve d'une intelligence précoce dans tous les domaines. Par exemple, ayant appris le latin, elle lit Virgile dans le texte dès l'âge de 9 ans.

Elle décroche un diplôme en chimie et en mathématiques. En 1888 elle entre au laboratoire d'astronomie de Harvard, appuyée par son père et sa tante, épouse d'Henry Draper et généreuse donatrice.

Rapidement, Pickering lui découvre des talents pour la spectroscopie : alors que les premières photos de Draper ne montraient que quelques raies, Antonia en trouve plus de 500 dans certains spectres.



Antonia Maury

Trop méticuleuse et trop lente pour Pickering, qui demande un certain rendement à ses collaboratrices, ils s'affrontent souvent et elle demande à partir. Elle claque la porte en 1891 une première fois et va enseigner.

Pickering se rend compte rapidement que l'absence d'Antonia laisse un travail inachevé, et, convaincu de son apport au laboratoire, lui demande de revenir.

En mars 1892, Antonia met une condition à son retour : son nom doit figurer sur les publications de ses travaux.

Cette condition est acceptée, et elle réintègre le laboratoire en 1893.

Son intense travail mine sa santé, et elle décide de quitter Pickering une seconde fois, mais pour raison de santé cette fois. Le père d'Antonia accuse Pickering de maltraiter sa fille. Elle quitte les Etats-Unis pour l'Angleterre, pour se refaire une santé, et réintègre Harvard en 1895.

Antonia Maury (1866-1952)

La publication de son travail, avec son nom en première page, arrive en 1897.

Sa classification de 681 étoiles brillantes ne repose pas sur celle de Williamina. Elle en invente une autre, plus adaptée à la grande qualité des spectres qu'elle a obtenus.

Les classes sont au nombre de 22, notés par des chiffres romains. La classification d'Antonia est plus fine, et permet de distinguer des étoiles jusque là très voisines, sinon semblables.

Elle note en effet que des étoiles de la même classe peuvent se distinguer par la largeur de certaines raies. Elle crée des sous-classes, a, b et c, en fonction de ce critère.



Antonia Maury

Trop compliqué pour lui, Pickering rejette cette classification.

Ce n'est pas le cas d'Ejnar Hertzsprung, qui travaille en 1905 sur la luminosité réelle des étoiles.

Il remarque que les étoiles blanches sont toujours très brillantes, mais que les rouges sont soit très brillantes, soit peu brillantes.

Comment faire la différence ? C'est en fait le critère c de la classification d'Antonia qui lui donne la réponse : celles-ci sont toutes très brillantes.

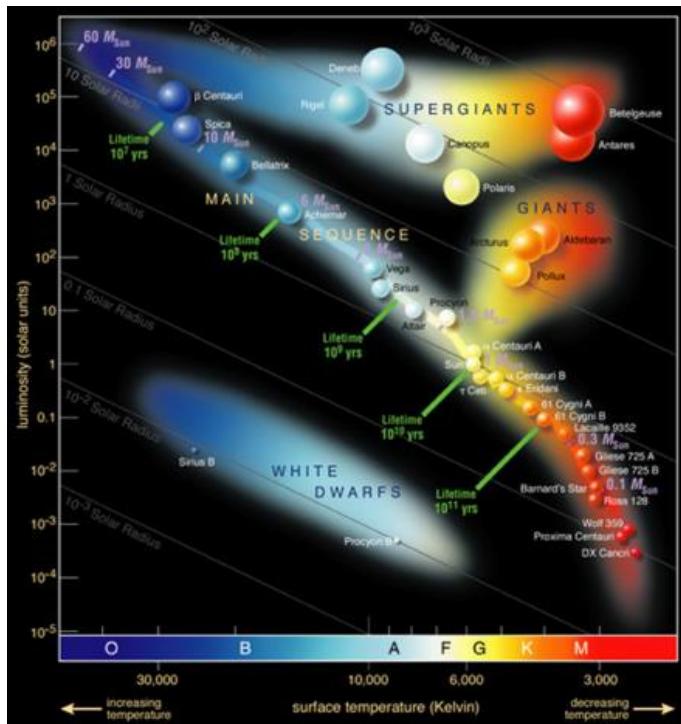
Il contacte Pickering, en s'étonnant que ce progrès n'ait pas été souligné.

Il ajoute : « *Négliger l'importance du critère c dans la classification des spectres stellaires est comparable à l'attitude d'un zoologiste qui voit des différences cruciales entre une baleine et un poisson, et continue cependant à les classer ensemble.* »

Antonia Maury (1866-1952)

Pickering campe sur ses positions. Pourtant, un autre astronome est convaincu de l'utilité du facteur c . Il s'agit de Norris Russel qui arrive indépendamment à la même conclusion que Hertzsprung.

Ces deux avocats d'Antonia construiront plus tard, grâce à ce critère c , le célèbre diagramme Hertzsprung-Russel (diagramme HR) d'un intérêt capital pour l'étude de l'évolution des étoiles.



Antonia Maury

L'UAI adoptera la division « c » lors de sa première réunion en 1922.

Après la publication de son catalogue, Antonia quitte une nouvelle fois Harvard pour présenter des conférences et enseigner.

Elle retourne de temps à autres à l'observatoire, et est intriguée par le dédoublement de certaines raies de certaines étoiles.

En 1908, elle décide de s'y consacrer et travaille dans ce sens avec Pickering. Elle montre que le dédoublement est périodique. Elle découvre en fait les étoiles doubles spectroscopiques.

Antonia Maury (1866-1952)

A la mort de Pickering en 1919, elle reprend ses activités de vulgarisation, d'enseignement et de conférencière. Mais elle ne peut s'empêcher de revenir de temps en temps à Harvard. Elle devient en 1922 responsable du musée « Henri Draper » et obtient une bourse pour continuer ses travaux.



Antonia Maury

Malgré ses intuitions géniales et sa maîtrise de la spectroscopie, elle ne recevra que peu de reconnaissance de Harvard. Une seule récompense pour elle : le prix Cannon (voir ci-dessous) en 1943, à 77 ans !

Elle décède dans l'indifférence générale en 1952.

Annie Cannon (1863-1941)

Annie Cannon est américaine et fille de Wilson Cannon, un constructeur de bateaux et de Mary Jump, mère au foyer et astronome amateur. Elle transmet sa passion du ciel à sa fille.

Son père reconnaît vite les capacités intellectuelles de sa fille, et la pousse aux études. En 1884, elle décroche un diplôme universitaire en physique. Elle aurait préféré l'astronomie, mais cette spécialité n'existe pas encore.



Annie Cannon

Passionnée par les voyages, elle part pour l'Espagne en 1892 pour voir une éclipse de Soleil. Elle en profite pour silloner l'Europe, appareil photo en main. Le virus des voyages ne la quittera jamais.

Respectant les traditions (rester dans le giron familial), elle se morfond dans sa ville natale. A la mort de sa mère en 1894, elle retourne à l'université et est engagée comme assistante pour participer aux premières expériences américaines sur les rayons X.

Mais elle préfère l'astronomie, et prend des cours pour décrocher un diplôme complémentaire dans ce domaine.

Annie Cannon (1863-1941)

Elle rencontre ainsi Pickering à Harvard, lequel lui propose de parfaire sa formation théorique par des observations pratiques.

En 1896, elle abandonne son précédent poste d'assistante pour se consacrer entièrement à l'observatoire. Alternant entre ses cours et Harvard, elle n'obtient son diplôme qu'en 1907.

Contrairement à Antonia Maury, Annie est disciplinée et travaille vite. Et bien. Pickering lui confie l'étude des étoiles australes.



Annie Cannon

Passionnée depuis toujours par la spectrographie, elle déclare : « *Ce ne sont pas seulement des lignes pour moi, chaque nouveau spectre ouvre la porte sur un nouveau monde merveilleux. C'est presque comme si les étoiles lointaines avaient le don de parler et étaient capables de raconter leurs conditions physiques et leur constitution* ».

En 1900, elle commence l'étude de 1 122 étoiles du ciel austral. Comme Antonia, elle trouve que la classification de Williamina présente quelques failles.

Si les raies de l'hydrogène diminuent régulièrement en passant de la classe A à la classe O, ce n'est le cas d'aucune autre raie. Elle élabore une nouvelle classification basée sur celle de Williamina.

Elle l'épure, éliminant ce qui avait été mal interprété sur des mauvaises plaques, et elle réarrange l'ordre des classes selon une suite plus logique pour elle : O B A F G K M. Elle subdivise en outre ces « types spectraux », comme ils sont encore nommés aujourd'hui, en 10 sous-classes étiquetées de 0 à 9. Ce système a l'avantage d'être simple, et il se répand rapidement.

Annie Cannon (1863-1941)

Il est adopté en 1910 par l'ancêtre de l'UAI, l'International Solar Union. C'est le système qui est encore utilisé de nos jours.

Pour mémoriser l'ordre des classes, les étudiant(e)s américain(e)s retiennent : « Oh, Be A Fine Guy (Girl), Kiss Me » ...

Mais sa préférence va aux étoiles variables.

En 1903, elle publie un premier catalogue de 1 227 étoiles, suivi en 1907 par un second de 3 748 étoiles, dont 2 909 découvertes à Harvard par les demoiselles de Pickering.



Annie Cannon

Après ces premiers grands succès, Pickering lui demande de réviser le catalogue Draper, en incluant 50 000 étoiles de magnitudes inférieures à 8.

Elle se lance seule dans ce travail de titan, à raison de 7 h par jour, 11 mois par an, de 1911 à 1915 ! Dans les meilleures conditions, elle arrive à classifier 3 étoiles par minute, rien qu'en regardant les spectres...

A ce rythme, elle explose ses objectifs et classe, à la fin du projet, 225 300 étoiles. La publication des résultats s'étalera de 1918 à 1924.

D'une grande cohérence (une seule personne l'a réalisée), et d'une grande justesse (pas d'erreur), il restera longtemps une référence incontestée.

Annie Cannon (1863-1941)

Revenant à ses premières amours, les étoiles variables, elle en découvre elle-même 277, sans compter 5 novas et une binaire spectroscopique. En 1939, c'est elle qui repérera la 10 000^{ème} étoile variable connue.

On lui témoignera plus de considération qu'à ses amies Williamina et Antonia.

En 1911, à la mort de Williamina, elle lui succède comme conservatrice des photographies astronomiques.

On lui attribue 6 diplômes honorifiques, dont un de l'université d'Oxford.



Annie Cannon

En 1932, elle reçoit un prix dont elle rétrocède l'argent à l'American Astronomical Society, et crée son propre prix : le prix Annie Cannon, qui récompense le travail d'une femme astronome.

Harlow Shapley, célèbre astrophysicien, dira d'elle :

« Collectionneuse de diplômes et de métaux, auteur de 9 volumes immortels et de plusieurs milliers de cookies à l'avoine, joueuse de bridge, et plus particulièrement bénéficiaire de la médaille Draper ».

Annie Cannon (1863-1941)

Elle est respectée dans le monde entier, mais à Harvard, la communauté masculine se sent mal à l'aise avec ce « Harem ».

En 1911, un expert s'indigne : « *Il est anormal qu'étant reconnue mondialement comme le plus grand expert vivant dans ce domaine, elle n'ait aucun poste officiel à l'université* ».

Cette situation perdurera jusqu'en 1938. Elle obtient alors un poste d'astronome... à 75 ans !

La chose est si inhabituelle que sa lettre de nomination commence par « *Dear Sir* ».



Annie Cannon

Infatigable, elle obtient sa retraite officielle en 1940 (elle a 77 ans).

Ce qui ne l'empêche pas de se lancer dans un nouveau projet, l'extension de son catalogue. Elle décède en 1941 en laissant cette dernière tâche inachevée.

Elle aura classé en tout plus de 350 000 spectres d'étoiles.

Tout le monde est unanime : son catalogue a permis des progrès considérables et décisifs, comme la théorie de l'évolution stellaire de Russel.

On peut juste regretter que son catalogue soit connu sous les initiales HD (Henri Draper) et non AJC (Annie Jump Cannon).

Henrietta Swan Leavitt (1868-1921)

Plus de détails seront donnés lors de l'exposé qui lui sera consacré.

En 1895, elle entre à l'observatoire de Harvard comme assistante. La puritaine Henrietta fait maintenant partie du « Harem ».

Elle fait rapidement preuve de grandes aptitudes intellectuelles, et excelle en photométrie. C'est l'époque où la photographie, beaucoup plus performante que l'œil, remplace progressivement les observations visuelles.

Henrietta est championne des étoiles variables. Sur toute sa carrière, elle multipliera le nombre de ces étoiles connues par 2 en en découvrant 2 400.

Mais elle est surtout connue pour sa découverte de la relation Période-Luminosité des étoiles, qui permet d'en calculer les distances !

Dans son premier catalogue de 1908, elle écrit : « *Il est intéressant de noter que les variables les plus lumineuses ont les périodes les plus grandes* ». Ce commentaire passé inaperçu à l'époque, va révolutionner l'astronomie dans son ensemble.

Elle est heureuse que son travail serve à d'autres découvertes, mais elle sera encore moins reconnue à son époque que Fleming et Cannon, bien que considérée comme la plus brillante des femmes de Harvard.

La gloire n'est pas dans son caractère, elle est effacée, au point que ses biographes n'ont jamais eu accès à certains aspects de sa vie. On sait par exemple qu'elle était presque sourde, mais on n'en connaît pas la raison.

En 1925, un professeur de l'académie des sciences de Suède décide de lui écrire, pour la sélectionner en vue de l'attribution du prix Nobel de 1926.

C'est Harlow Shapley qui répondra que cette nomination est impossible, car Henrietta est décédée depuis 4 ans, en 1921, des suites d'un cancer. Son décès n'avait jamais été rendu public.



Henrietta Leavitt



Vivre mieux !

ASSOCIATION
DE MAILLET



Club d'astronomie

Caroline H

