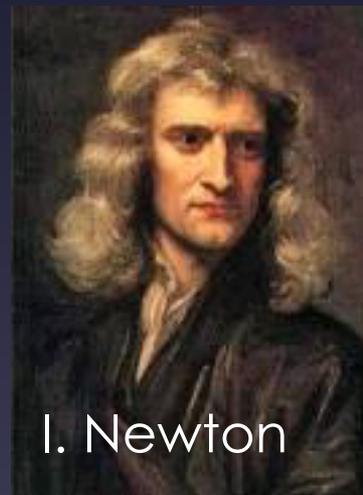
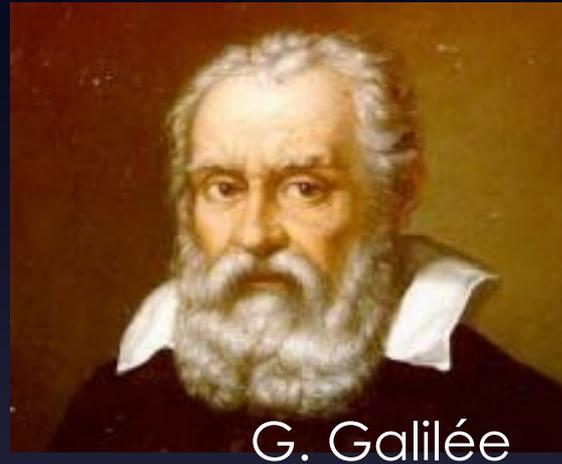
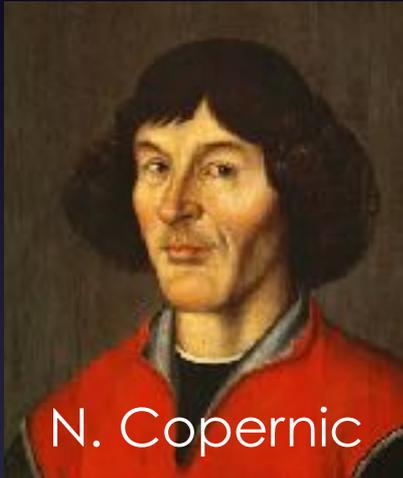




L'ASTRONOMIE AU FÉMININ

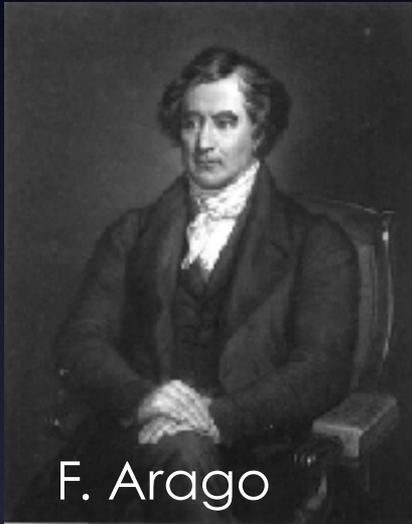


Des astronomes célèbres





Des astronomes célèbres



F. Arago



E. Hubble



G. Lemaitre



H. Reeves



D. Queloz



H. Courtois



Des astronomes dans l'ombre

Qui détient le record du nombre de découverte de comètes et d'astéroïdes ?

Qui permet de comprendre l'organisation de la population stellaire ?

Qui découvrit la loi permettant de mesurer les distances dans l'univers ?

Qui comprit le fonctionnement des « forges stellaires » ?

Qui bouleversa notre vision de l'univers en y apportant de la structure et de la matière sombre ?

Qui trouva des phares dans l'espace ?

DES FEMMES !





Ressources bibliographiques

Yaël Nazé, *l'Astronomie au féminin*, CNRS Edition

<http://www.scienceballade.com/femmes-astronomes-histoire>

<https://www.cieletespace.fr/actualites/douze-pionnieres-de-l-astronomie>

<https://information.tv5monde.com/terriennes/1875-quand-les-femmes-du-harvard-college-observatory-changeaient-le-cours-de-l-astronomie>

http://clea-astro.eu/archives/cahiers-clairaut/CLEA_CahiersClairaut_108_04.pdf

http://astrodom.fr/classification_spectrale.html

<http://adsabs.harvard.edu/full/1942PASP...54..217A>

<https://www.obspm.fr/edmee-chandon-premiere-femme.html>



Antiquité : des pionnières

En Hedu Anna (24-25 siècle avant JC)

Babylone

Aganice (vers -1878)

Egypte, fille du pharaon Sésostris

Aglaonice (2e ou 1er siècle av JC)

Thessalie, Grèce antique

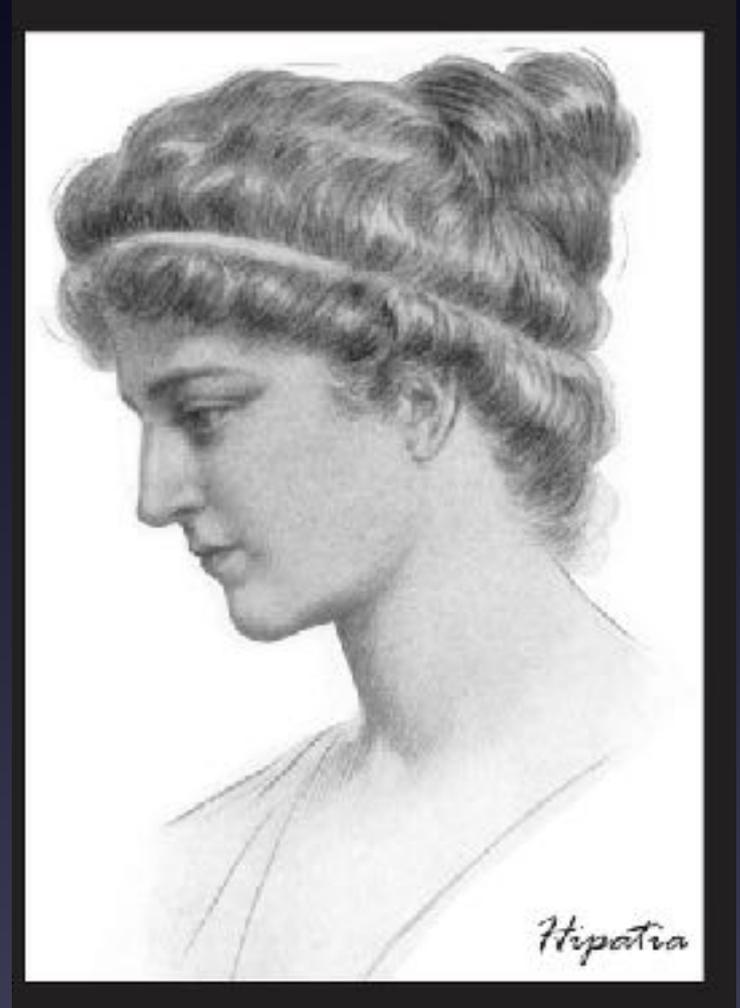
Hypatie (355-415)

Alexandrie

philosophe platonicienne

mathématicienne et astronome

Fin tragique !





Moyen-Âge

Pas d'accès aux sciences pour les femmes

Les universités les excluent

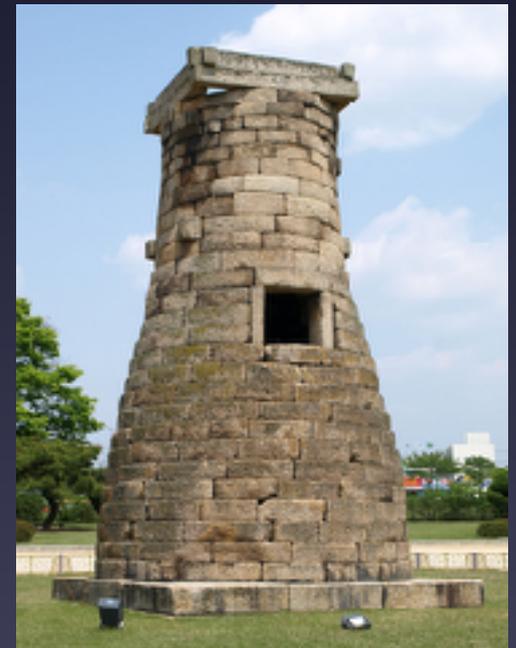
Les femmes instruites risquent d'être accusées de sorcellerie

Couvents : apprentissage de la lecture, l'écriture

protestants => fermeture des couvents, réduit les possibilités d'éducation des femmes.

En Asie

Sondok (610-650) : fille du roi de Corée, choisie pour lui succéder fait construire la « Tour de la Lune et des étoiles », (premier observatoire d'Extrême-Orient).





LES AIDES DOMESTIQUES

LES PRÉMISSSES D'UNE AUTONOMIE

LA RENAISSANCE LE SIÈCLE DES LUMIÈRES

- Les femmes deviennent astronomes grâce à un mari, un père ou un frère
- Ce sont des assistantes « pratiques », et bon marché !



Sophia Brahe

1556 - 1643, Danemark

Catalogue d'étoiles et position des planètes

sœur de Tycho Brahe



horticultrice, pharmacienne
astronome

assiste son frère

- observations
- rédaction catalogue

Détaille la position des planètes sur le fond des étoiles, ce qui a permis à Johannes Kepler de vérifier ses lois du mouvement planétaire



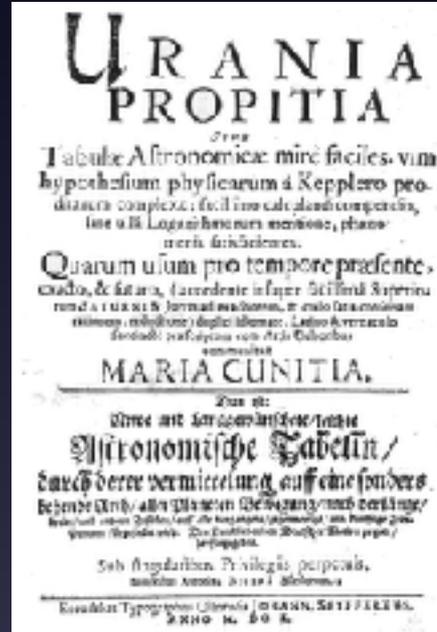
Contributrices à l'astronomie

Catherine Hevelius
(1646-1693)



Catalogue d'étoiles
(1564 positions)
publié en 1690

Maria Cunitz
(1610-1664)



version simplifiée des
tables Rudolphines de
Kepler

Maria Kirch
(1670-1720)



Comète C/1702 H1
conjonction Jupiter-
Saturne
Refuse un poste d'astronome !

Émilie du Châtelet (1706-1749) savante érudite



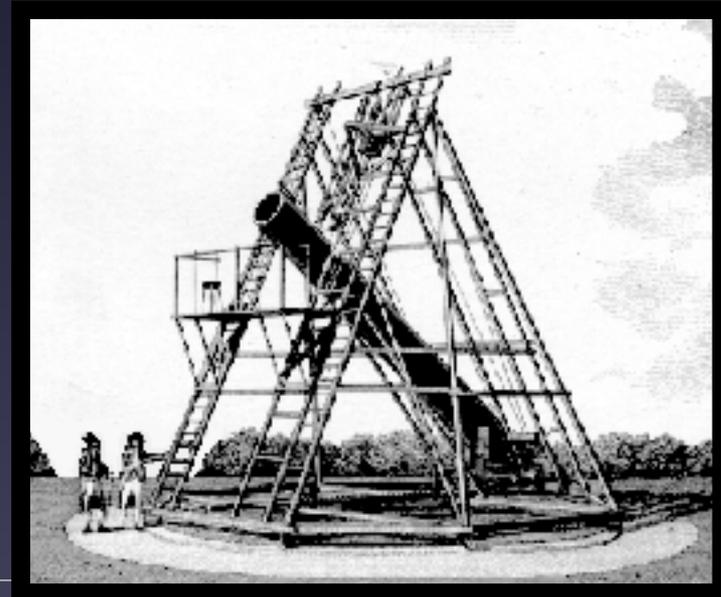
Caroline Herschel

1750-1848, Hanovre, Allemagne

Catalogue d'Herschel ...



- Caroline assiste William, son frère
 - ▶ construction télescope.
 - ▶ observation par William, Caroline prend les notes, les met en forme
- ➔ catalogue d'Herschel.

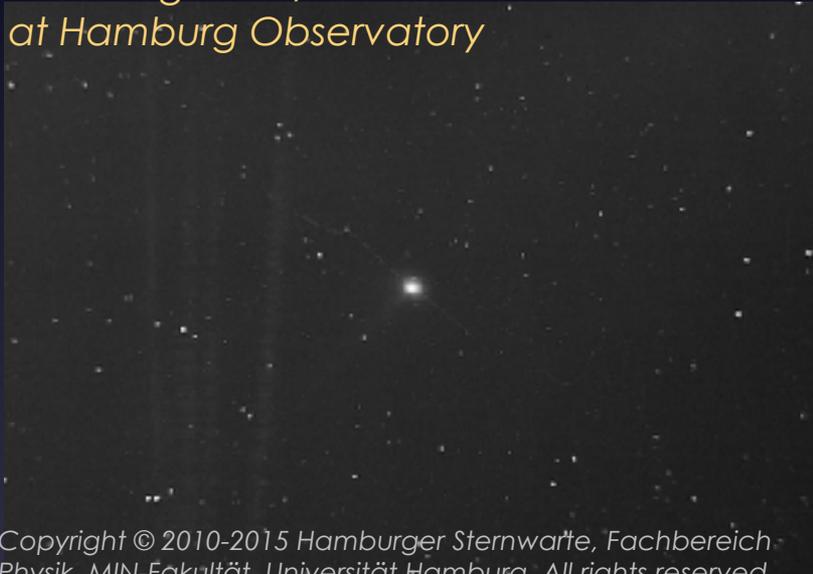




Caroline Herschel

Catalogue d'Herschel et comètes

1939 August 15/16 with the 1-m reflector
at Hamburg Observatory



Copyright © 2010-2015 Hamburger Sternwarte, Fachbereich
Physik, MIN-Fakultät, Universität Hamburg. All rights reserved.

- Découvre 8 comètes,
 - 6 portent son nom.
dont la comète périodique
35P / Herschel-Rigollet
 - Première femme à être payée
pour faire de l'astronomie
 - Membre honoraire de la Société
Royale d'Astronomie
-
- Retourne à Hanovre après la mort de son frère
 - John Herschel a continué/complété le catalogue.
 - Elle a refait le catalogue pour satisfaire son neveu.



Une autre Carolynne dévouée

Carolynne Schoemaker (1929-...)

Une aide domestique contemporaine

Femme d'un géophysicien (et astronome)

Recherche d'astéroïdes proches de la terre
en étudiant les photos du ciel

Puis fait ses propres observations



juillet 1994

30 comètes,
900 astéroïdes,
un record !

Shoemaker-Levy 9



Carolynne Schoemaker et le télescope de Schmidt de 46 cm de l'observatoire du Mont Palomar

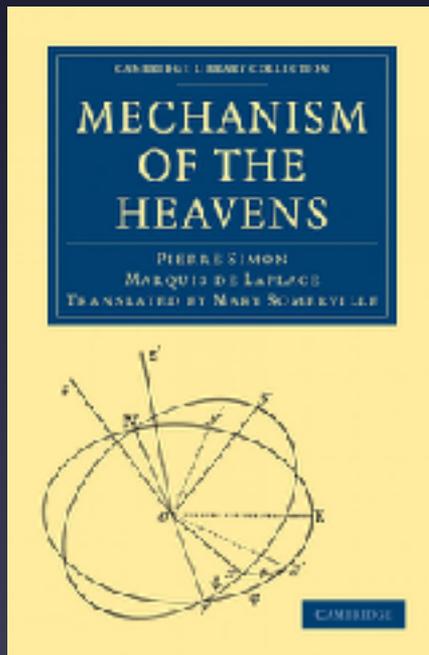


Mary Somerville

1780-1872, Écosse

Une autodidacte !

Elle traduit « La mécanique céleste »
de LaPlace en Anglais



Livre qui a eu un impact important (base pour calcul des perturbations d'Uranus)



La reine des sciences du XIXe siècle



Le XIX siècle

Les femmes ont peut-être un cerveau !

Elles peuvent faire des tâches répétitives, qui demandent de la patience :

- Nomenclature de la lune
- Comètes et astéroïdes
- Etoiles variables
- Taches solaires ! (observation de jour + habileté au dessin)

Création d'universités pour femmes.

Seul moyen pour suivre une formation en science

Universités qui n'accueillaient que des filles : Radcliffe College, Wellesley College, Mount Holyoke College, dans le Massachusetts, ou le Vassar College, dans l'État de New-York.



Maria Mitchell

Première professeure d'astronomie aux États-Unis

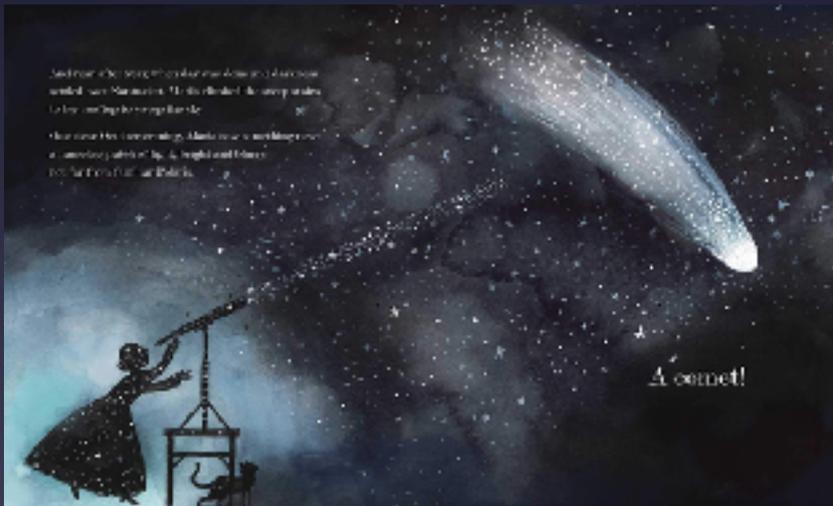
1818-1889

première femme à appartenir

- à l'Académie américaine des arts et des sciences en 1848
- à l'Association américaine pour le progrès scientifique en 1850,

3eme femme à découvrir une comète, C/1847 T1

« Miss Mitchell's Comet ».





L'ÈRE DES CALCULATRICES

DU XVIIIÈ AU DÉBUT DU XX SIÈCLE

LE HAREM DE PICKERING



Une calculatrice renommée

Nicole Reine Lepaute

1723-1788

calculatrice et astronome française

Mari horloger : calcul des tables d'oscillations
du pendule

L'astronome Jérôme Lalande rencontre
les Lepaute



Assistante zélée de Lalande et du mathématicien
Alexis Clairaut

longs calculs - prédiction du retour de la comète
de Halley en 1759

principal auteur de nombreuses éphémérides
astronomiques et nautiques

Calculatrice pour la Connaissance des Temps, carte de visibilité de l'éclipse
annulaire de Soleil du 1er avril 1764



Catalogue d'étoiles

Observatoire de Harvard

Edouard Pickering : Astronome Américain

→ directeur de l'Observatoire de Harvard.

Son projet : catalogue stellaire, basé sur des données photographiques, classement des étoiles

Moyens : donateurs

Henry Draper Memorial :
catalogue, classement des étoiles selon leur spectre

HIP 25816 - SAO 40387 - HD 36040 - HR 1824

Magnitude: 5.95 (atténué à: 6.09) :

AD/Déc (J2000.0): 5h30m48.66s/+41°27'42.4"

Al/Déc: 1h47m36.52s/+41°28'39.9" (apparent)

Az./Haub.: +268°17'48.4"/+70°10'30.8" (apparent)





Le « Harem » de Pickering

Des assistantes « pratiques »



« Capables de réaliser autant de bon travail routinier que les hommes, qui ont des salaires importants. Pour le même montant, trois à quatre fois plus d'assistantes peuvent être employées »



Les astronomes d'Harvard

Des assistantes « pratiques »



Fotografías de los archivos de la Universidad de Harvard



1925



Fotografías de los archivos de la Universidad de Harvard

Au moins 80 femmes rejoindront l'Observatoire



Les astronomes d'Harvard



Parmi lesquelles de brillantes astronomes :
Williamina Fleming (1) Annie Jump Cannon (2)
Henrietta Swan Leavitt (3) et Antonia Maury (4)

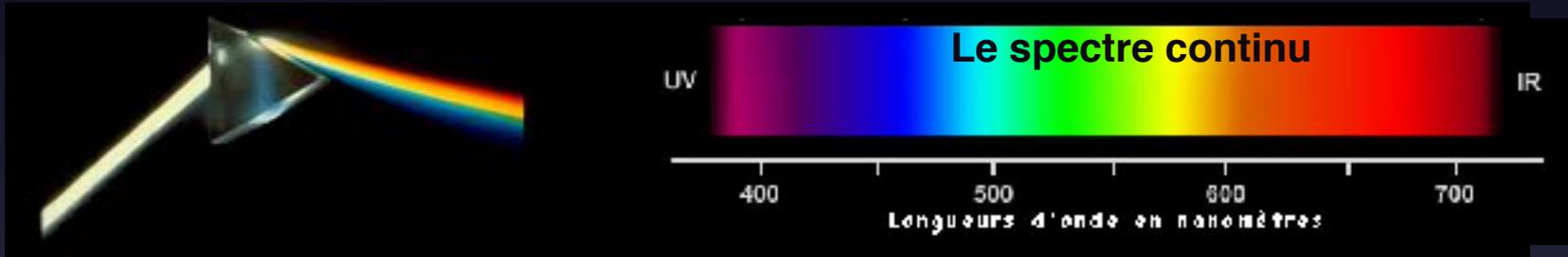
Williamina Fleming, Antonia Maury et Annie Cannon : se distinguent par leur contribution à la **classification spectrale des étoiles**



Spectroscopie stellaire

Emission et absorption de lumière

Décomposition de la lumière blanche



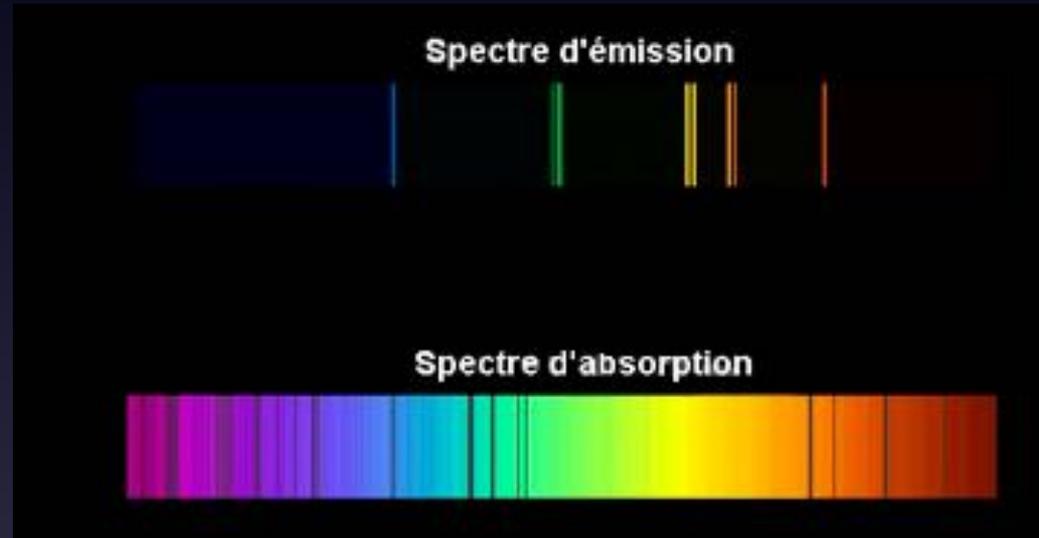
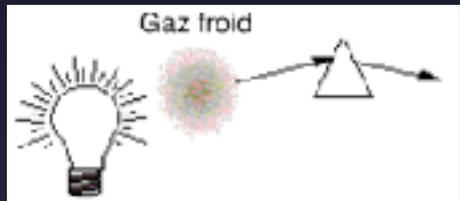
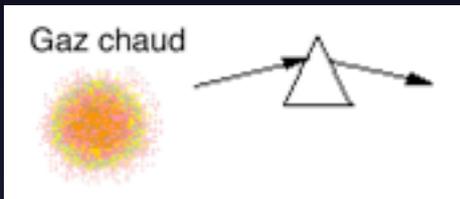
Spectre du soleil entre 600 et 700 nm



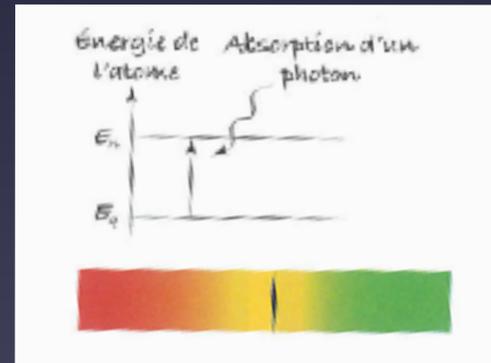
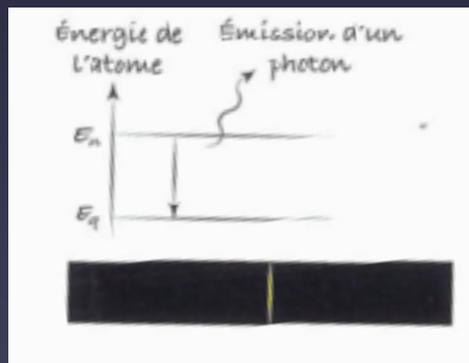


Spectroscopie stellaire

Decomposition de la lumière des étoiles



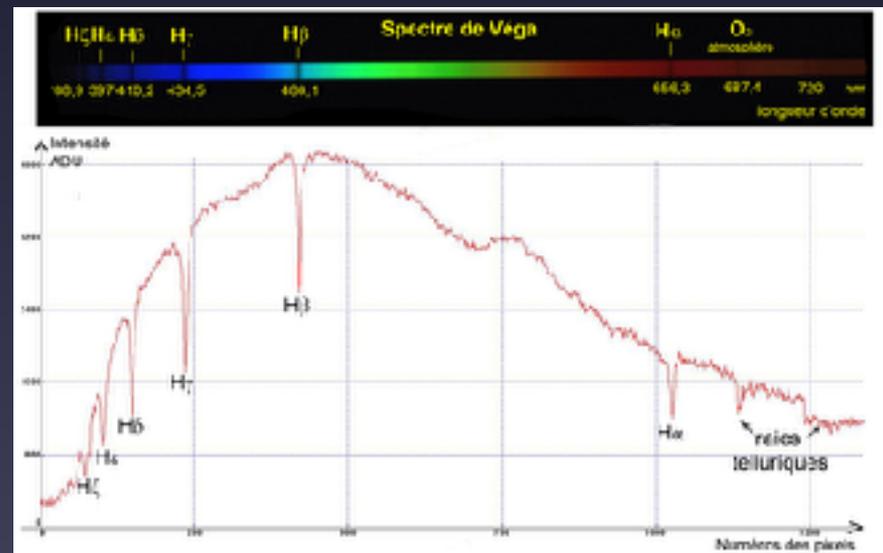
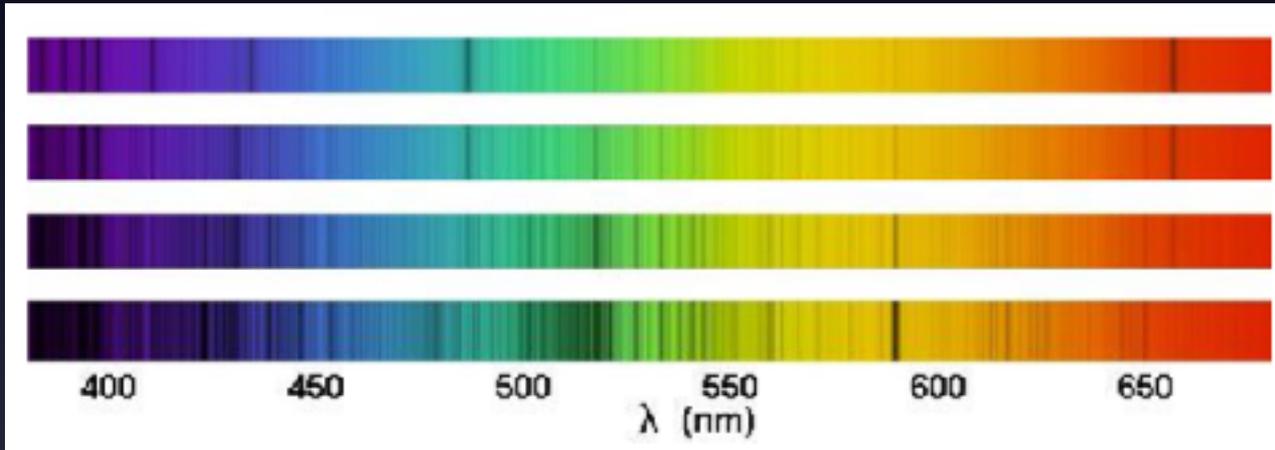
Chaque ligne : signature d' 1 et un seul élément chimique dans un et un seul état physique





Spectroscopie stellaire

Code barre des étoiles





Williamina Fleming

(1857-1911)

Une première classification

De domestique.....à la classification de 10000 étoiles !!!

14 groupes de A à O (sauf J)
+2 classes P et Q (atypiques)
repose sur la mesure de
l'intensité des raies de
l'hydrogène

*Draper Catalogue of Stellar
Spectra (1890)*



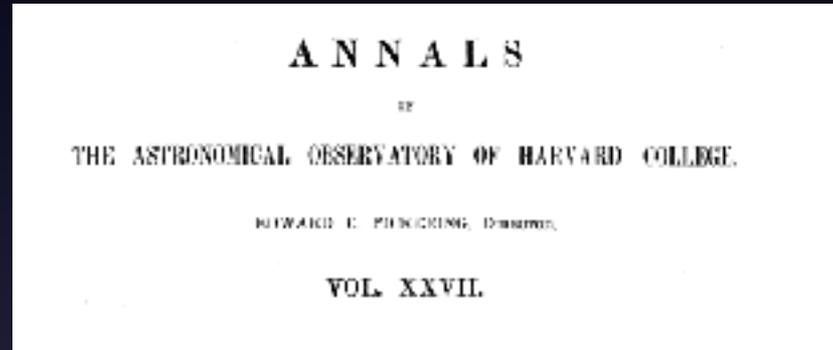
- responsable de l'équipe des calculatrices puis du recrutement.
- En 1899 : conservatrice des photographies astronomiques d'Harvard
- Responsable des publications de l'observatoire.



Williamina Fleming

Catalogue Henry Draper de 1890

365 pages



The first of the photographs discussed in this volume were taken by Mr. H. Helm Clayton, the later ones by Mr. Willard P. Gerrish; those taken during the latter part of the night by Mr. R. W. Gifford. The reduction of the plates was begun by Miss N. A. Farrar, but the greater portion of this work, the measurement and classification of all the spectra, and the preparation of the Catalogue for publication, has been in charge of Mrs. M. Fleming. Misses F. Cushman, E. Gill, E. F. Leland, A. E. Masters, J. T. Rugg, M. C. Stevens, L. D. Wells and L. Winlock have at different times aided in the numerical computations and clerical work.





Williamina Fleming

Des découvertes !

dix novae,
cinquante-neuf nébuleuses
dont la **Tête de Cheval** !
environ 300 étoiles variables.

- *A Photographic Study of Variable Stars* (1907)
- *Stars Having Peculiar Spectra* (1912).



1ère américaine à être membre Honoraire de la Royal Astronomical Society (1906)

Sans véritable reconnaissance, tout juste une médaille d'or de la Société Astronomique du Mexique !!



Les Volutes de Fleming

APOD, 10 novembre 2017



Williamina Fleming's Triangular Wisp

Image Credit & Copyright: [Sara Wager](#)



Antonia Maury

(1866-1952)

Amélioration du catalogue de Williamina Fleming

Nièce de H. Draper, et « rebelle »

Diplômée en 1887, sous la tutelle de l'astronome Maria Mitchell.



Etude de spectres haute résolution d'étoiles brillantes, hémisphère nord



Antonia Maury

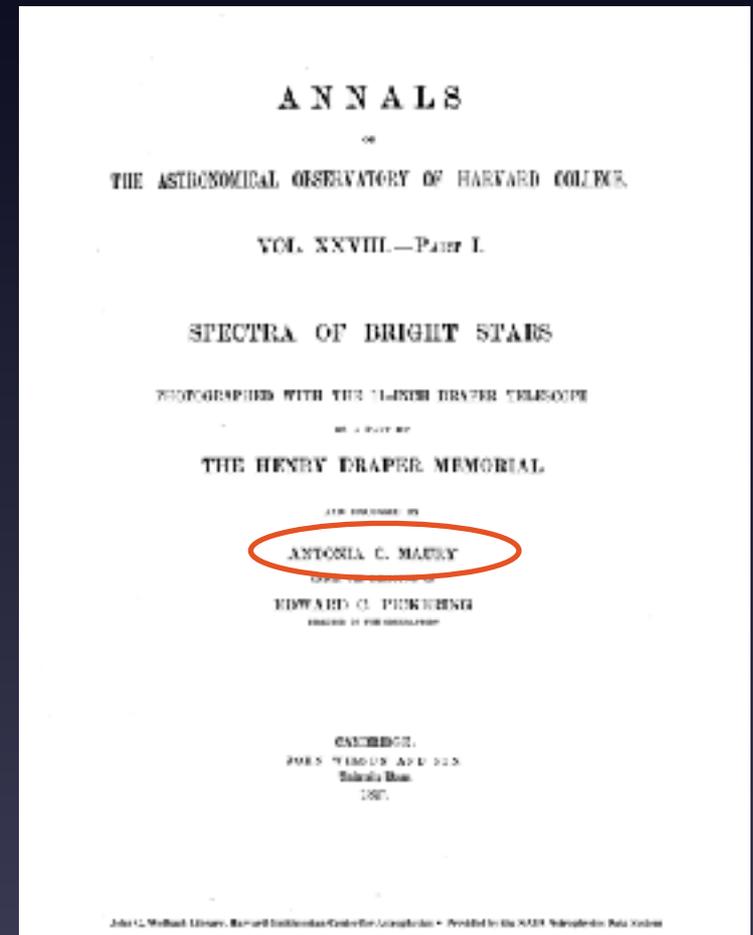
Amélioration du catalogue de Williamina Fleming

Classification différente et bien plus fine, adaptée à la grande qualité des spectres

Lettres remplacées par des chiffres romains (22 classes) et 3 classes en subdivision (a,b,c)

Rejetée par Pickering

Mais 2 défenseurs de ce système
Hertzsprung et Russell





Antonia Maury

Etude des étoiles binaires

Avec Pickering

Mizar A, β Aurigae : présentent parfois des raies doubles

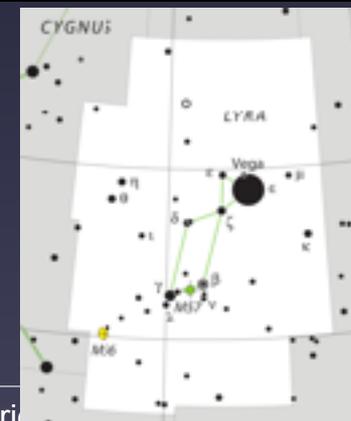
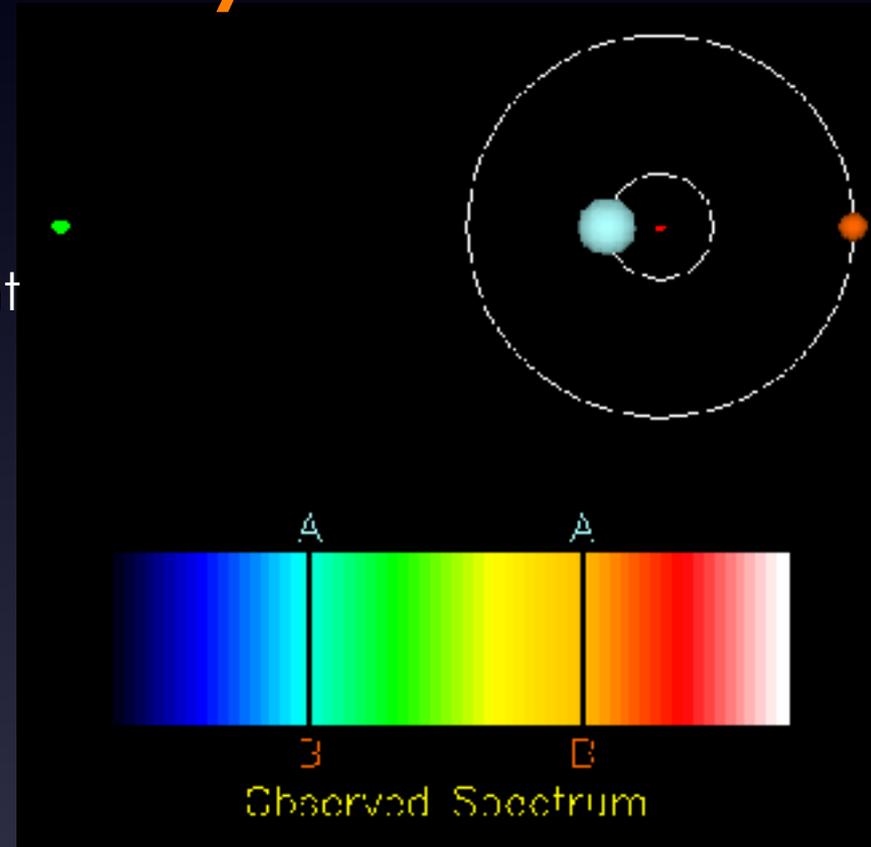
Dédoublement périodique

→ deux binaires spectroscopiques

en 1922 : responsable du musée « Henri Draper »



Prix Cannon à 77 ans !





Annie Cannon

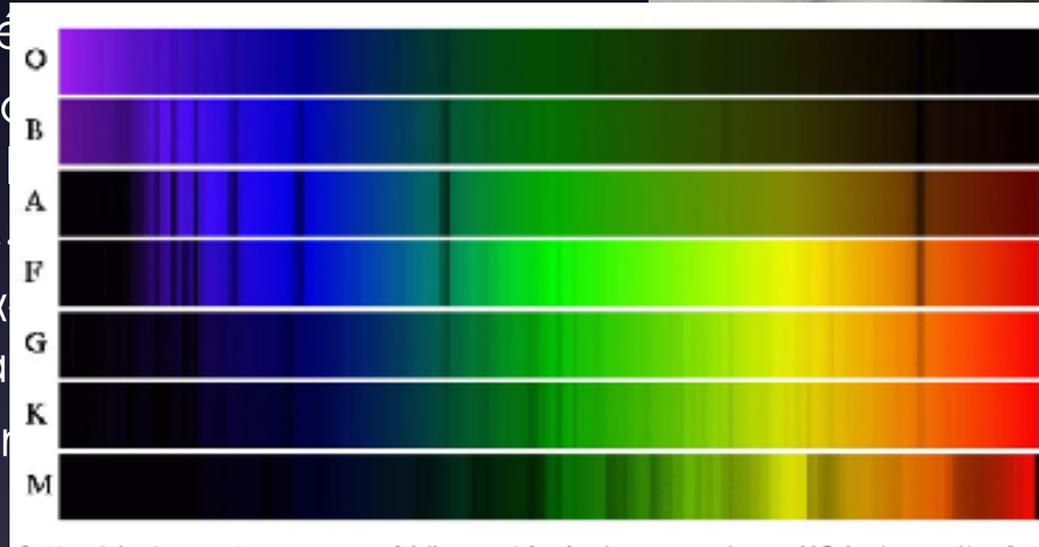
(1863 -1941)

Troisième classification

Etude des étoiles australes.

Version améliorée

- réarrange l'ordre en une suite plus logique : O B A F G K M
- subdivise ces classes en 10 sous-classes
→ toujours en



Etoiles variables

1903: premier catalogue de 1 227 étoiles

1907: second de 3 748 étoiles, dont 2 909 découvertes à Harvard par le « harem de Pickering » . 277 découvertes par elle-même.



Annie Cannon

Révision du catalogue Henry Draper

Ajout de 50 000 étoiles de magnitudes inférieures à 9

Examen des plaques photo (spectres)

Identification du type

Annonce à une assistante



Environ 5000/mois au début, jusqu'à 3/mn



Au total 225300 étoiles
Données spectrales de tout
le catalogue Draper (9
vol.) classées par une seule
personne !

Grande homogénéité !



Annie Cannon

Reconnaissance... tardive

Extrêmement appréciée, reconnaissance mondiale (6 diplômes honorifiques), prix, dont Draper Award...mais elle n'avait pas de poste. Dans la communauté, ça rouspette...

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 ».

27 ans plus tard : poste d'astronome... à 75 ans !

Et sa lettre de nomination commence par « Dear Sir ».

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



Cecilia Payne-Gaposchkin

(1900-1979).

Explication du classement empirique des étoiles

Anglaise, doctorat aux US

explication de OBAFGKM :
effet de température

- Etoiles O : les plus chaudes, bleues, massives
- Etoiles M : les plus froides, rouges, seuls métaux visibles



Hydrogène dans les étoiles

Toutes les étoiles : surtout composés d'hydrogène

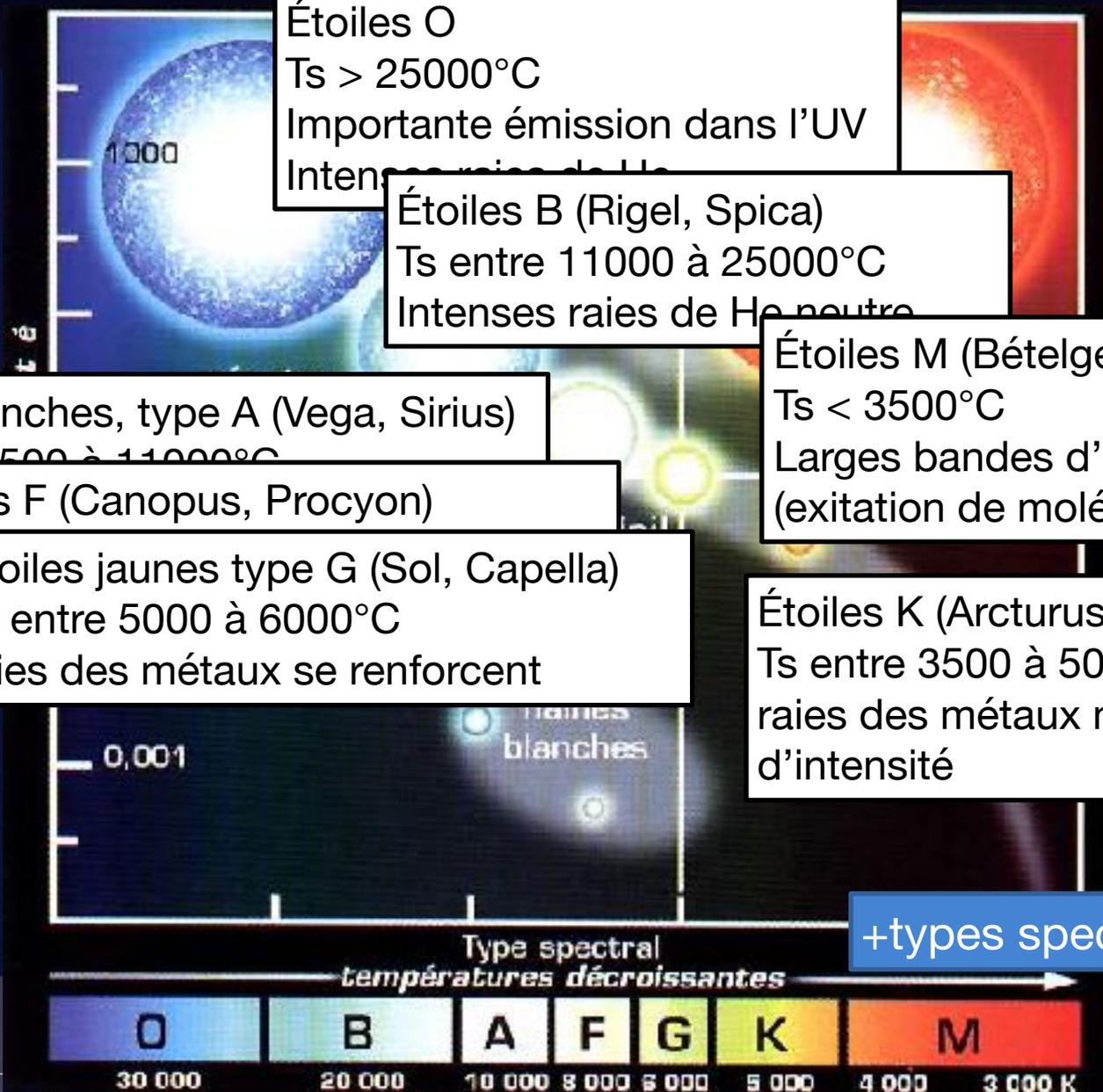
D'abord rejeté, puis repris à son propre compte par H. Russell

Otto Struve considère sa thèse comme
« *sans aucun doute la thèse de doctorat la plus brillante jamais écrite en astronomie* ».

1956: prof astro
Harvard



Diagramme HR



Étoiles O
 Ts > 25000°C
 Importante émission dans l'UV
 Intenses raies de H α

Étoiles B (Rigel, Spica)
 Ts entre 11000 à 25000°C
 Intenses raies de H neutre

Étoiles M (Bételgeuse, Antarès)
 Ts < 3500°C
 Grandes bandes d'absorption
 (excitation de molécules)

Étoiles blanches, type A (Vega, Sirius)
 Ts entre 7500 à 11000°C
 raies de H β

Étoiles F (Canopus, Procyon)
 Ts entre 6000 à 7500°C
 raies de H γ

Étoiles jaunes type G (Sol, Capella)
 Ts entre 5000 à 6000°C
 raies des métaux se renforcent

Étoiles K (Arcturus, Aldebaran)
 Ts entre 3500 à 5000°C
 raies des métaux maximum
 d'intensité

+types spectraux rares



Diagramme HR

Classification des étoiles : la tache continue

Hert

Lumi

10^6

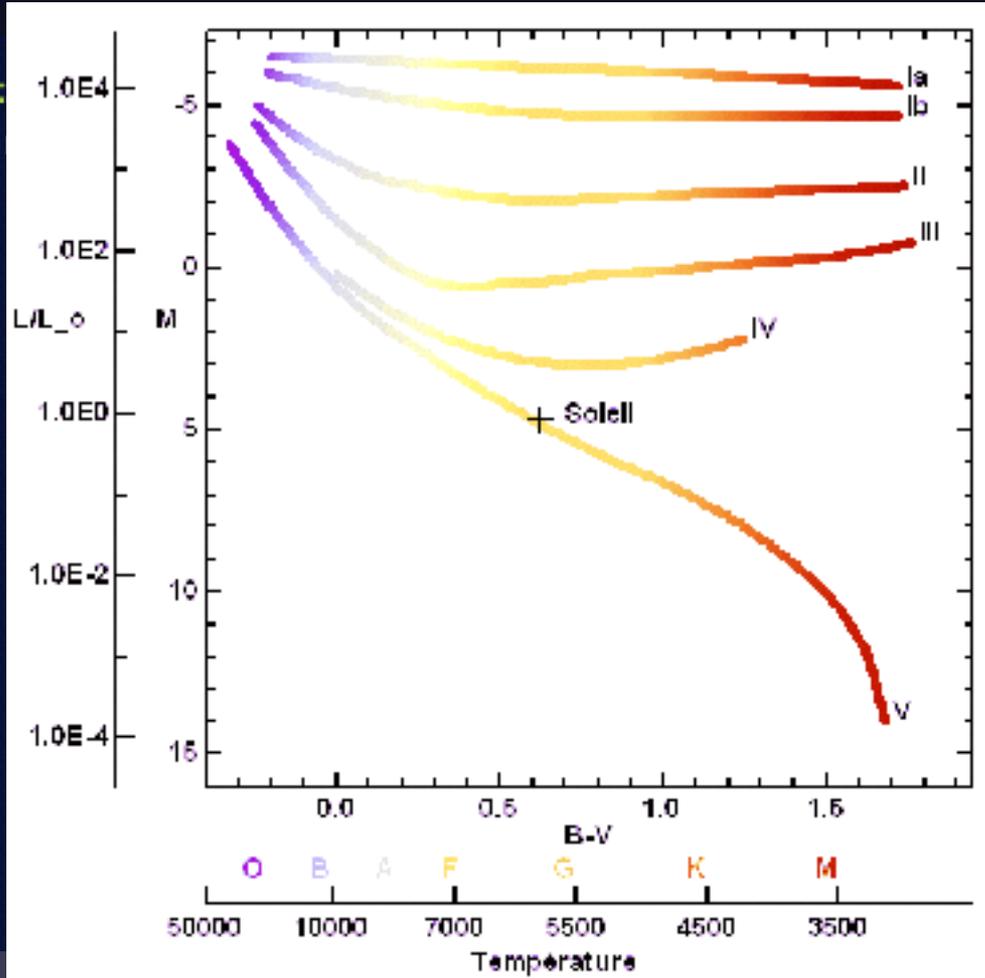
10^4

10^2

1

10^{-2}

10^{-4}



Système MKK

Ajout de classes de luminosité aux types spectraux

De I à V

Depuis 1973, Nancy Houk reclasse les étoiles du catalogue HD dans le système MKK

erry Night
SEARCH



Henrietta Swan Leavitt

(1868-1921).

Photométrie stellaire

Une astronome très discrète !

-1895 : **assistante bénévole** à l'observatoire d'Harvard

-1902 : membre permanent

Mesure de la **luminosité des étoiles** des nuages de Magellan.

Etude de clichés pour identifier des étoiles variables

Découvre 2400 étoiles de luminosité variable



Spécialiste de photométrie stellaire => liste de « standards » dans 108 régions du ciel

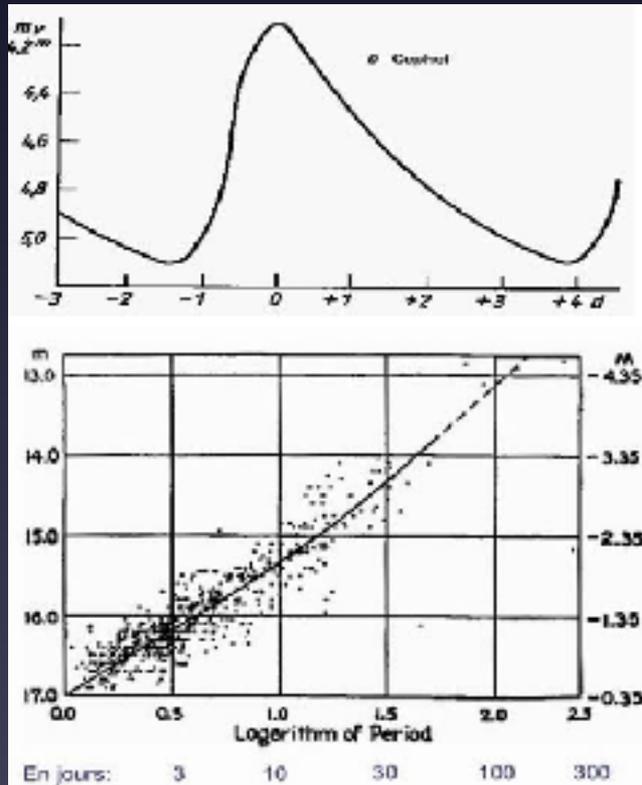


Henrietta Swan Leavitt

Catalogue de variables (1908)

1777 dans les nuages de Magellan

Relation période-luminosité



1777 VARIABLES IN THE MAGELLANIC CLOUDS.

By HENRIETTA S. LEAVITT.

In the spring of 1904, a comparison of two photographs of the Small Magellanic Cloud, taken with the 24-inch Bruce Telescope, led to the discovery of a number of faint variable stars. As the region appeared to be interesting, other plates were examined, and although the quality of most of these was below the usual high standard of excellence of the later plates, 57 new variables were found, and announced in Circular 79. In order to furnish material for determining their periods, a series of master plates, having exposures of from two to four hours, was taken with the Bruce Telescope the following autumn. When they arrived at Cambridge, in January, 1905, a comparison of one of them with an early plate led immediately to the discovery of an extraordinary number of new variable stars. It was found, also, that plates taken within two or three days of each other, could be compared with equally interesting results, showing that the periods of many of the variables are short. The number thus discovered, up to the present time, is 365. Adding to these 53 previously known, the total number of variables in this region is 928. The Large Magellanic Cloud has also been examined on 18 photographs taken with the 24-inch Bruce Telescope, and 808 new variables have been found, of which 162 were announced in Circular 82. As much time will be required for the discussion of these variables, the provisional catalogue given below have been prepared.

The labor of determining the precise right ascensions and declinations of nearly eighteen hundred variables and several hundred comparison stars would be very great, and as many of the objects are faint, the resulting positions could not readily be used in locating them. Accordingly, their rectangular coordinates have been employed.

Son commentaire : « il est intéressant de noter dans la table VI que les variables les plus lumineuses ont des périodes plus grandes »



Henrietta Swan Leavitt

Découverte de « chandelles standard »

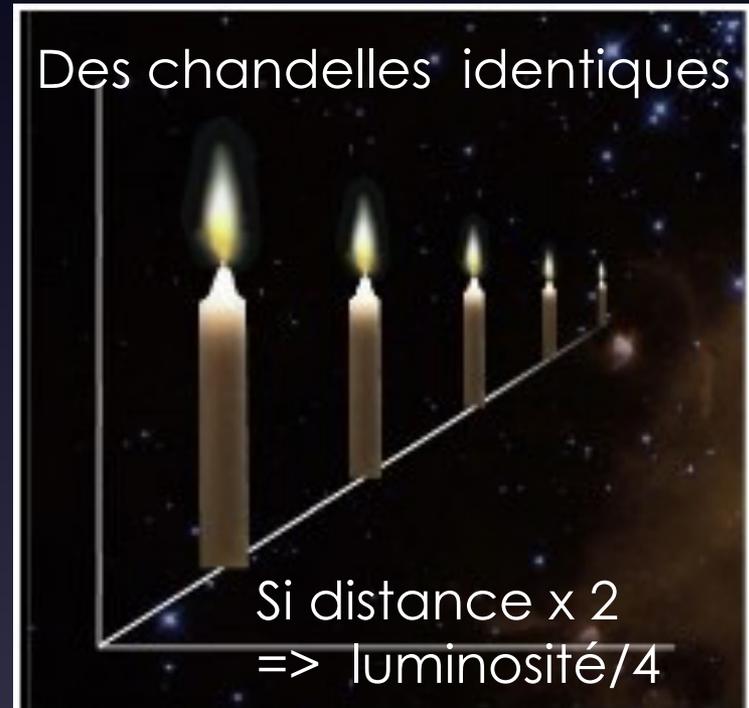
« Comme les variables sont probablement à la même distance de la Terre, leur période est apparemment associée à leur émission de lumière réelle, déterminée par leur masse, leur densité et leur brillance de surface. [...] il faut espérer aussi que les parallaxes de quelques variables de ce type pourront être mesurées »

Luminosité **apparente** d'un ensemble d'étoiles à ~même distance de la terre.

Quelle est leur luminosité **absolue** ?

Pour calibrer le système, il faut déterminer la distance de chandelles du même type, plus proches

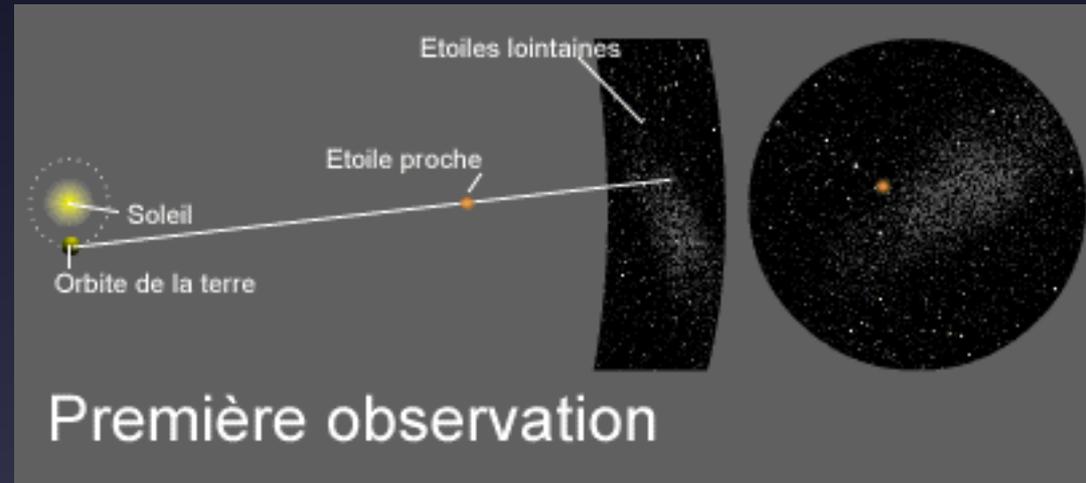
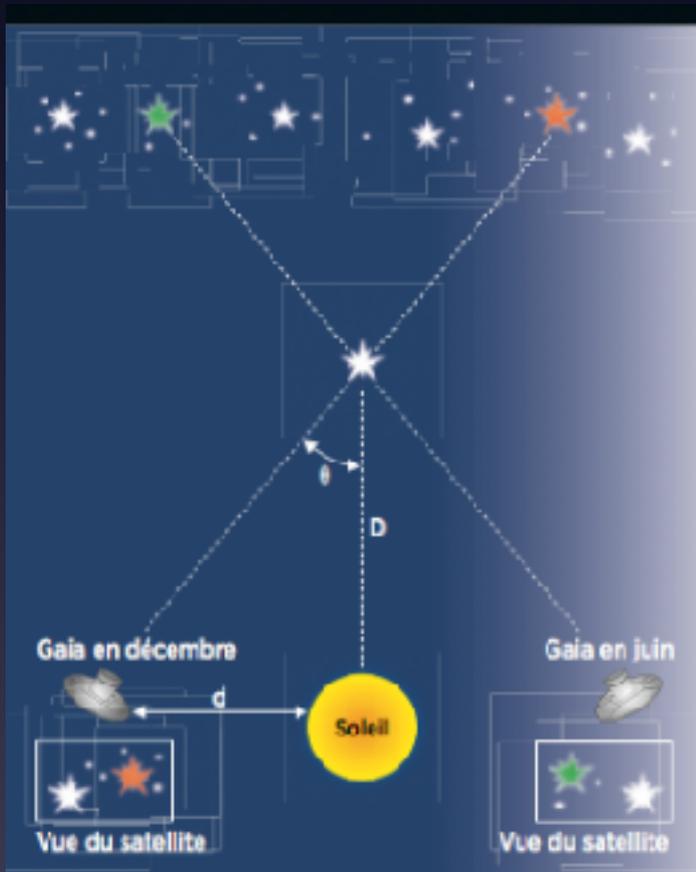
Par exemple : méthode de la parallaxe





Méthode de la parallaxe

Pour les objets « proches »





Portée du travail de Henrietta Leavitt

Chandelles standard + « loi de Leavitt »

Henrietta Leavitt ne fera pas l'étalonnage, Pickering lui donne une autre tâche...

Hertzsprung, Shapley. : 1ers étalonnages (entachés d'erreur)

Le soleil n'est pas au centre de la galaxie...

Andromède est une autre galaxie,
la Voie lactée n'est qu'une galaxie
parmi d'autres !

L'univers est en expansion. : Loi de Hubble-Lemaitre



Elle ne reçut aucune distinction honorifique



Dorothea Klumpke

(1861-1942)

Projet « carte du ciel »

Astronome américaine

1893: 1^{ere} femme docteur ès sciences.

Direction du bureau des mesures
de l'Observatoire de Paris

Membre de la SAF



RÉUNIONS DU MOIS D'AVRIL
A L'OBSERVATOIRE DE LA SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE
Hôtel des Sociétés Savantes, 28, Rue Serpente, Paris
De 5 h. 1/2 à 10 h. 1/2 du soir

Mercredi 5 avril.....	M ^{me} D. KLUMPKÉ, <i>réunion faite plus spécialement pour les dames.</i>
Vendredi 14 avril.....	M. F. VACA.
Mercredi 19 avril.....	M. F. QUÉNISSET.
Mercredi 26 avril.....	M. E. TOUCHET.
Vendredi 28 avril.....	M. L. REEAUX.
Lundi 1 ^{er} mai.....	M. MAURICE BALLOT.



Edmée Chandon

(1885 – 1944)

Première femme astronome française

nommée aide astronome le 1er mars 1912.

Par arrêté en date du 28 février dernier, Mlle Edmée Chandon a été nommée aide-astronome et attachée, à dater du 1^{er} mars, à l'Observatoire de Paris.

Cette jeune femme, la première qui soit admise officiellement comme astronome dans un observatoire français. — Mlle Dorothea Klumpke avait été simplement autorisée à faire de l'astronomie à l'Observatoire. — est née à Paris d'un père parisien et d'une mère lorraine, appartenant à une vieille famille universitaire.

Mlle Chandon est bachelier ès lettres et ès sciences, et a conquis à la Sorbonne son diplôme de licence après les plus brillants examens de mathématiques et de physique. Elle prépare actuellement son doctorat. Reçue première au concours d'agrégation de mathématiques en 1908, elle aurait pu se faire une place brillante dans l'enseignement, mais une vocation manifestée dès l'enfance l'attirait vers l'astronomie. Au mois d'octobre suivant, elle obtenait d'entrer comme stagiaire à l'Observatoire de Paris, où ses aptitudes très marquées et l'activité dont elle fit preuve au service méridien comme observateur de jour lui ont valu, sur la proposition unanime du conseil de l'Observatoire, la nomination d'aide-astronome.





A suivre...

D'autres femmes astronomes

- Margaret Burbidge (forges stellaires)
- Ruby Violet Payne-Scott (radioastronomie, tâches solaires)
- Vera Rubin (matière noire, entre autre !)
- Susan Jocelyn Bell Burnell (pulsars)
- Katherine Johnson (« calculatrice » à la NASA)
=> Dans un prochain exposé !

Pour conclure cette partie

Top 6 de cratères lunaires à explorer

(Il y en a plus, mais on ne peut pas les observer)

Nommés en l'honneur de femmes astronomes

+ astéroïdes ou cratères sur Vénus....



Des cratères lunaires

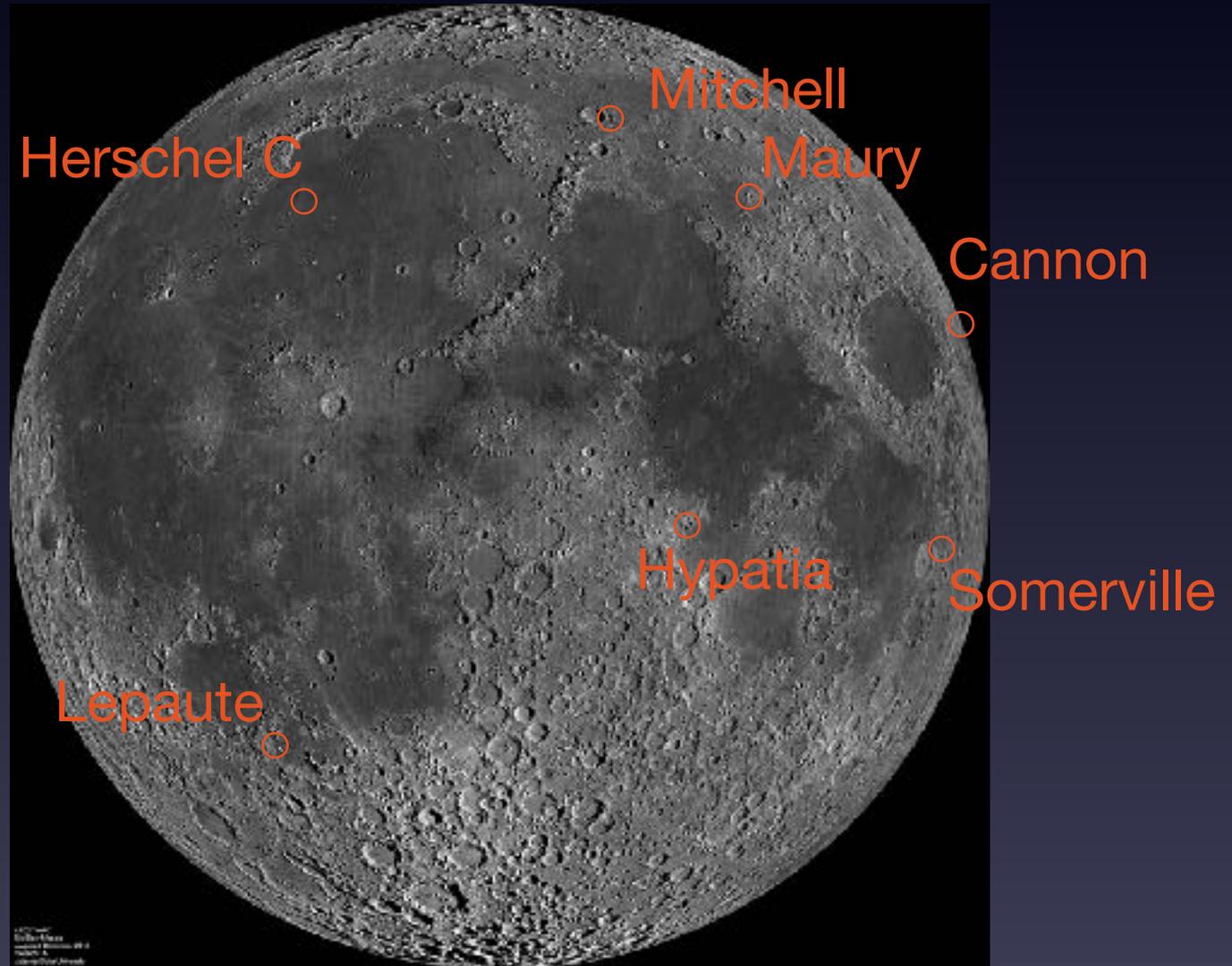
9 cratères, 6+1 visibles

Tableau 1

	Lat.	Lon.	Size (km)
Hypatia	4.3° S	22.6° E	36,0
Herschel C.	34.5° N	31.3° W	14,0
Somerville	8.4° S	65.0° E	17,0
Mitchell	49.8° N	20.2° E	32,0
Lepaute	33.3° S	33.7° W	16,0
Fleming	14.91°N	109.28°E	126,4
Maury	37.1° N	39.7° E	17,0
Cannon	19.88 °N	81.36 °E	57,6
Leavitt	44.8°S	139.3°W	66.3



Sur la face visible

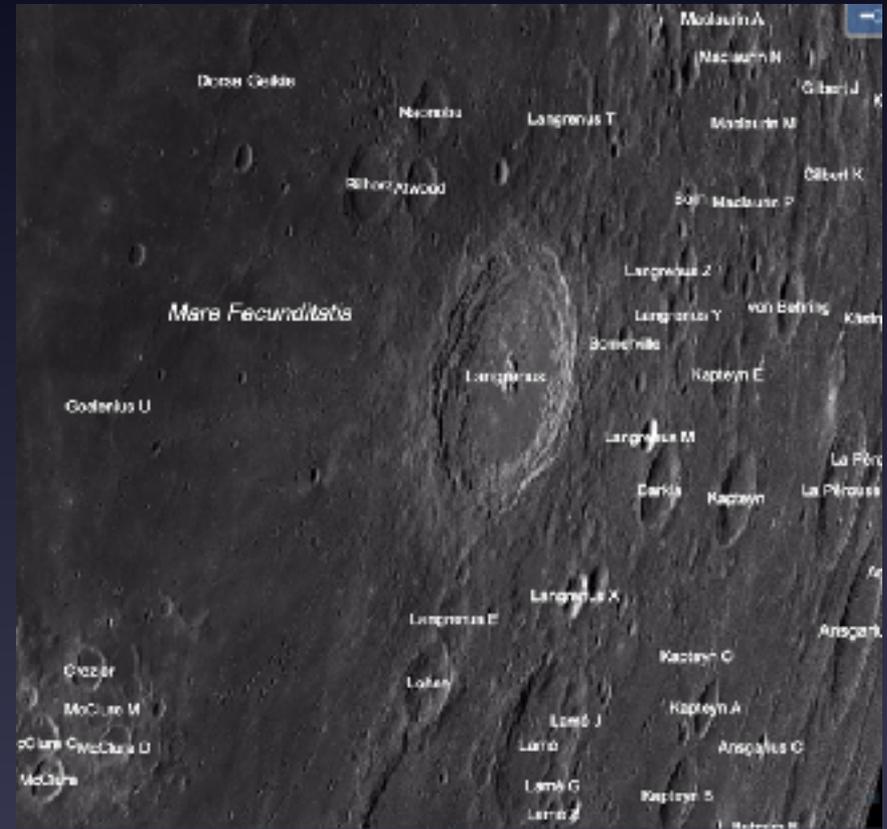
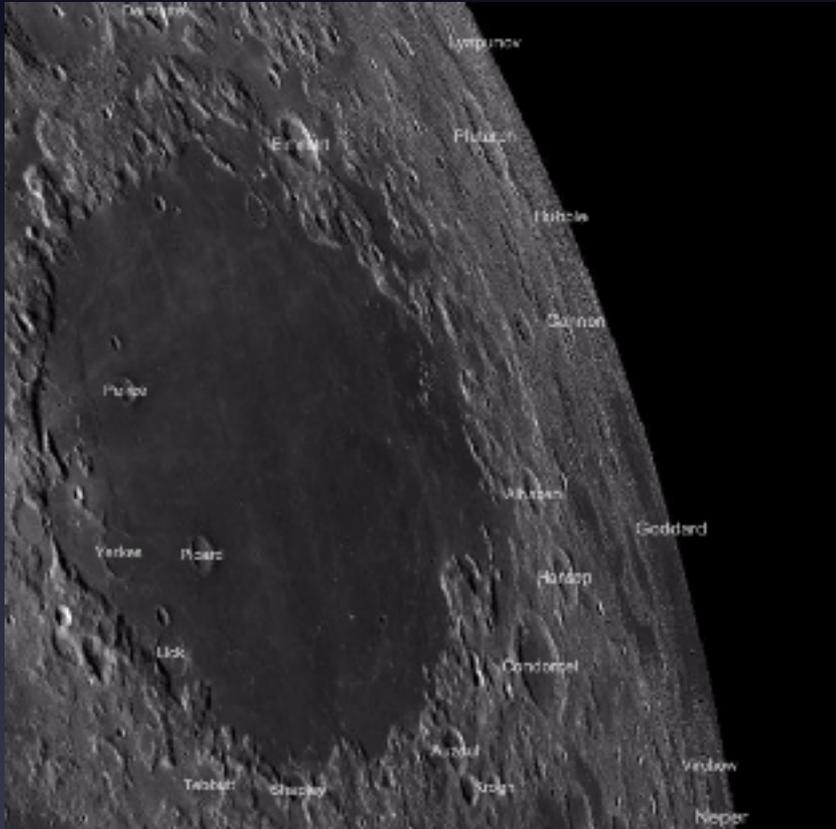




Sur la face visible

1-1,5j 2%. ex: 25 mars, 18h30.

2 - 2,5j 5%. ex: 26 mars,





Sur la face visible

4,5 j. 17%. ex: 28 mars,

5,5j 25%. ex: 29 mars,





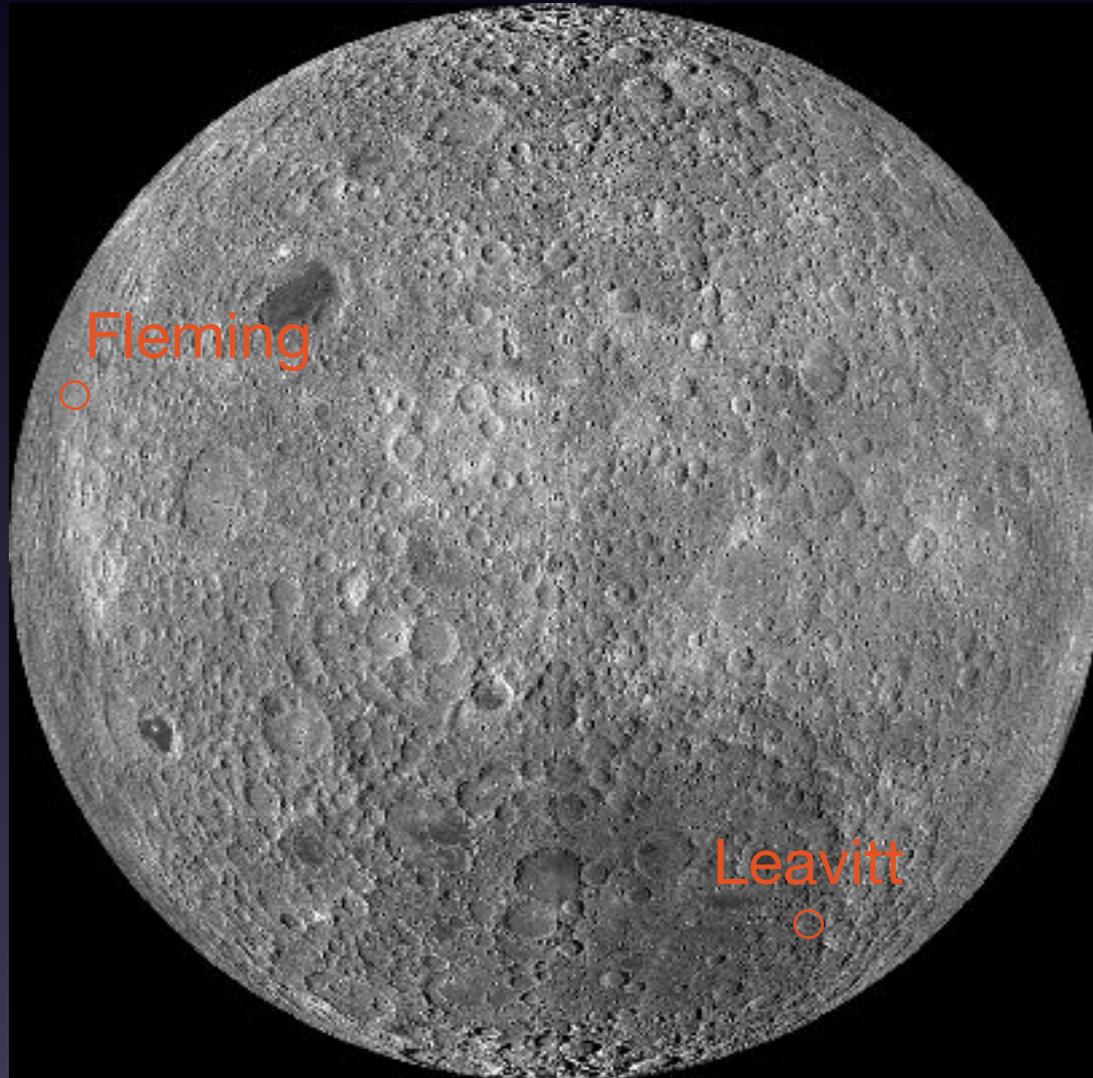
Sur la face visible

6,5j 34%. ex: 30 mars,



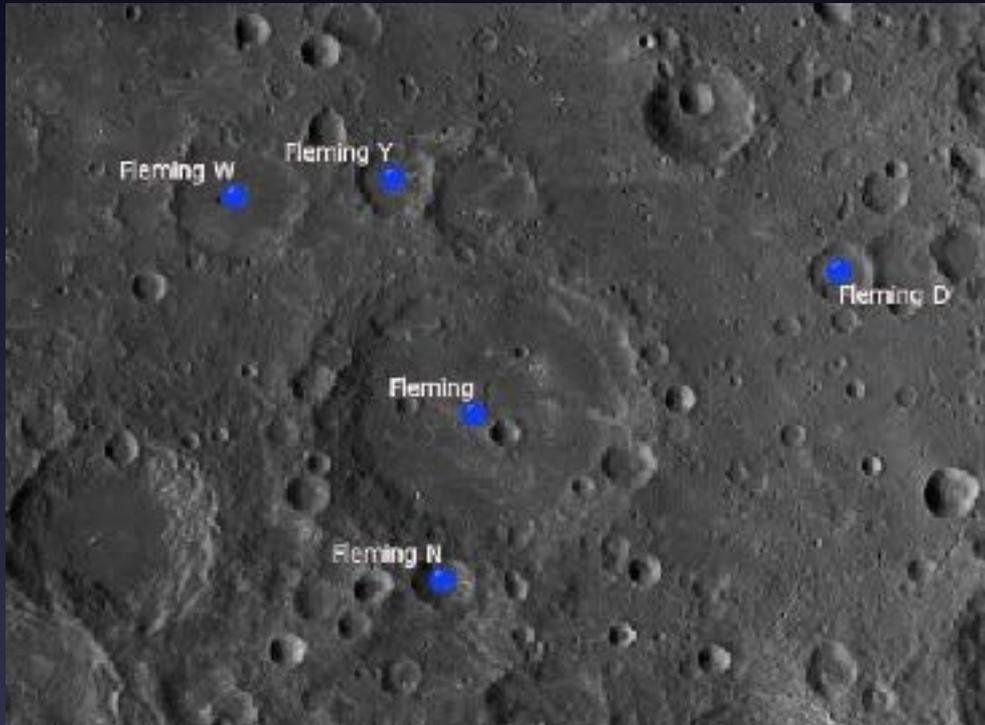


Sur la face cachée





Sur la face cachée





MERCI
POUR ELLES
DE VOTRE ATTENTION !