

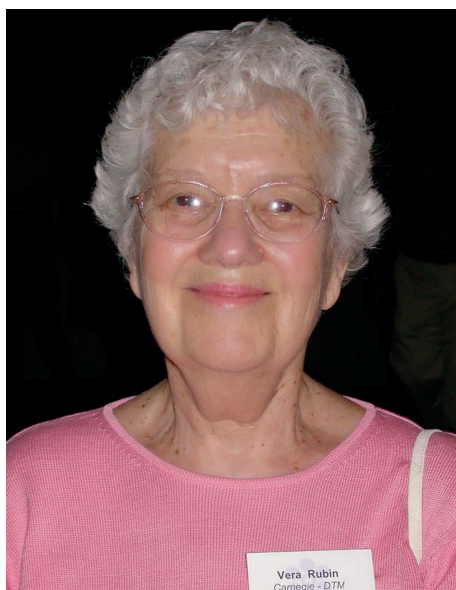
HOMMAGE

Vera Rubin une grande astronome trop méconnue

Isabelle Vauglin, CRAL-Observatoire de Lyon, 69230 Saint-Genis-Laval, France

Interrogez le commun des mortels sur l'Univers, vous aurez sans nul doute des allusions à la matière noire. Mais demandez-leur ensuite qui a découvert cette matière noire. Bien peu connaîtront le nom de Vera Rubin. Et pourtant, c'est bien elle qui a été pionnière en la matière ! Malgré les controverses qu'elle a alors soulevées dans la communauté astronomique de l'époque...

Le 25 décembre dernier, une grande, une très grande dame de l'astronomie nous a quittés : Vera Rubin s'est éteinte à l'âge de 88 ans. Tout au long de sa carrière, les résultats de ses recherches ont eu un impact important. Pour avoir apporté la preuve de l'existence de la matière noire, elle aurait mérité d'obtenir le prix Nobel de physique, pour lequel elle a été citée à plusieurs reprises. Sa contribution scientifique est majeure mais elle est partie sans cette récompense...

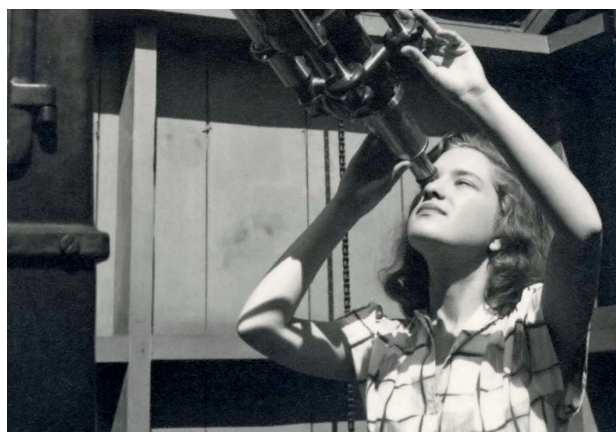


Vera Rubin vers 2010 (@ Michael A. Stecker).

Une volonté tenace

Née Vera Cooper en juillet 1928, elle a fait preuve très jeune d'une passion pour les étoiles qu'elle observe le soir depuis son lit. Son père l'aide à construire un télescope, même s'il craint que sa fille ne parvienne jamais à gagner un jour sa vie dans cette voie. Elle aura, en effet, à se battre pour y parvenir... Après le lycée, elle obtient une bourse pour poursuivre au Vassar College parce qu'elle sait

que Maria Mitchell y a été enseignante et la première femme directrice de l'observatoire de cette université exclusivement féminine, c'est donc que les jeunes filles peuvent y apprendre les sciences !



Vera Rubin à 19 ans au télescope du Vassar College en 1947. (@: Vassar College, courtesy AIP Emilio Segrè Visual Archives).

Elle obtient son diplôme en 1948 mais refuse une offre de la prestigieuse université de Harvard pour cause de mariage. Vera va à l'université de Cornell, au sein d'une toute petite équipe, pour suivre à la fois son mari qui y travaille, Robert Rubin, et les cours de deux physiciens de renom, futurs nobélisés, Richard Feynman et Hans Bethe.

Pionnière dans de nombreux domaines

Pour son diplôme de master, elle se pose une question qui semble anodine : « si l'on soustrait aux galaxies le mouvement global d'expansion de l'univers, reste-t-il un mouvement résiduel ? ». Et elle se rend compte qu'il existe une zone du ciel où les vitesses résiduelles des galaxies sont positives (elles s'éloignent de nous) alors que dans une autre zone elles sont négatives (elles s'approchent). Un

mouvement propre des galaxies se superpose donc au mouvement général de fuite. Les galaxies semblent se diriger vers un point inconnu. Elle voudrait d'autres mesures pour conforter ses résultats mais n'essuie que des refus. L'article qu'elle soumet est également refusé par l'*Astrophysical Journal* et par l'*Astronomical Journal*. Son directeur lui propose de présenter lui-même, sous son propre nom, son travail à la réunion de l'*American Astronomical Society* puisqu'elle est enceinte. Elle refuse et va elle-même faire sa présentation à l'AAS. Avec son bébé dans la voiture, elle n'a pas le temps d'assister à la polémique que sa présentation a créée. La pionnière gagne immédiatement une grande réputation, hélas très largement négative. Par contre, elle fera la une du *Washington Post* qui titre le lendemain « une jeune mère trouve le centre de la création », ce qui achève de ternir sa notoriété.

Impossible pour elle de poursuivre ensuite son cursus à l'université de Princeton : les études en doctorat sont réservées aux hommes. L'université en question n'autorisera le doctorat aux femmes qu'à partir de... 1975 ! C'est donc à l'université de Georgetown qu'elle s'inscrit en 1951 pour faire sa thèse, sous la direction de Georges Gamow, un des pères du Big Bang et de l'effet tunnel, qui lui propose de répondre à la question « les galaxies sont-elles vraiment réparties uniformément dans un univers réellement homogène et isotrope ? ». Très bien, elle prend le sujet, mais on a du mal à réaliser les conditions dans lesquelles les femmes travaillaient dans les universités il n'y a pas si longtemps que cela : Vera ne rencontre son directeur de thèse que dans les couloirs car les bureaux du laboratoire sont interdits aux femmes... Ses travaux la conduisent une nouvelle fois à un résultat contraire à ce qui est supposé acquis à l'époque : l'Univers n'est pas homogène et les galaxies se rassemblent en vastes amas...

Chandrasekhar refuse son article et ses résultats seront longtemps ignorés avant d'être largement confirmés près de vingt ans plus tard. Gérard de Vaucouleurs se servira de ses résultats pour mettre en place l'idée d'un superamas local qui sera suivi par la localisation plus précise du Grand Attracteur, confirmé par l'analyse du fond diffus cosmologique.

Elle obtient son doctorat fin 1954 après quoi elle enseigne pendant 10 ans les maths et la physique à l'université tout en élevant ses quatre enfants.

Il lui faudra attendre dix ans avant d'obtenir enfin un poste à la modeste *Carnegie Institution de Washington*, dans le département de magnétisme

terrestre (DTM) ! Vera est la première femme à y avoir un poste de chercheuse ; elle y restera jusqu'à la fin de sa carrière.



... et elle arrive à s'occuper pleinement de ses 4 enfants !
Colorado, 1961 (DTM archives and Rubin family).

En 1964, elle saisit l'opportunité de travailler avec Margaret et Geoffrey Burbidge à l'université de Californie à San Diego. Bien qu'opposés aux idées de Gamow, les Burbidge se montrent ouverts et sans a priori contre les travaux de Vera. Mais Vera doit continuer à batailler pour pouvoir travailler. Elle fait des observations au 85 cm de l'observatoire de Kit Peak et au télescope de 2,10 m de l'observatoire MacDonald.



Vera Rubin installant son spectromètre au 72-in telescope du Lowell Observatory en 1965 (@ The Carnegie Institution for Science – Rubin Collection).

Pour faire des observations au Mont Palomar, les choses se corsent : les femmes n'ont pas le droit d'y faire des observations, au prétexte qu'il n'y a pas de toilettes pour femmes ! Officieusement, c'est plutôt parce qu'il n'était pas très moral que les techniciens de coupole passent la nuit avec une autre femme que la leur. Margaret Burbidge y a déjà fait des observations mais sous couvert de son mari. En 1965, Vera Rubin crée une petite révolution en devenant la première femme à obtenir le droit de faire des observations au télescope de 1,2 m du Mont Palomar.

Un travail sans cesse contesté

Vera Rubin fut précurseur dans l'âme. Tous ses travaux ont conduit à modifier profondément notre vision de l'Univers.

The dark matter

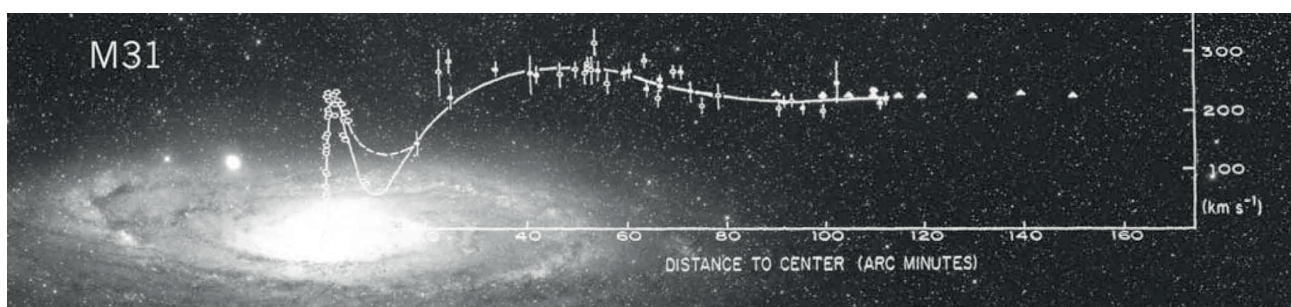
Décidément spécialiste des petites questions qui soulèvent de larges polémiques, elle s'attelle en 1970 au problème de la rotation des galaxies spirales. Avec la sensibilité des instruments de l'époque, les mesures de la rotation des galaxies se concentrent sur les régions centrales des galaxies spirales et elles montrent, comme prévu par les modèles, que la vitesse des étoiles augmente quand on s'éloigne du centre puis commence à décroître à partir d'une certaine distance. Tout le monde envisage que les vitesses continuent à diminuer ensuite dans les zones périphériques, moins lumineuses. Vera veut le vérifier et pour cela elle effectue des mesures au-delà des zones centrales lumineuses. Surprise : la vitesse ne décroît pas ! Il est communément admis que la luminosité d'un objet est fonction de sa masse. Les bulbes des galaxies spirales sont très brillants, ils possèdent donc une grande masse. La luminosité décroît fortement quand on s'éloigne du centre, la masse doit diminuer donc la vitesse des étoiles doit diminuer quand on s'éloigne du centre. Or en 1970, les mesures de Vera et de son collègue Kent Ford avec leur spectrographe performant mettent en évidence cette anomalie majeure : loin du centre de leur galaxie, les étoiles tournent bien plus vite qu'elles ne le devraient si la force de gravitation n'était produite que par la matière lumineuse que l'on détecte. Il existe donc une quantité de masse de matière invisible, baptisée matière sombre ou noire. En outre, ces résultats valident les prédictions que l'astronome suisse F. Zwicky avait faites en 1930, regardées jusqu'alors avec scepticisme. La publication de ses résultats sur les courbes de rotation ne soulève pas l'enthousiasme de la communauté astronomique (ApJ. 159, 379R, 1970). Avec Kent Ford, Vera confirme ses résultats sur d'autres galaxies, au cas où M31 serait un objet

singulier. Pour 60 galaxies spirales, leurs résultats sont toujours les mêmes : la courbe de rotation ne décroît pas avec la distance au centre. Si les lois de la gravitation restent valables à grande échelle, une masse non lumineuse, qui constitue encore une énigme actuellement, enveloppe les galaxies.

L'existence de cette matière noire a été confirmée depuis que nous sommes capables d'observer le ciel en rayons X. Des gigantesques nuages de gaz très chauds (quelques dizaines de millions de degrés) ont été détectés dans les amas de galaxies. Pour retenir ces nuages par la seule gravitation, il faut une masse bien plus grande que celle que l'on détecte en visible ! Autre « preuve » actuelle de la présence de la matière noire avec les mirages gravitationnels. Lors de configurations particulières, l'image d'une galaxie lointaine peut être déformée et sa luminosité augmentée par une galaxie ou un amas de galaxies proche qui joue le rôle de lentille. L'analyse des images formées par les mirages gravitationnels permet d'estimer la masse de la galaxie ou de l'amas proche responsable de l'effet. Les calculs donnent là encore une masse bien supérieure à la masse visible. Vera Rubin et Kent Ford avaient raison, bien avant que tout le monde en soit persuadé.

Les mergers

Dans les années 90, la galaxie NGC 4550 donnera à Vera Rubin l'occasion de publier encore un résultat étonnant sur le moment mais qui forcera les astronomes à revoir leurs copies sur la formation des galaxies. À partir de spectres qu'elle avait enregistrés depuis bien longtemps, elle découvre qu'une partie des étoiles de cette galaxie tourne dans un sens alors que l'autre partie tourne dans le sens inverse. Une telle configuration ne peut s'expliquer que si la galaxie s'est formée à partir de plusieurs morceaux différents qui se sont agglomérés. Les collisions de galaxies et les absorptions de petites galaxies par une plus grosse (mergers) sont maintenant largement observées et étudiées. Les mouvements des étoiles d'une galaxie peuvent ainsi garder la trace de fusions très anciennes.



Courbe de rotation centre-bord pour la galaxie d'Andromède M31 mesurée par Vera Rubin, superposée à une photo de M31 en visible. (Vera Rubin & Janice Dunlap).

La moitié des neurones de l'humanité appartient aux femmes

Tout au long de sa vie d'astronome, Vera Rubin aura eu à faire face à des conditions difficiles du fait qu'elle était une femme. Elle réussit pourtant à mener de front l'éducation de ses 4 enfants et une carrière brillante. « J'ai accompli presque toute ma carrière à temps partiel, aimait-elle dire. À trois heures, j'étais à la maison pour m'occuper des enfants ». Si la Carnegie Institution accepte en effet cet arrangement, son salaire est néanmoins réduit d'un tiers. Vera Rubin ne courait pas derrière les honneurs mais dénonçait « la manière dont on élève les filles, et ça commence très tôt » ; elle a œuvré pendant toute sa vie contre les mécanismes inconscients, véhiculés par l'éducation et la société, qui conduisent à la persistance des inégalités hommes-femmes. Elle affichait clairement ses convictions en disant : « Je vis et je travaille en partant des trois principes suivants :

1. Il n'existe aucun problème scientifique qu'un homme peut résoudre et qu'une femme ne pourrait pas.
2. À l'échelle de la planète, la moitié des neurones appartient aux femmes.
3. Nous avons tous besoin d'une permission pour faire de la science mais, pour des raisons profondément ancrées dans notre histoire, cette permission est bien plus souvent donnée aux hommes qu'aux femmes. »

Le jury du prix Nobel ne l'aura jamais récompensée. Elle aurait pourtant totalement mérité d'être la 3^e femme à recevoir le prix Nobel de physique. En effet, depuis sa création en 1901, seule Marie Curie en 1901 et Maria Goeppert Mayer en 1963 l'ont reçu... Les membres du jury ne brillent pas par leur équité dans la parité. Destin hélas classique de femmes scientifiques : Vera Rubin fait à jamais partie de ces pionnières dont la notoriété est inversement proportionnelle à l'importance de ses travaux.

Son travail fut cependant couronné de très nombreuses distinctions et récompenses. Par exemple, en 1981, elle est élue membre de la National Academy of Sciences. Et c'est seulement la deuxième femme astronome élue à l'Académie, après sa collègue et amie Margaret Burbidge. En 1993, le président Bill Clinton lui remet la National Medal of Science « pour ses recherches pionnières en cosmologie qui ont démontré que la plus grande partie de l'Univers est sombre... ». En 1996, ce sont les Britanniques qui l'honorent en lui remettant la Médaille d'Or de la Royal Astronomical Society

pour sa « distinction scientifique » et pour « sa détermination et son courage à promouvoir le rôle des femmes en astronomie ». Là encore, elle est la deuxième femme honorée de cette médaille après... Caroline Herschel en 1828 ! La même année, elle reçoit le prix biennal Weizmann Women & Science Award, créé en 1994 aux États-Unis pour promouvoir les femmes scientifiques hors du commun et fournir ainsi aux jeunes filles des modèles de référence. En 2002, elle reçoit le prix Peter-Gruber de cosmologie, puis enchaîne les médailles : la médaille Bruce en 2003, la médaille James Craig Watson en 2004, ou encore le prix Richtmyer Memorial Award en 2008, en reconnaissance de sa contribution remarquable à l'enseignement de la physique.



Le Président Clinton remet la National Medal of Science à Vera Rubin, le 30 septembre 1993 (DTM archives and National Science & Technology Medals Foundation).

Elle restera longtemps un modèle pour toutes les jeunes femmes qui ont et auront envie de devenir scientifique tout en conciliant une vie personnelle et familiale épanouie. Puisse son exemple leur donner confiance en elles pendant longtemps. ■

Bibliographie :

- « L'astronomie au féminin » Yaël Nazé, ed. Vuibert, 2006
- V. Rubin & K. Ford, ApJ. 159, 379R, 1970, http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?1970ApJ...159..379R&data_type=PDF_HIGH&whole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf
- <http://physicstoday.scitation.org/doi/full/10.1063/1.2435662>
- NGC 4550: A Two-Way Galaxy, V. C. Rubin, Mercury, XXII, 109, 1993,
- <http://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.2784700>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Vera_Rubin
- http://www.lemonde.fr/sciences/article/2016/12/27/mort-de-l-astronome-americaine-vera-rubin-qui-avait-prouve-l-existence-de-la-matiere-noire_5054589_1650684.html
- Two generations of astrophysicists look at the problem of opening the doors for Women in Science, V. C. Rubin, in Recruiting and Retaining Women in Physics, Extracted in Physics Today, 45, 38, Aug. 1992.