FEMMES SAVANTES

Quelle a été
la place des femmes
dans l'histoire des sciences?

par Martine Tomasini

Jeudi 11 Octobre 2007

Salle de conférence du Lycée Ismael Dauphin

ATOM productions

Avant de commencer

Un peu de littérature…

A tout seigneur tout honneur, voici quelques extraits de textes de **Molière**.

En 1662, dans « **L'école des femmes** » déjà, Molière caricature la condition de la femme par rapport au mariage :

Dans l'acte III, scène II, Arnolphe donne lire à Agnès les Maximes du mariage.
Voici la 7ème maxime par laquelle la femme doit être tenue à l'écart de toute connaissance:
« *Dans ses meubles, dut-elle en avoir de l'ennui,*
Il ne faut écritoire, encre, papier, ni plume,
Le mari doit, dans les bonnes coutumes,
Ecrire tout ce qui s'écrit chez lui. »

Dix ans plus tard, il crée « **Les femmes savantes** ». Dans cette pièce, à travers une intrigue banale, Molière peint la condition de la femme par rapport à la culture et à la science. Pour autant, il ne réclame pas le droit des femmes à l'instruction et ses trois femmes savantes (Philaminte (la mère), Bélise (la tante) et Armande (la sœur), opposées à Henriette (la raisonnable amoureuse de Clitandre) et à Chrisale (le père), s'apparentent aux Précieuses Ridicules.

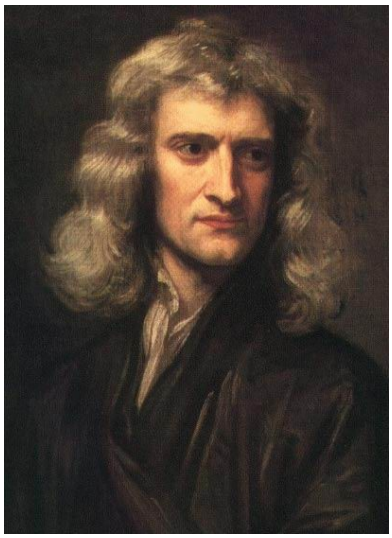
Ecoutons les.

Acte II scène VII Chrisale à Bélise

Vos livres éternels ne me contentent pas.
Et hors un gros Plutarque à mettre à mes rabats,
Vous devriez brûler tout ce meuble inutile,
Et laisser la science aux docteurs de la ville ;
M'ôter pour bien faire du grenier de céans
Cette longue lunette à faire peur aux gens,
Et cent brimborions dont l'aspect importune ;
Ne point aller chercher ce qu'on fait dans la Lune,
Et vous mêler un peu de ce qu'on fait chez vous,
Où nous voyons aller tout sens dessus dessous.
Il n'est pas bien honnête, et pour beaucoup de causes,
Qu'une femme étudie, et sache tant de choses.
Former aux bonnes mœurs l'esprit de ses enfants,
Faire aller son ménage, avoir l'œil sur ses gens,
Et régler la dépense avec économie,
Doit être son étude et non la philosophie.
Nos pères sur ce point étaient des gens bien sensés,
Qui disaient qu'une femme en sait toujours assez,
Quand la capacité de son esprit se hausse
A connaître un pourpoint d'avec un haut-de-chausse.
Les leurs ne lisaient point, mais elles vivaient bien ;
Leurs ménages étaient tout leur docte entretien,
Et leurs livres un dé, du fil, et des aiguilles,
Dont elles travaillaient au trousseau de leur filles.
Les femmes d'à présent sont bien loin de ces mœurs,
Elles veulent écrire, et devenirs auteurs.
Nulle science n'est pour elles trop profonde,
Et céans beaucoup plus qu'en aucun lieu de monde.
Et les secrets les plus hauts s'y laissent concevoir,
Et l'on sait tout chez moi, hors ce qu'il faut savoir.
On y sait comme vont Lune, étoile polaire,
Vénus, Saturne et Mars, dont je n'ai point affaire ;
Et dans ce vain savoir, qu'on va chercher si loin,
On ne sait comme va mon pot dont j'ai besoin.
Mes gens à la science aspirent pour vous plaire,
Et tous ne font rien moins que ce qu'ils ont à faire ;
Raisonner est l'emploi de toute ma maison,
Et le raisonnement en bannit la raison »

…Et un peu d'arts plastiques

Si je vous dit « Pomme » ?



« homme et pomme» ?

Vous pensez à **Newton,**
ce grand scientifique auquel on doit les lois de la gravitation,
lois auxquelles il aurait pensé lorsqu'une pomme,
tombée du pommier sous lequel il faisait la sieste,
l'a réveillé…

«homme et femme » ?

Vous pensez à **Eve**, l'infâme pécheresse

Adam et Eve

peint par Dürer en 1507,
galerie des Offices, Florence

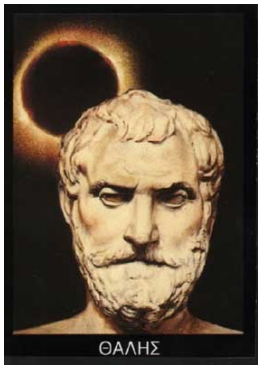
peint par Cranach l'Ancien en 1526,
Courtauld Institut, Londres

Ecoutons Jules Verne :
« - *Ainsi selon vous, Mister Maston, aucune femme n'eût pu découvrir les lois de la gravitation universelle, ainsi que l'a fait l'illustre savant anglais à la fin du XVIIe siècle ?*
- *En voyant tomber une pomme, Mistress Corbitt, une femme n'aurait pas eu d'autre idée …que de la manger, à l'exemple de notre mère Eve* »

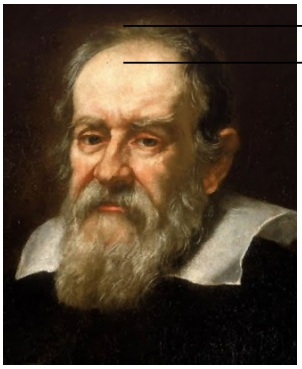
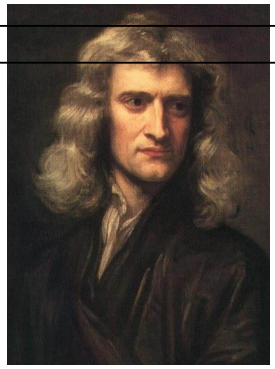
Introduction

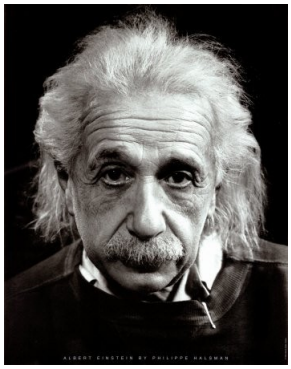
Si je vous demande de citer des hommes scientifiques qui ont marqué l'histoire des sciences, vous allez répondre….

Pythagore ***Thalès*** ***Euclide*** ***Archimède***



Galilée ***Newton*** ***Buffon*** ***Lavoisier*** ***Einstein***



….La liste est longue.

Si je vous demande de citer des grandes scientifiques, vous allez répondre….

Inutile de faire de grandes statistiques, la plus connue des français est **Marie Curie**.

Marie Curie

1837-1934
Physicienne,

prix Nobel de physique et de chimie

Dans la collection, « les génies de la science »,
un seul numéro est consacré à une femme : Marie Curie

Quelques rares autres noms peuvent émerger…

Combien de femmes, pensez-vous, ont contribué, de près comme de loin, à la connaissance scientifique depuis l'Antiquité? Peut-on les compter sur les doigts d'une main? Par dizaines ? Par centaines ?

Selon un dictionnaire biographique du XIXe

siècle sur les femmes de science, on relevait, à cette époque, une liste de 180 noms. Si nous regardons les disciplines scientifiques privilégiées par ces femmes, la biologie vient en tête (41), suivi par l'astronomie (33), la médecine (30), les sciences naturelles (25), les mathématiques (11), l'histoire naturelle (9), la physique (8), la chimie (7), la psychologie (5), la géologie (3), la géographie (2) et la technologie (2).

- Les mots « femme » et « savante » ne peuvent-ils s'entendre qu'au sens de Molière ?
- Les mots « femme » et « scientifique » sont-ils incompatibles ?
- Ces femmes sont-elles vraiment si rares ? Cette rareté tient-elle

- **à la génétique ?**
- **à un environnement socioculturel qui les a empêchées de s'instruire ?**
- **à des mérites non reconnus par une société masculine ?**

- **Cette situation perdure t-elle ? Est-elle irrémédiable ?**
- **L'apparition des femmes dans le monde des sciences est-elle récente ?**

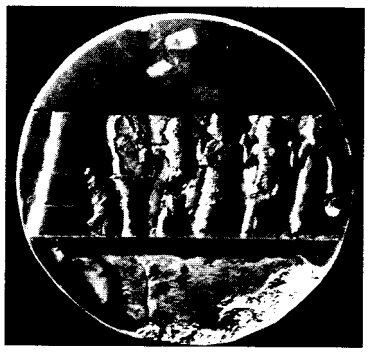
C'est à ces questions que je vous invite à réfléchir.

Pour cela, je vais vous dresser dix portraits de « femmes savantes » et, à travers leur vie et leur œuvre, tenter d'apporter quelques éléments de réponse et peut-être lutter contre quelques idées reçues…

J'ai délibérément choisi de ne pas vous parler de la plus connue du grand public et de vous présenter essentiellement des mathématiciennes et des astronomes.
Tant pis pour les plus misogynes d'entre vous qui peuvent imaginer en effet, comme au XIXè siècle, peut-être plus facilement qu'une femme puisse devenir sage-femme ou assez savante pour éduquer convenablement ses enfants ou se passionner pour la botanique (les petites fleurs sont si jolies !) plutôt que se consacrer à une science aussi abstraite que les mathématiques.

Le faible nombre de femmes scientifiques connues laisse parfois penser que la possibilité pour les femmes d'étudier les sciences est très récente. C'est loin d'être le cas.

Pour parcourir ensemble quelques pages fameuses de cette histoire des femmes de science et nous allons commencer notre histoire il y a très longtemps. En effet, les premières traces retrouvées de femmes engagées dans des activités scientifiques datent de six mille ans !



*Tablette de calcite représentant **En-Hedu-Anna,***
(troisième personnage en partant de la droite)
la première femme astronome connue,
*fille de l'empereur babylonien **Sargon 1er**,*
XXIVe ou XXIIIe siècle avant J.C.

Elle fut grande prêtresse de Nanna, déesse–Lune. Les temples étaient alors des maisons du savoir où l'on observait les étoiles et les planètes et elle dirigea donc les observatoires babyloniens.

La plus connue de ces astronomes de l'Egypte ancienne fut **Aganike** (XIXe siècle avant J.C.), philosophe et astronome.

Parmi les astronomes, on peut encore citer la grecque **Aglaonike** (Ve siècle avant J.C.) : Elle comprend le mécanisme des éclipses de Lune et arrive à les prédire. Et c'est là que les ennuis commencent : elle passe pour une dangereuse sorcière qui est capable de faire disparaître la Lune à volonté !

Mon premier portrait sera celui d'**Hypatie, première mathématicienne très connue de l'histoire des sciences.**

Premier portrait :

Hypatie

Mathématicienne et philosophe grecque (v370 – 415)

La Grèce n'a pas exclu les femmes de la vie intellectuelle. Certes la démocratie athénienne peut être considérée comme misogyne à l'image d'**Aristote**, mais **Socrate** et **Platon** affirmaient l'égalité intellectuelle des hommes et des femmes et plaidaient pour que filles et garçons reçoivent la même éducation.

Ecoutons Socrate :

« *Estimons nous que les femelles des chiens doivent coopérer avec les mâles à la garde, chasser avec eux et faire tout le reste en commun, ou bien qu'elles doivent rester au chenil, incapables d'autre chose parce qu'elles enfantent et nourrissent les petits, tandis que les mâles travaillent et assument toute la charge du troupeau ? »*

« Si donc nous exigeons des femmes les mêmes services que des hommes nous devons les former aux mêmes disciplines »

Les riches athéniennes étaient à l'occasion musiciennes, poétesses. Elles savaient lire et organisaient des concours entre elles. Elles suivaient des cours : on a compté 17 femmes membres de l'école pythagoricienne (Pythagore fut surnommé le philosophe qui aimait les femmes).

On trouvait également des femmes médecins et chirurgien dans la plupart des cités grecques. Lorsqu'une loi interdit aux femmes d'exercer la médecine, de nombreuses femmes moururent plutôt que de se faire soigner par des hommes.

L'une d'elle, **Agnodice**, déguisée en homme, devint médecin célèbre. Démasquée, de nombreuses femmes envahirent la salle de l'aréopage devant lequel elle comparaissait et obtinrent des juges l'abrogation de la loi. Bien que très minoritaires et déjà en butte au rejet de la société masculine, il y avait donc déjà des femmes savantes dans l'Antiquité.

Une « femme savante » vers 430 avant notre ère »

Hypatie vécut à Alexandrie au IVe siècle de notre ère. Si elle fut loin d'être la seule femme savante jusqu'alors, elle fut si célèbre que son nom éclipsa ceux des femmes de science de l'Antiquité.

Sa notoriété fut peut-être due au fait qu'elle fut la plus savante mais aussi certainement due à sa mort tragique : Elle eut ainsi droit

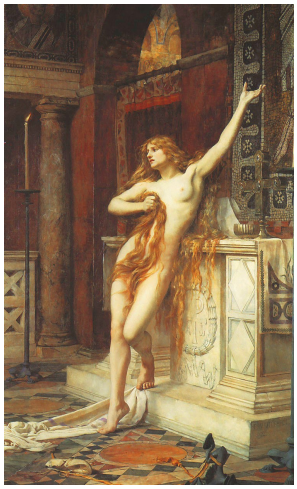
- à un article dans l'encyclopédie de Diderot,

- à un poème de Leconte de l'Isle :

« *Dors, ô blanche victime, en notre âme profonde*
Dans ton linceul de vierge ceinte de lotus
Dors, l'impure laideur est la ruine du monde
Et nous avons perdu le chemin de Paros
Les dieux sont en poussière et la terre est muette
Rien ne parlera plus dans ton ciel déserté… »

- à l'honneur de peintres :

Detail de fresque



Charles William Mitchell, 1885,
Laing Art Gallery,Newcastle

<u>Voici donc la triste histoire d'Hypatie</u> :

Nous sommes au IVe siècle de notre ère, Alexandrie appartient à l'empire romain d'Orient. Le patriarche d'Alexandrie **est Théophile.** Le préfet, représentant l'autorité romaine, est **Oreste.** L'empire d'Orient est alors la proie de luttes entre chrétiens extrémistes, chrétiens modérés et païens. Par exemple, **Théophile**, démantèle le principal sanctuaire païen de la ville : « le Sérapium » contenant une importante bibliothèque (fille de la grande bibliothèque) et défendu par les intellectuels païens.

La grande bibliothèque d'Alexandrie, bien que dévastée par les guerres, existe toujours et est dirigée par **Théon**, géomètre, astronome et père d'Hypatie. Théon est éditeur et commentateur de textes mathématiques.

Théon éduque sa fille en l'initiant aux mathématiques et à la philosophie. Celle-ci voyage en Grèce, assiste aux cours de l'académie de Platon et du lycée d'Aristote à Athènes.

Elle enseigne à son tour la philosophie, la géométrie et l'astronomie à l'école néo-platonicienne d'Alexandrie. Elle pratique également la chimie.

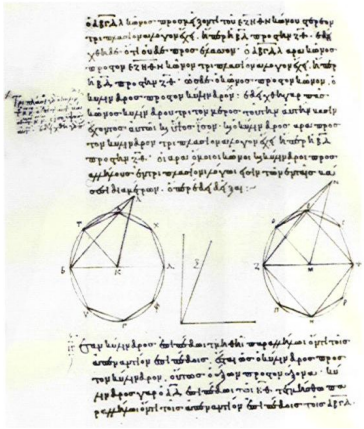
L'activité scientifique d'alors consiste essentiellement à commenter, rééditer en améliorant et en complétant des textes considérés comme des classiques.

On a ainsi cru au XVe et XVIe siècle que dans les éléments d'Euclide, seuls les énoncés étaient d'**Euclide**, les démonstrations étant dues à Théon et à Hypatie

Les éléments d'Euclide

A gauche :
Frontispice d'une édition de 1570

A droite :
Manuscrit grec contenant la preuve de la proposition XII-



L'essentiel de l'oeuvre d'Hypatie consiste en commentaires d'œuvres fondamentales pour les mathématiques :
On attribue aujourd'hui à Hypatie des commentaires des coniques d'**Apollonius** et des Arithmétiques de **Diophante**, deux traités très ardus. Elle aurait aussi participé à la rédaction du commentaire de l'Amalgeste de **Ptolémée**, signé par son père.

Ses ouvrages ne nous sont malheureusement pas parvenus, on n'en connaît l'existence que par les louanges de ses élèves auprès des quels elle était un professeur très populaire.

Elle serait aussi à l'origine de l'invention de l'aéromètre, instrument permettant de mesurer la densité des liqueurs et a construit un astrolabe plan très pratique pour repérer les positions des astres.

En 412, **Cyrille**, successeur de Théophile, entre en conflit avec les diverses communautés religieuses et avec **Oreste,** préfet représentant de l'autorité impériale. Il accuse son amie Hypatie, philosophe et mathématicienne païenne, de l'avoir envoûté par sa magie noire.

En mars 415, elle est agressée par un groupe de chrétiens extrémistes, agression racontée par **Socrate le Scolastique** : « *Hypatie fut arrachée de son char et traînée dans l'église Cesarion. On lui arracha ses vêtements, puis ses meurtriers la rasèrent et lui déchirèrent la peau avec des coquillages aiguisés. Lorsque la vie quitta son corps pantelant, ils le brisèrent en morceaux qui furent portés au lieu appelé Cinaron et le brûlèrent sur le bûcher.* »

Avant de la quitter, écoutons ce que Socrate le Scolastique nous en dit :

> *« Il y avait à Alexandrie une femme du nom d'Hypatie ; c'était la fille du philosophe Théon ; elle était parvenue à un tel degré de culture qu'elle surpassait sur ce point les philosophes, qu'elle prit la succession de l'école platonicienne à la suite de Plotin, et qu'elle dispensait toutes les connaissances philosophiques à qui voulait ; c'est pourquoi ceux qui, partout, voulaient faire de la philosophie, accouraient auprès d'elle. La fière franchise qu'elle avait en outre du fait de son éducation faisait qu'elle affrontait en face à face avec sang-froid même les gouvernants.*
>
> *Et elle n'avait pas la moindre honte à se trouver au milieu des hommes ; car du fait de sa maîtrise supérieure, c'étaient plutôt eux qui étaient saisis de honte et de crainte face à elle. »*

Avec la mort d'Hypatie, le savoir grec disparaît pour des siècles.

La situation ne s'améliore pas au Moyen Age.

Durant cette période, peu de noms de femmes scientifiques émergent. Citons toutes fois la nonne érudite **Hildegarde de Bingen**, les seuls lieux où les femmes avaient accès à un certain savoir étant les couvents. Hildegarde s'intéresse à l'astronomie et émet l'hypothèse, quatre siècles avant Copernic, d'un système héliocentrique.

Les femmes, versées en astronomie, rejoignent le clan des sorcières et sont brûlées sur les bûchers.

De cette période obscure, nous garderons Sophie Brahé qui sera l'objet de notre deuxième portrait.

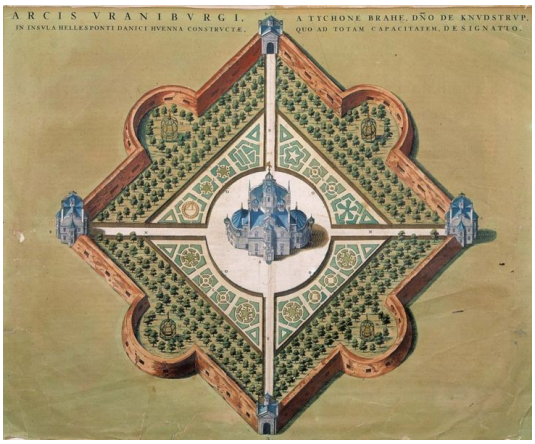
Deuxième portrait :

Sophie BRAHE

Astronome danoise (1556 ou 1559-1643)

Dans la famille BRAHE, le personnage célèbre n'est pas Sophie, mais **Tycho Brahé**, astronome, dernier grand observateur du ciel à l'oeil nu. Tycho, aussi génial que brutal et tyrannique, construisit un fabuleux observatoire à Uranisborg, sur une île danoise pour lequel il fabriqua les instruments les plus précis de l'époque.

(Tycho avec sa prothèse cachant son nez mutilé lors d'un duel avec un étudiant qui avait osé se prétendre meilleur mathématicien que lui !Ce qui lui valut le surnom de «l'astronome au nez d'argent »



L'observatoire d' Uranisborg

Tycho transmit sa passion pour l'astronomie à sa sœur Sophie (de dix ans plus jeune que lui) qui commence à l'assister dès son plus jeune âge. Mariée, devenue veuve huit ans plus tard, Sophie cherche des « distractions » et apprend l'art des jardins. Son frère lui enseigne aussi la chimie et la pharmacie. Sophie se lance alors dans la fabrication de médicaments qu'elle vend aux riches et donne aux pauvres. Tout ceci l'intéresse cependant beaucoup moins que l'astronomie et elle convainc son frère de la prendre comme sa principale assistante.

De nombreux résultats attribués à Tycho sont donc en fait le résultat d'un travail commun, ce qui fera dire à Yaël Nazé : « *l'étoile du Danemark est une étoile double* » : Sophie a passé autant de nuits que son frère, debout dans le froid, à noter les positions des astres.

Copernic n'avait réalisé que vingt-sept observations personnelles et s'était essentiellement contenté de reprendre les observations de l'Antiquité, Sophie et Tycho ont passé vingt ans à relever, avec la plus grande précision, les positions des comètes du système solaire et de plus d'un millier d'étoiles fixes et à calculer des trajectoires. Ce sont ces mesures si nombreuses et précises qui permirent à Kepler de comprendre que les trajectoires des astres n'étaient pas des cercles mais des ellipses.

Une femme est donc à l'origine de l'une des plus importantes découvertes en astronomie.

Tycho apprécie tellement sa sœur qu'il veut inclure un texte de Sophie dans l'un des ses ouvrages, mais il meurt avant sa publication. C'est ainsi que l'on perdit la trace de ses écrits et que le travail de Sophie resta dans l'ombre.

Sophie se fiance en 1590 avec un homme riche et cultivé mais celui-ci quitte le Danemark pour se livrer à sa passion : l'alchimie. Elle le retrouve ruiné 11 ans plus tard et l'épouse. A la mort de son mari en 1613, Sophie se consacre à l'histoire et à des œuvres de charité. Elle meurt à plus de 80 ans en 1643.

Avançons dans le temps et arrivons au XVIIIe siècle pour notre rencontre suivante.

Troisième portrait :

Emilie du CHATELET

Physicienne française (1706-1749)

Petit à petit, les lumières envahissent l'Europe, le niveau d'instruction des femmes, souvent par un père ou un frère, progresse. Exclues des académies, les femmes de la bonne société tiennent salon, salons où l'on discute beaucoup des découvertes scientifiques.

Le salon de Madame Geoffrin par Gabriel Lemonnier

Certaines, comme madame de la Sablière, se passionnent pour les sciences. Elles sont souvent raillées par des hommes estimant que le cerveau féminin n'est pas fait pour çà.

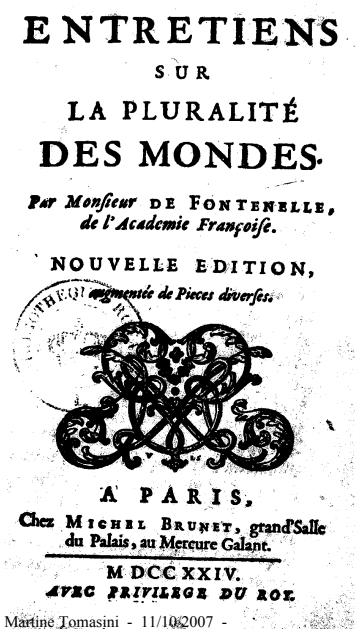
Boileau écrit à son propos : « *D'où vient qu'elle a l'œil trouble et le teint si terni ?*
C'est que, sur le calcul, dit-on, de Cassini
Un astrolabe à la main, elle a, dans sa gouttière,
A suivre Jupiter passé la nuit entière »

Les hommes admettent seulement que les femmes soient suffisamment instruites pour éduquer les enfants. **Madame d'Epinay** imagina une nouvelle pédagogie, **Madame de Genlis** fut une pédagogue exceptionnelle et fit en particulier construire toute une collection de maquettes illustrant les différents métiers et techniques que l'on peut encore admirer au musée des Arts et Métiers à Paris.

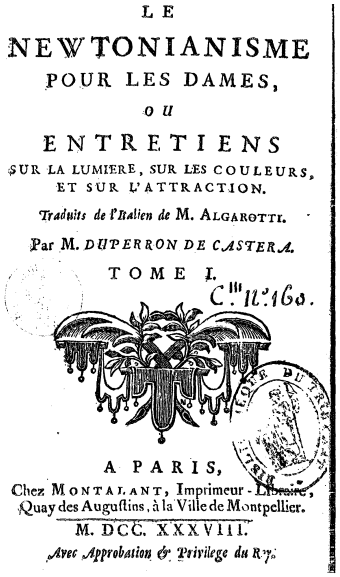
Maquette de madame de Genlis: atelier de fabrication de l'eau forte (acide nitrique)

Les femmes doivent donc être en mesure d'enseigner et d'animer la conversation dans les salons aussi une littérature de vulgarisation scientifique exclusivement destinée aux femmes voit-elle le jour.

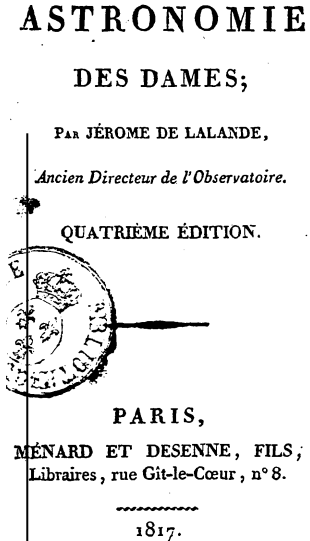
Parmi les ouvrages les plus célèbres citons :



ENTRETIENS
SUR
LA PLURALITÉ
DES MONDES.
Par Monsieur DE FONTENELLE,
de l'Academie Françoise.
NOUVELLE EDITION,
augmentée de Pieces diverses.
A PARIS,
Chez MICHEL BRUNET, grand'Salle du Palais, au Mercure Galant.
M DCC XXIV.
AVEC PRIVILEGE DU ROY.



LE
NEWTONIANISME
POUR LES DAMES,
ou
ENTRETIENS
SUR LA LUMIERE, SUR LES COULEURS, ET SUR L'ATTRACTION.
Traduits de l'Italien de M. ALGAROTTI.
Par M. *DUPERRON DE CASTERA.*
TOME I.
A PARIS,
Chez MONTALANT, Imprimeur-Libraire, Quay des Augustins, à la Ville de Montpellier.
M. DCC. XXXVIII.
Avec Approbation & Privilege du Roy.



ASTRONOMIE
DES DAMES;
PAR JÉROME DE LALANDE,
Ancien Directeur de l'Observatoire.
QUATRIÈME ÉDITION.
PARIS,
MÉNARD ET DESENNE, FILS,
Libraires, rue Git-le-Cœur, n° 8.
1817.

- « *Entretiens sur la pluralité des mondes* » de **Fontenelle** (ouvrage qui « *mêlait aux vérités de Copernic, les fadaises et les galanteries des bergers à la d'Urfé* »

Extrait : « *Madame, les raisonnements de mathématiques sont faits comme l'amour. Vous ne sauriez accorder si peu de choses à un amant, que bientôt après il ne faille lui en accorder davantage et à la fin cela va loin.*
De même, accorder à un mathématicien le moindre principe, il va vous en tirer une conséquence qu'il faudra que vous lui accordiez aussi ; et cette conséquence encore une autre ; et malgré vous-même, il vous mène si loin, qu'à peine vous pouvez le croire. »

Idéal pour comprendre le raisonnement déductif !!!

- « *Newtonisme pour les dames* » d'**Algarotti**

Dialogue dans lequel une marquise apprend la science de son interlocuteur. Les femmes ne s'occupant que de choses frivoles (amour, galanterie, toilette,…), c'est par ce biais qu'on cherche à les intéresser à la physique. En voici quelques extraits délicieux :

Pour comprendre la décomposition de la lumière :

« *Quelle raison oblige les dames à mettre plus de rouge pour paraître dans une loge à l'Opéra, que pour promener leurs appas dans les Tuileries ?* »
A l'aide de son prisme, Newton donne la réponse :
« La lumière des flambeaux n'est pas aussi blanche que celle du jour, elle tire sur le jaunâtre et lorsqu'on la fait passer au travers d'un prisme, on voit que les rayons jaunes y sont plus brillants. Ainsi, moins une dame aura chargé son rouge, plus il se ressentira du jaune qui abonde dans cette espèce de lumière(….)Cette raison veut qu'on augmente la dose du rouge pour aller à l'Opéra, sans quoi le rouge des Belles et les yeux de leurs Adorateurs ne trouveraient point leurs comptes aux bougies, autant qu'à la clarté du jour. »

Et pour comprendre la loi du carré des distances pour la gravitation :

« *J'ai quelque tentation de croire que dans l'amour on suit cette loi des carrés à l'égard des temps : ainsi après huit jours d'absence, la tendresse devient 64 fois moindre qu'elle ne l'était le premier jour* »
Et le commentaire railleur de Kant :

« *Même si le charmant Fontenelle voulait leur réserver une place parmi les planètes, les femmes feraient mieux de laisser tourner les tourbillons de Descartes sans s'en inquiéter. Et même si elles n'ont rien retenu de ce qu'Algarotti a écrit pour elles sur la théorie de Newton, l'attraction de leurs charmes n'en souffrira pas.* »

- « *L'astronomie des dames* » de **Lalande**

Les nouvelles théories de la gravitation de Newton passionnent et divisent le monde scientifique. Les plus grands mathématiciens et physiciens vont s'attacher à inventer les outils mathématiques nécessaires à leurs démonstrations. Ils créeront ainsi l'analyse moderne (le calcul différentiel et intégral).

Parmi eux, une femme exceptionnelle : Emilie du Châtelet dont nous allons parler maintenant.

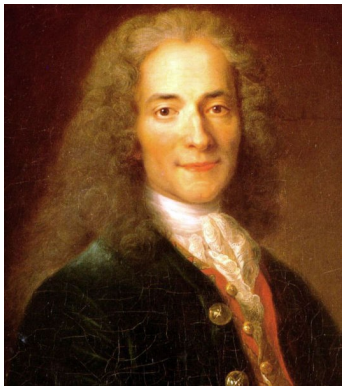
Emilie naît en 1706. Son père, le baron de Breteuil, devant son physique qu'il juge très ingrat : *« Elle est plus grande que les filles de deux fois son âge, elle a la force prodigieuse d'un bûcheron et est maladroite à ne pas croire. Elle a de très grands pieds, mais on les oublie lorsqu'on remarque ses mains énormes* », pense la mettre au couvent. Il y renonce mais décide de lui donner une solide instruction pour compenser son handicap physique (adulte, elle mesure 1,80 m !). Elle apprend le grec, le latin, l'italien, l'espagnol, se passionne pour les mathématiques et la physique. Excellente calculatrice, elle est capable d'effectuer de tête une multiplication de nombres à neuf chiffres ! Elle est aussi excellente musicienne, actrice à ses heures. Son éducation lui donne le goût de la liberté, aussi décide t-elle de se choisir un mari vieux et riche : le marquis du Châtelet, qu'elle épouse à 19 ans et dont elle eut trois enfants. Les deux époux ne se voient pratiquement pas et Emilie, aimant les plaisirs autant que les sciences aura plusieurs amants (elle s'est révélée une jeune femme très attirante).

L'un d'entre eux, le **duc de Richelieu**, l'encourage à étudier sérieusement les mathématiques et la physique. Elle étudie en particulier avec **Maupertuis** et **Clairaut**. Ce sont des savants d'immense renommée, grâce à leurs travaux ainsi qu'à l'expédition qu'ils ont montée pour prouver que la Terre est aplatie aux pôles (selon la théorie de Newton) et non à l'équateur (selon la théorie de Descartes). Les leçons que Clairaut donna à Emilie, regroupées dans les « *Eléments de géométrie »,* deviendront le principal ouvrage d'enseignement des mathématiques de l'époque. Emilie, déguisée en homme car les femmes n'y sont pas admises, fréquente les cafés parisiens pour discuter mathématiques et physique avec eux.

Maupertuis

Clairaut

En 1733 elle devient la maîtresse de Voltaire. Fuyant Paris, ils s'installent chez Emilie au château de Cirey, y aménagent une bibliothèque et un laboratoire. Cirey devient le point de rencontre de tous les newtoniens européens. C'est à Cirey qu'Algarotti écrivit son fameux « *Newtonisme pour les dames* ».



Voltaire

Château de Cirey

En 1737, Emilie et Voltaire se lancent dans le concours lancé par l'académie des sciences sur « *la nature du feu* » : ils pèsent différents corps à différentes températures et montrent que leur poids n'augmente pas, réfutant ainsi l'idée qu'il s'agit d'un fluide avec un poids.

En 1740, elle publie « *Institutions de physique* » ouvrage conçu pour l'éducation de son fils, les manuels en vigueur ne parlant ni de Newton, ni de Leibniz. Désormais reconnue comme physicienne, elle attire à Cirey de nombreux jeunes scientifiques.

On peut cependant remarquer que les œuvres publiées lors de son vivant ne portent pas son nom : aussi admiratifs que soient les savants de son époque à son égard, il était presque impossible qu'une femme puisse être publiée.

Alors que le débat fait rage entre Newtoniens et anti-Newtoniens, Emilie participe avec Voltaire à la diffusion de la nouvelle physique de Newton. Emilie se lance alors dans son œuvre majeure : la traduction en français des « *Principia* » de Newton. Alors que Voltaire prend position pour la théorie de Newton essentiellement d'un point de vue philosophique, Emilie comprend non seulement la physique de Newton mais toutes les mathématiques qu'elle utilise (le calcul différentiel et intégral). Emilie est une admiratrice de Newton mais fait preuve d'un esprit scientifique hors du commun en étudiant aussi attentivement les critiques de sa théorie (celles de Leibniz en particulier). C'est elle qui comprit que l'énergie d'un corps en mouvement n'est pas, comme le pensait alors Newton, le produit de sa masse par sa vitesse mais le produit de sa masse par sa vitesse au carré ($E = mv^2$ et non mv).

Amante du marquis de Saint-Lambert, elle tombe enceinte à 44 ans. Voltaire raconte que le 4 juillet 1749, elle travaillait encore à son bureau lorsqu'elle accoucha d'une fille.
(que Voltaire avait bien voulu reconnaître et proposé de la classer officiellement parmi ses « *œuvres variées* »). Elle meurt quelques jours plus tard des suites cette couche alors qu'elle venait juste d'achever sa traduction.

A sa mort, la jalousie, suscitée par sa supériorité intellectuelle son ambition et son indépendance, suscite de nombreux commentaires hostiles.
Les préjugés persistent : citons par exemple Jean-jacques Rousseau qui conseille aux femmes l'étude de la botanique, seule discipline qu'il juge accessible à l'esprit féminin. Il écrivit en 1762 dans Émile ou De l'éducation : « *La recherche des vérités abstraites et spéculatives, des principes, des axiomes dans les sciences, tout ce qui tend à généraliser les idées n'est point du ressort des femmes, leurs études doivent se rapporter toutes à la pratique; c'est à elles à faire l'application des principes que l'homme a trouvés, et c'est à elles de faire les observations qui mènent l'homme à l'établissement des principes* »

D'autres œuvres furent publiées après sa mort :
« *Principia* » en 1766
« *Doutes sur la religion révélée* » en 1792
« *Opuscules philosophiques et littéraires* » en 1796

Emilie du Châtelet refusa de rester dans l'ombre de tous les illustres personnages qu'elle a côtoyé. Sa lettre à Frédéric de Prusse en témoigne :
« *Jugez moi sur mes propres mérites, ou sur mes manques, mais ne me considérez pas comme un simple appendice de ce grand général, ou de ce savant renommé, cette étoile qui brille à la cour de France ou cet auteur célèbre.* »

Toujours à la même époque, partons maintenant en Italie où la situation des femmes de sciences est très différente.

Quatrième portrait :

Maria Agnesi

Mathématicienne italienne (16 mai 1718 - 6 janvier 1799)

Dans la plupart des pays occidentaux, du Moyen-Age à la Renaissance, les femmes sont cantonnées dans leur rôle de mère, il leur est interdit d'accéder aux universités, de soigner les malades. A la Renaissance, la redécouverte d'Aristote qui ne considérait les femmes que comme des hommes incomplets fut désastreuse à cet égard. En Allemagne, Luther considérait l'instruction des femmes comme un danger pour la société : « *Ce que les Italiens appellent intelligence, un Germain l'appelle tromperie, commérage, chicanerie…Les femmes sont affligées d'une incapacité à se former des idées personnelles».* La révolution française leur refusa le droit de vote. Nous avons vu avec Madame du Châtelet qu'en France, c'est principalement hors des universités, dans les salons et divers instituts, que les femmes pourront accéder à une certaine connaissance scientifique. Ainsi le collège de France fut la première institution scientifique qui, au XVIIIème siècle accepta que les femmes assistent à des conférences. L'Italie, avec ses universités acceptant les femmes tant comme élèves que comme enseignantes, reconnaissant leurs mérites, fait ici figure d'exception. Citons par exemple **Laura Bassi** qui fit la fierté de la ville de Bologne et contribua à faire la renommée mondiale de son université. Fait exceptionnel, elle se maria (au grand dam de ses nombreux admirateurs qui la voyaient comme une vierge catholique et savante) et c'est son mari qui devint son assistant et non le contraire !

« *Elle était aussi à l'aise avec l'aiguille et le fuseau à la main qu'avec ses livres et les instruments de son laboratoire ; également admirable en supervisant son ménage, s'occupant de ses enfants, s'entretenant avec les puissants ou les savants, fascinant un auditoire d'étudiants »*

J'ai choisi de vous parler de **Maria Agnesi**, l'une des plus célèbres des mathématiciennes italiennes auprès des étudiants d'aujourd'hui.

Maria Agnesi est née à MILAN le 16 mai 1718 dans une famille de la haute bourgeoisie (son père était un riche commerçant en draps). Après la Renaissance, le statut des femmes s'est un peu améliorée en Italie, et il n'est plus interdit pour elle d'avoir accès à une bonne éducation. Ainsi, Maria Agnesi se révèle très vite douée et peut être qualifiée d'enfant prodige : à 5 ans elle parle italien et français, à 13 ans elle maîtrise le latin, le grec, l'hébreu, l'espagnol, l'allemand, ce qui lui valut le surnom d' « *oracle aux 7 langues* ».

A 17 ans, elle écrit un commentaire sur le « *Traité analytique des sections coniques* » du marquis de L'Hôpital, et se passionne pour la théorie de Newton.

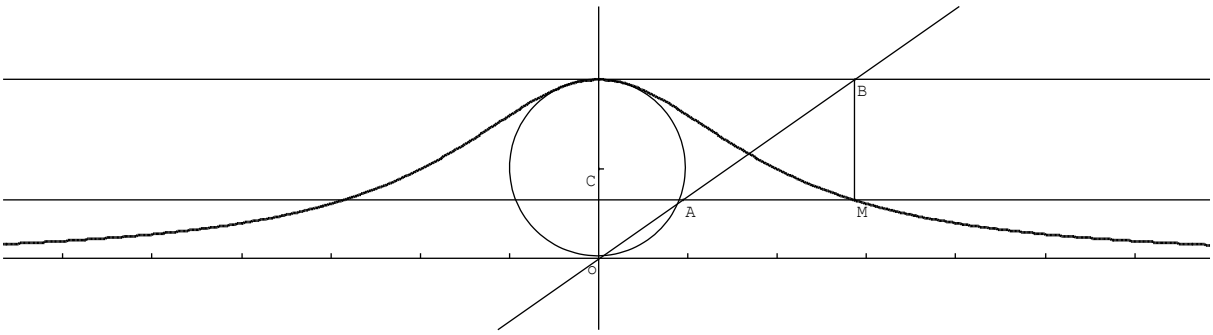
C'est ce travail sur le « *Traité analytique des sections coniques* » qui lui vaudra d'être encore connue aujourd'hui des étudiants en mathématiques, tout particulièrement pour l'étude des courbes connues aujourd'hui sous le nom de « ***Sorcières d'Agnes*i** ».

Pourquoi cet étrange nom ?

A cause d'une erreur de traduction : Dans son traité, Maria avait nommé ces courbes « *verseria* » qui vient du latin signifiant « *tourner* », car les courbes peuvent être obtenues géométriquement à partir des différents points d'un cercle. John Colson, anglais désireux de faire connaître les travaux de Maria en Angleterre, traduisit son traité mais aurait lu "*aversiera*", qui signifie justement sorcière !

L'intérêt de l'étude de ces courbes est double :

- d'une part elles présentent de nombreuses propriétés mathématiques (symétrie, asymptotes, points d'inflexion)
- d'autre part en physique, elles constituent de bonnes approximations de spectres d'énergie ou de la puissance dissipée dans des circuits électriques de haute fréquence.



Pour en savoir plus sur ces courbes, vous pouvez vous reporter en fin de chapitre à la **fiche Annexe 1 « Les sorcières d'Agnesi »**

En 1738 (à 20 ans), elle publie *Propositiones Philosophicae*, une suite d'essais sur les sciences naturelles et la philosophie. Elle participe aux discussions de salon organisées par son père. Elle est tentée par la vie religieuse mais son père la convainc de rester à la maison sans se marier pour se consacrer à des œuvres de charité, à l'éducation de ses 20 frères et sœurs, et aux études religieuses et aux mathématiques.

En 1748, elle publie son plus célèbre travail, *Instituzioni analitiche ad uso della gioventu italiena*. Ce traité, qu'elle destinait au départ à l'éducation de ses frères, est alors l'ouvrage le plus complet sur le calcul différentiel. Il ne contient pas de mathématiques nouvelles, mais est un excellent livre du point de vue de la pédagogie, illustrant la théorie par de nombreux exemples.

INSTITUZIONI
ANALITICHE
DI D.na MARIA GAETANA
AGNESI
MILANESE
TOMO I.
IN MILANO, MDCCXLVIII.

Ce travail lui vaut

- une bague de diamant et une boîte en cristal enchâssée de diamants envoyés par l'impératrice Marie-Thérèse d'Autriche
- les félicitations de l'Académie des Sciences de Paris dont la misogynie refuse néanmoins sa candidature.

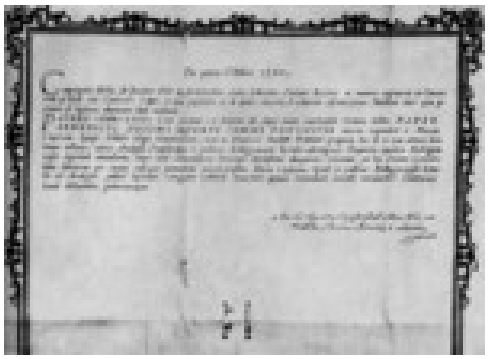
Extrait du rapport qui a été présenté à l'académie par Etienne Mignot de Montigny :

« Permettez-moi, mademoiselle, de joindre mon hommage personnel aux applaudissements de l'Académie. J'ai eu le plaisir de faire connaître à mon pays un ouvrage extrêmement utile et longtemps désiré, et qui jusqu'à présent, en France et en Angleterre, n'existait qu'à l'état de projet. Je n'ai connaissance d'aucun ouvrage de ce type qui soit plus clair, plus méthodique, plus complet que vos Institutions analytiques. Il n'existe aucun livre en aucune langue qui puisse guider plus sûrement, plus rapidement et conduire plus loin ceux qui veulent s'avancer dans la connaissance des sciences mathématiques. J'admire particulièrement l'art avec lequel vous présentez dans une méthode uniforme les diverses conclusions dispersées dans l'œuvre de plusieurs géomètres, et atteintes avec des méthodes extrêmement différentes »

- une grande popularité dans son pays, allant jusqu'à une lettre du pape Benedict XIV affirmant que l'Italie lui était reconnaissante.

En 1748 elle écrivit : *« la nature a doté l'esprit féminin de la possibilité de comprendre toutes les connaissances, et, qu'en privant les femmes de la possibilité de s'instruire, les hommes travaillent contre le plus grand intérêt du bien public »*[1]

Ainsi en 1750, elle se voit proposer d'occuper la chaire de mathématiques de l'université de Bologne.



Elle ne donnera pas suite à cette offre, préférant sa vie reculée et se vouant aux soins des pauvres malades.

Cela fit de Maria Agnesi la première femme non pas à occuper un poste à l'Université, mais à en avoir l'opportunité.

Elle mourut en 1799, aveugle et sourde, son corps fut jeté dans une fosse commune.

Restons au XVIIIe mais intéressons nous maintenant à l'astronomie.

Fiche annexe 1
« Les sorcières d'Agnesi »

1. Equations : Ce sont les courbes d'équations paramétriques : $\begin{cases} x = at \\ y = \dfrac{a}{1+t^2} \end{cases}$

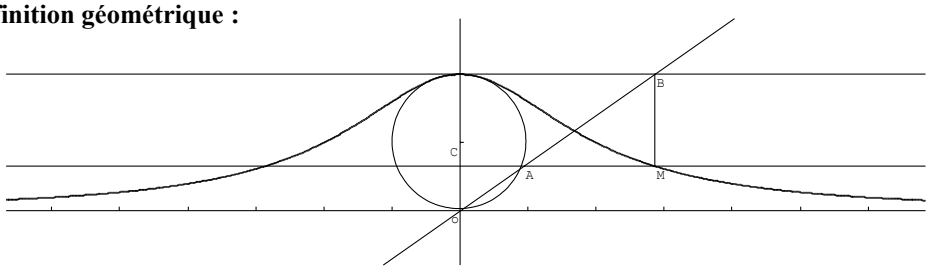
où a désigne un réel strictement positif. Dans la deuxième équation, en remplaçant t par $\dfrac{x}{a}$,

on obtient $y = \dfrac{a}{1+\dfrac{x^2}{a^2}} \Leftrightarrow \left(1+\dfrac{x^2}{a^2}\right)y = a \Leftrightarrow \left(a^2+x^2\right)y = a^3 \Leftrightarrow y = \dfrac{a^3}{a^2+x^2} \Leftrightarrow x^2 y = a^2(a-y)$

Les « sorcières d'Agnesi » sont donc les courbes d'équation cartésienne :

La forme la plus simple pour $a = 1$ a pour équation $y = \dfrac{1}{x^2+1}$ et avait été étudiée par Pierre de Fermat

2. Définition géométrique :



Dans le plan rapporté à un repère orthonormé, on trace le cercle de centre C $(0, \dfrac{a}{2})$ et de diamètre a. Pour chaque point A de ce cercle, on trace la droite (OA) ; elle coupe la droite d'équation $y = a$ au point B. Soit le point M le projeté orthogonal de B sur la parallèle à l'axe des abscisses passant par A. L'ensemble des points M quand A décrit le cercle est la sorcière d'Agnesi.

3. Propriétés de ces courbes :

- **l'axe des abscisses est asymptote à la courbe :**

Soit $f(x) = \dfrac{a^3}{a^2+x^2}$ $\quad \lim\limits_{x\to\infty} a^2+x^2 = +\infty$ donc $\lim\limits_{x\to\infty} f(x) = 0$

- **L'axe des ordonnées est axe de symétrie :** $f(-x) = \dfrac{a^3}{a^2+(-x)^2} = \dfrac{a^3}{a^2+x^2} = f(x)$

- **Elle admet une tangente horizontale au point d'abscisse 0 :** $f'(x) = -\dfrac{2a^3x}{\left(x^2+a^2\right)^2}$ $\quad f'(x) = 0 \Leftrightarrow x = 0$

- **elle admet des points d'inflexion aux points d'abscisses** $\dfrac{1}{\sqrt{3}}a$ **et** $-\dfrac{1}{\sqrt{3}}a$ **:**

$f''(x) = \dfrac{2a^3\left(3x^2-a^2\right)}{\left(x^2+a^2\right)^3}$ $\quad f''(x) = 0 \Leftrightarrow 3x^2 - a^2 = 0 \Leftrightarrow x = \dfrac{1}{\sqrt{3}}a \text{ ou } x = -\dfrac{1}{\sqrt{3}}a$

Cinquième portrait

Nicole Reine LEPAUTE

Astronome française (1723-1788)

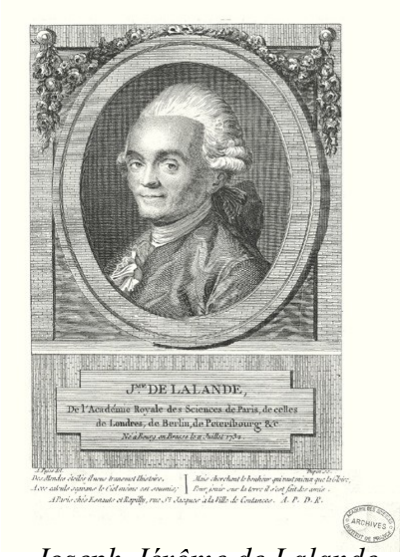
Nicole Reine Lepaute naît au palais du Luxembourg où son père est employé le 5 janvier 1723. On sait peu de choses de sa jeunesse si ce n'est qu'elle se passionne pour l'étude et la lecture auxquelles elle passe ses nuits. A vingt-six ans, après avoir repoussé les avances de **d'Alembert** et **Clairaut**, elle épouse le célèbre horloger royal **Jean-André Lepaute** plus vieux de quatorze ans. Dès lors, elle travaille avec son mari à l'invention et à la fabrication d'horloges. De nombreux de monuments parisiens sont équipés des horloges Lepaute (hôtel de ville, Invalides, Palais-Royal,…).

Jean-André Lepaute

une horloge Lepaute

Les Lepaute rédigent un traité d'horlogerie paru en 1755 contenant diverses inventions dont un système indispensable aux astronomes permettant d'indiquer à la fois le temps vrai et le temps moyen.

Ce travail suscite l'admiration de **Lalande** : « *J'ai contribué à la perfection des travaux de M. Lepaute en horlogerie, et M. Lepaute a été utile à l'astronomie car il y a des pendules de ce célèbre horloger dans la plupart des observatoires de l'Europe ; et elles sont de la plus grande perfection.* » Lalande se rend compte des dons exceptionnels de calcul de Reine et l'entraîne dans la grande aventure du passage de la comète de Haley.



Joseph-Jérôme de Lalande

Alexis Clairaut

Pour expliquer les mouvements des astres, deux théories s'opposent : celle des tourbillons de Descartes et la théorie de la gravitation de Newton expliquant scientifiquement les lois que Kepler avait établies empiriquement. Cependant, la Lune ne semblait pas obéir toujours très bien à cette nouvelle théorie. **Clairaut** élabora une solution : d'autres corps devaient perturber les interactions Terre-Lune. En utilisant la théorie de Newton, l'astronome anglais Edmond **Halley** avait prévu pour le début de l'été 1758 le retour de la comète qui porte aujourd'hui son nom. Hélas, à la grande joie des anti-newtoniens, celle-ci ne fut pas au rendez-vous. Clairaut pensa alors qu'elle avait été perturbée par Jupiter et Saturne. Alexis Clairaut et Lalande aidés de Reine Lepaute décident en juin de se lancer dans une fantastique entreprise : calculer le retour de la comète. Un tel travail exigeait de fastidieux calculs pour déterminer la position de la comète sur son orbite, jour après jour, en tenant compte des perturbations gravitationnelles dues aux deux planètes géantes. Après de longs et sévères mois de fatigue, en novembre 1758, Clairaut annonce fièrement à l'Académie royale des sciences « *La comète, retardée par Jupiter et Saturne*, *apparaîtra au-dessus de Paris à la mi-janvier 1759 et atteindra son périhélie* (passage au plus près du Soleil) *le 13 avril, à trois semaines près, l'incertitude venant de la connaissance imparfaite de la masse des planètes perturbatrices ».* La comète passe au plus près du Soleil le 13 mars, confirmant ainsi la théorie newtonienne de la gravitation. Clairaut peut alors publier en 1760 sa *Théorie des comètes*. Mais il " oublie " de mentionner le nom de Nicole-Reine Lepaute dans la liste des calculateurs dont il a reçu de l'aide ! " Petite faiblesse " de Clairaut, qui ne voulait pas froisser sa jeune compagne du moment, jalouse des mérites de Mme Lepaute...

On ne peut qu'admirer cette performance, tous les calculs ayant été faits à la main !

Lalande écrira : « *Pendant plus de six mois nous calculâmes depuis le matin jusqu'au soir, quelques fois même à table, et à la suite de ce travail forcé, j'eus une maladie qui changea mon tempérament pour le reste de ma vie ; mais il était important que le résultat fut donné avant l'arrivée de la comète, pour que personne ne put douter de l'accord entre l'observation et les calculs qui serviraient de fondement à la prédiction…Madame Lepaute nous fut d'un si grand secours que nous n'aurions point osé sans elle entreprendre cet énorme travail…* » Désormais reconnue par tous,

- Reine travaille à la détermination de la trajectoire de la comète de 1762.
- Elle détermine, pour toute l'Europe où ses tables sont distribuées par milliers, la marche de l'éclipse annulaire de Soleil.

- En 1761 et 1769, elle participe à l'aventure du transit de Vénus (passage de Vénus devant le Soleil). Son observation à partir de divers points répartis à la surface du globe, devait permettre de mesurer avec précision la distance Terre-Soleil par le principe de parallaxe. Des savants de l'Europe entière organisèrent des expéditions, Reine Lepaute resta à Paris avec Lalande pour collecter et exploiter les données. **Le Gentil**, astronome ami de Reine et Lalande, participa à l'une de ces expéditions et ramena de l'Ile Maurice une fleur qu'il baptisa **Pautia** en l'honneur de Reine Lepaute.

Si aujourd'hui nous ne connaissons pas cette fleur sous le nom de Pautia, c'est la faute de Jussieu (responsable des collections du Muséum d'histoire naturelle) qui fit preuve ici d'« *une courtisanerie indigne d'un savant* » selon l'expression de Lalande : il débaptisa la Pautia pour la nomma Hortensia, en l'honneur d'Hortense de Beauharnais qui venait d'épouser Louis Bonaparte.

- De 1759 à 1774, elle s'occupe avec Lalande de « *La connaissance du temps »,* ouvrage d'astronomie publié chaque année par l'Académie des sciences.
- De 1774 à 1783, elle prend en charge le calcul des *éphémérides* (tables prévoyant les positions des astres Soleil, Lune, planètes,…)

A partir de 1784, sa vue est si affaiblie par les heures passées sur les pages de calcul qu'elle est pratiquement aveugle. Elle consacre la fin de sa vie à s'occuper de son mari devenu sénile. Elle meurt à soixante six ans en 1788.

Une profonde amitié lia toute leur vie Lalande et Madame Lepaute. Sans doute Lalande était-il un peu amoureux de Nicole-Reine Lepaute, comme en témoigne ces quelques vers qu'il dédia à celle qui l'avait charmé, se montrant ainsi « *géométriquement aimable et aimablement géomètre »*: *De tables de Sinus toujours environnée,*

Vous suivez avec nous Hipparque et Ptolémée ;
Mais ce serait trop peu que de suivre leurs traces,
Et d'être au rang de ceux que nous comblons d'honneurs,
Reine, si vous n'étiez et le sinus des Grâces,

Nicole reine Lepaute fut la première femme scientifique française à s'afficher sans complexe, sans toutefois obtenir pour son travail la pension qui aurait pu adoucir ses vieux jours.

Sixième portrait

Caroline Lucretia HERSCHEL

Astronome allemande (16 mars 1750 – 9 janvier 1848)

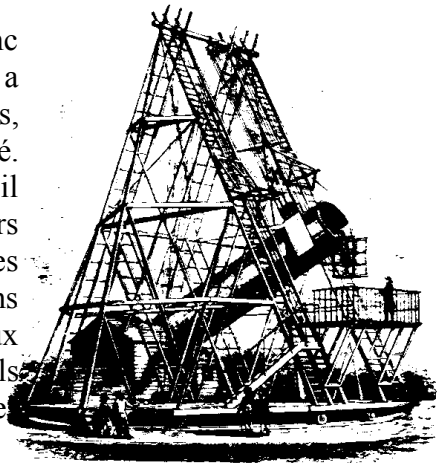
Caroline Lucretia HERSCHEL naît à Hanovre le 16 mars 1750 dans une famille de dix enfants. Son père est jardinier puis musicien de l'armée prussienne, sa mère ne sait ni lire ni écrire et considère toute éducation comme un danger. Elle accepte que son mari éduque ses garçons, mais lui interdit d'en faire profiter les deux filles. Caroline en souffre et écoute en secret tout en se livrant aux travaux ménagers. Son père remarque sa soif de savoir, il lui apprend en secret ses deux passions : le violon et l'astronomie.

Caroline n'est par riche ; elle est très laide (défigurée par la variole, restée très petite à cause du typhus) et ne peut donc pas envisager de se marier. Pas assez éduquée pour envisager un quelconque travail, la seule possibilité qui s'offre à elle est celui d'« esclave familiale ». La guerre de sept ans fait rage. Caroline reste souvent seule avec sa mère tyrannique, son seul travail intellectuel autorisé étant d'écrire les lettres que les femmes analphabètes désirent envoyer à leurs hommes partis au front.

Son frère préféré William émigre en Angleterre, rejoint peu après par son frère Alexander. Ces derniers, apprenant les conditions désastreuses dans lesquelles vit Caroline, viennent la chercher en 1772 (sa mère accepte de la laisser partir en échange d'une annuité lui permettant d'embaucher une servante pour remplacer sa fille !). William lui apprend les mathématiques et l'anglais. Elle doit aussi apprendre le clavecin et le chant pour vivre de la musique comme ses deux frères. En 1777 elle donne son premier concert et en 1778 elle est l'interprète principale du Messie de Haendel. Mais son obstination à refuser de quitter ses frères met rapidement fin à sa carrière musicale.

Pendant ce temps, William s'est pris de passion pour l'astronomie et a décidé rien moins que de déterminer la structure globale de l'Univers !

Pour cela, il doit étudier des objets très peu lumineux et donc construire de grands télescopes, parfois au péril de sa vie. Caroline qui a étudié la géométrie, la trigonométrie sphérique et le calcul des fluctions, devient son assistante. Leurs télescopes sont d'excellente qualité. William découvre de nombreuses étoiles doubles. En mars 1781, il découvre l'objet qui assurera sa renommée : la planète Uranus. Dès lors ils abandonnent définitivement la musique et deviennent des astronomes à part entière. En vingt ans, Caroline et son frère travailleront sans relâche à la découverte d'objets célestes et feront passer le fameux catalogue de Messier de 100 à 2500 objets nébuleux répertoriés. Ils découvrirent aussi deux satellites d'Uranus, découvrent les tâches blanches de Mars…



Le plus grand des télescopes Herschel avec un miroir de 1,22m

Une nébuleuse étant découverte, il faut aussitôt le noter. Or l'œil, pour pouvoir bien observer la nuit doit s'habituer à l'obscurité pendant une vingtaine de minutes. Noter les observations à la lueur de la chandelle fait perdre à chaque fois cette bonne vision nocturne. William et Caroline se partagent donc le travail : lui reste dans le noir à observer et elle note les observations données par son frère, l'heure, les réglages du télescope…et ce à un rythme infernal, dans le froid des nuits entières. En décembre 1783, Caroline s'est d'ailleurs gravement blessée en voulant changer rapidement la position d'un télescope.

En août 1786, en l'absence de son frère, Caroline découvre une comète et fait aussitôt part de sa découverte à la Société Royale d'Astronomie. « *Quoi, une femme qui fait une découverte ? C'est extraordinaire, incroyable !* » Cette comète, qui porte aujourd'hui son nom, lui vaut une récompense inestimable : un salaire de 50 livres sterling.

Elle découvrira dix comètes en dix ans d'observations, ce qui était tout a fait exceptionnel pour l'époque. Puis, lassée par les comètes, elle reprend le catalogue d'étoiles de Flamsteed et découvre 561 étoiles, augmentant ainsi le catalogue du cinquième de son contenu. Elle reprend ensuite les observations de son frère sur les nébuleuses, les complète et les réorganise.

C'est aussi elle qui découvre la petite galaxie satellite de la grande galaxie d'Andromède.

La galaxie d'Andromède M31

et sa galaxie satellite →

A 72 ans, à la mort de son frère alors qu'elle a passé sa vie à son service, elle décide de rentrer à Hanovre. Elle y poursuit sa carrière de scientifique et obtient de nombreuses récompenses : Elle reçut en 1828 la médaille d'or de la Royal Astronomical Society, dont elle fut en 1835 la première femme membre honoraire (il fallait être un homme pour être membre effectif), et reçut en 1846 la médaille d'or de la science par le roi Frédéric-Guillaume IV de Prusse.

Elle meurt le 9 janvier 1848 à 97 ans. Elle est enterrée avec un médaillon contenant une mèche de cheveux de son frère chéri dont elle disait : « *Je n'ai fait rien de plus que ce qu'un chiot bien entraîné aurait fait, c'est-à-dire que j'ai réalisé ce qu'il me commandait de faire ».*

C'est faux, d'une part parce qu'à partir de son mariage, son frère a de moins en moins travaillé et les découvertes reviennent entièrement à Caroline (toutes les comètes en particulier), mais aussi parce que sans son aide, William Herschel n'aurait pu devenir l'astronome de renom qu'il a été. On peut considérer que Caroline a été pour William, ce que Ticho Brahé a été pour Kepler et on retiendra que **Caroline fut la première femme au monde à être payée pour faire de l'astronomie.**

Septième portrait :

Sophie GERMAIN

Mathématicienne française (1776-1831)

Après Hypatie, mathématicienne d'Alexandrie, nous avons vu, avec Emilie du Châtelet, que les femmes, étaient juste assez éduquées pour tenir un rôle dans un salon mondain, ou au mieux être collaboratrice ou traductrice de grands savants. Si Maria Agnesi fut une mathématicienne italienne reconnue, Marie Sophie GERMAIN, fut LA première mathématicienne française. Elle a lutté pour gagner sa place dans la communauté scientifique, soutenue par de grands savants tels que LAGRANGE ou GAUSS

Sophie Germain est née le 1er avril 1776 à Paris dans une famille bourgeoise de commerçants : son père fut député élu du Tiers-état à l'assemblée constituante de 1789 ; Il fut aussi directeur de banque. Sophie est la deuxième des 3 filles GERMAIN.

En 1789, à13 ans, on la décrit comme timide, ombrageuse et d'un physique plutôt ingrat. Cloîtrée chez elle durant la Terreur, elle se réfugie souvent dans la bibliothèque de son père. On raconte que c'est la lecture du récit de la mort d'ARCHIMEDE (surpris dans ses travaux scientifiques par les soldats romains lors de la prise de Syracuse) qui l'impressionna tant qu'elle se plongea dans l'étude des mathématiques.

Autodidacte, elle étudie tous les ouvrages qui lui tombent sous la main, ce qui ne tarde pas à inquiéter ses parents qui, estimant que ce ne sont pas des occupations normales pour une jeune fille, tentent de l'empêcher. Elle se lève la nuit et étudie en cachette, dans le froid, à la lueur d'une bougie, les travaux de Bezout, Euler, Newton... Ses parents finissent par céder devant sa détermination.

En 1795, elle a 19 ans lorsque ouvre l'école polytechnique dans laquelle, naturellement, les femmes ne sont pas admises. Elle arrive cependant à se procurer les cours de chimie et d'analyse (de Lagrange). Il est alors de coutume, qu'après les cours, les élèves fassent part de leurs observations aux professeurs et Sophie, sous le pseudonyme masculin de Antoine Auguste Le Blanc, envoya les siennes à LAGRANGE. Celui-ci, impressionné par ses brillantes remarques, la convoque, découvre son imposture. Il en devient l'ami et le mentor.

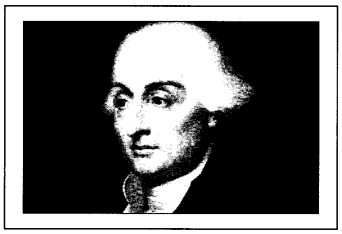
L'Ecole Polytechnique, à Paris

La curiosité de la communauté scientifique est alors éveillée et elle rencontre de nombreux savants. Elle devient l'amie de certains (le mathématicien italien Libri) mais les repousse souvent comme Lalande auquel elle ne pardonne pas d'avoir écrit « l'astronomie pour les dames », cette littérature pour femme frivole. Elle n'assiste pas aux réunions de salon et ne fréquente pas non plus les femmes qui, pour s'intégrer à la vie scientifique, se sont mises au service d'un mari ou d'un frère savant.

Le salon au début du XIXe siècle (seul endroit où les femmes avaient accès à la science)

Elle vit donc en marge de la société et ses contemporains la jugent timide et réservée. Isolée à cause de son sexe et de son caractère entier, Sophie Germain a du travailler seule, correspondant avec de grands mathématiciens.

Gauss



Lagrange

Poisson

Fourier

Encouragée par Lagrange et Legendre, elle se passionne pour la théorie des nombres (l'arithmétique), travaille en particulier sur le grand théorème de Fermat et écrit à Gauss qui travaille alors sur ce sujet une dizaine de lettres entre 1804 et 1809. Elle écrit ces lettres sous son pseudonyme de Le Blanc « *craignant le ridicule attaché au nom de femme savante* ». Gauss lui répondra : « *Monsieur, je me félicite que l'arithmétique ait trouvé en vous un ami aussi habile* »

En 1806, lors de la campagne d'Iéna, Sophie Germain s'inquiète pour Gauss et envoie un message à un général qu'elle connaît pour lui demander de veiller personnellement à la sécurité de Gauss. Gauss apprend alors sa véritable identité. Il lui écrit le 30 avril 1807 « *Comment vous décrire mon admiration et mon étonnement de voir mon estimé correspondant Monsieur Le Blanc se transformer en ce fameux personnage qui me donne un brillant exemple de ce que j'aurais du mal à croire. Le goût des sciences abstraites en général et plus particulièrement des mystères des nombres est extrêmement rare. Les charmes de cette sublime science ne se révèlent qu'à ceux qui ont le courage de l'explorer en profondeur. Mais quand une personne du sexe qui, du fait de nos coutumes et préjugés, doit surmonter plus de difficultés que les hommes pour se familiariser avec ces épineuses questions, réussit néanmoins à dépasser ces obstacles et à appréhender leur partie la plus obscure, alors elle doit sans aucun doute posséder un noble courage, des talents extraordinaires et un esprit supérieur. Les notes savantes, dont vos lettres sont si richement remplies, m'ont donné mille plaisirs. Je les ai étudiées avec attention, et j'admire la facilité avec laquelle vous avez pénétré toutes les branches de l'arithmétique, et la sagacité avec laquelle vous avez su généraliser et perfectionner.* »

Quelle a donc été la contribution de Sophie Germain au grand théorème de Fermat ?

En 1640, **Pierre de Fermat** griffonne dans la marge des

Arithmetica de Diophante :

« *Un cube n'est jamais la somme de 2 cubes,*
une puissance quatrième n'est jamais la somme de 2 puissances quatrièmes et plus généralement, aucune puissance supérieure à 2 n'est jamais la somme de 2 puissances analogues.
J'ai trouvé une merveilleuse démonstration de cette proposition, l'étroitesse de la marge ne la contient pas. »

Pierre de Fermat (1601-1665)

C'est cette affirmation que l'on appelle le grand théorème de Fermat ; c'est l'un des théorèmes les plus célèbres des mathématiques, de par la simplicité de son énoncé et la complexité de sa démonstration. Ce n'est en effet qu'en 1995 que le mathématicien anglais Andrew Wiles le démontra (grâce au développement de l'informatique). On peut donc douter du fait que Fermat en ait trouvé une démonstration ! Au cours des siècles qui ont séparé l'énoncé de Fermat de sa démonstration par Wiles, de nombreux mathématiciens se sont attelés au problème et ont apporté des éléments de démonstration qui ont largement fait avancer les connaissances en théorie des nombres par tous les théorèmes intermédiaires qu'ils ont établis. Parmi eux, on peut Citer Euler qui la démontra pour les cubes et…Sophie Germain.

Peut-on trouver x, y, et z entiers tels que $x^2 + y^2 = z^2$?
Oui par exemple 3,4 et 5 ; ou 5,12 et 13 (dits triplets de Pythagore)

Théorème de Fermat :
Pour tout $n > 2$, il n'existe pas d'entiers x, y, et z tels que $x^n + y^n = z^n$?

Euler le démontre pour $n = 3$, Fermat donne des éléments de démonstration pour $n = 4$.
On montre aussi facilement que si le théorème est vrai pour un entier n, il est aussi vrai pour tout multiple de n. Il suffit donc, et c'est toute la difficulté, consiste donc à prouver qu'il est vrai pour tout nombre premier $p > 2$ (Un nombre premier est un nombre qui a deux diviseurs : 1 et lui-même).

Sophie Germain a prouvé le théorème pour $n = 5$ puis pour des nombres premiers particuliers appelés nombres premiers de Sophie Germain. Ce sont les nombres premiers p tels que $2p + 1$ est aussi un nombre premier.
Les nombres premiers de Sophie Germain inférieurs à 200, sont :
2 , 3 , 5 , 11 , 23 , 29 , 41 , 53 , 83 , 89, 113, 131, 173, 179, 191

Sophie Germain arrivera à prouver le théorème pour tous les nombres inférieurs à 100.

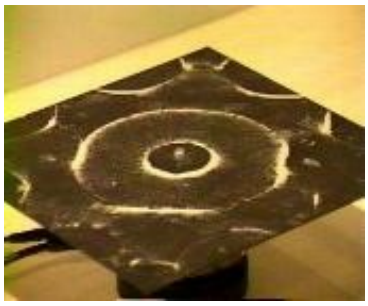
Pour en savoir plus sur les théorèmes de Sophie Germain, voir en fin de chapitre la fiche Annexe 2 : « La contribution de Sophie Germain au grand théorème de Fermat. »

A partir de 1808, Gauss nommé professeur d'astronomie à l'université de Göttingen délaisse l'arithmétique pour s'intéresser essentiellement à la mécanique céleste et cesse de correspondre avec Sophie. Pour Sophie en revanche, aucun poste n'est ouvert. Elle ne percevra aucune rémunération pour ses travaux scientifiques, poursuivant seule ses travaux qui ne furent pas publiés en tant que tels mais seulement mentionnés dans les articles de Legendre pour l'académie des sciences.

En 1809, Sophie se tourne à son tour vers un nouveau domaine de recherche : la physique théorique.

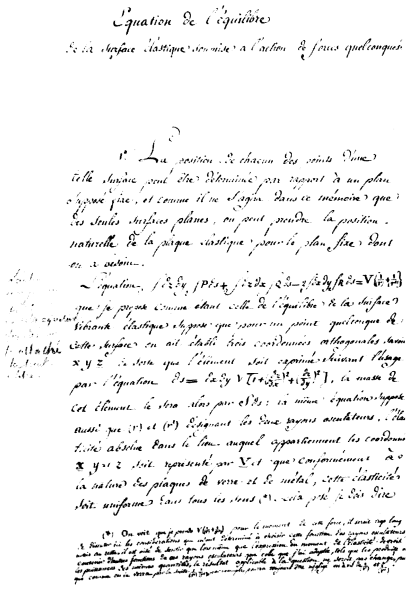
En 1808, le physicien allemand **Ernst Chladni** réalisa à Paris des expériences spectaculaires :

En frottant un archer contre des plaques de verre ou de cuivre recouvertes de sable, il obtient des figures géométriques très variées : le sable se concentre aux endroits où le mouvement vibratoire est nul, donnant ainsi une « image » du son.



Napoléon assiste aux expériences, médusé, il offre un prix de trois mille francs (un kilo d'or) à qui proposera une théorie mathématique des plaques vibrantes expliquant les figures obtenues expérimentalement par Chaldni.

Ce problème fut jugé trop difficile par les mathématiciens renommés de l'époque et un seul mathématicien releva le défi : Monsieur Leblanc, alias Sophie Germain qui obtint le prix en 1816 après trois essais. Trop timide, Sophie n'alla cependant pas retirer son prix.


Équation de l'équilibre

Manuscrit de Sophie GERMAIN
(1811, concours
sur la théorie des surfaces élastiques)

Son hypothèse : « *en un point d'une surface, la force d'élasticité est proportionnelle à la somme des courbures principales* (maximale et minimale) *de la surface en ce point ».*

En fait, plusieurs points de son mémoire sont contestables. Sophie autodidacte, dont la formation scientifique fut aléatoire et désordonnée, en fut handicapée. Elle a cependant eu seule le courage de se lancer dans un nouveau domaine qui sera à l'origine de progrès considérables en analyse mathématique. Elle a ici ouvert la voie, avec **Poisson** (beaucoup plus célèbre mais qui ne fit pas mieux) dont elle fut la grande rivale. Le problème ne fut résolu convenablement qu'en 1820 par **Navier** disposant alors de nouveaux outils mathématiques. D'autres scientifiques s'empareront de ses travaux et firent de l'acoustique une partie importante de la physique, tout en l'écartant de leurs recherches car une femme n'était pas assez prise au sérieux.

Sophie acquiert cependant auprès de quelques savants influents une reconnaissance qui lui permettra de soutenir son ami **FOURIER** lors de son élection comme secrétaire perpétuel à l'académie des sciences. En remerciement, ce dernier lui permettra d'être **la première femme à assister aux séances publiques de l'Académie des sciences.**

Dans les dernières années de sa vie, elle se consacre à la philosophie. Atteinte d'un cancer du sein, elle consacre ses dernières forces à son essai « Considérations générales sur les sciences et les lettres » (publié à titre posthume). Elle meurt le 27 juin 1831, quelques mois avant que Gauss ne réussisse à persuader l'université de Göttingen de lui attribuer le titre de docteur honoris causa.

Sophie, passionnée, obstinée, rusée, consacra sa vie à la science mais ne put jamais vivre de ses travaux. Ne s'étant jamais mariée, elle restera toute sa vie dépendante de son père. **Admirée par les plus grands, rejetée par beaucoup à cause de son sexe, sa contribution à la science est aujourd'hui universellement reconnue.**

Fiche annexe 2

La contribution de Sophie Germain au grand théorème de FERMAT

En 1640, **Pierre de Fermat** griffonne dans la marge des Arithmetica de Diophante :

« *Un cube n'est jamais la somme de 2 cubes,*
une puissance quatrième n'est jamais la somme de 2 puissances quatrièmes
et plus généralement, aucune puissance supérieure à 2 n'est jamais la somme de 2 puissances analogues.
J'ai trouvé une merveilleuse démonstration de cette proposition, l'étroitesse de la marge ne la contient pas. »

C'est cette affirmation que l'on appelle le grand théorème de Fermat ;c'est l'un des théorèmes les plus célèbres des mathématiques, de par la simplicité de son énoncé et la complexité de sa démonstration.

On peut tout de suite remarquer que ce théorème est faux pour $n = 2$:
Peut-on trouver x, y, et z entiers tels que $x^2 + y^2 = z^2$? Oui
Le triplet (3, 4, 5) est tel que $3^2 + 4^2 = 5^2$; de même pour le triplet (5, 12, 13).
Ces deux triplets sont dits triplets de Pythagore. Il existe une infinité d'autres solutions.

Peut-on trouver x, y, et z entiers positifs tels que $x^3 + y^3 = z^3$? Non
Euler l'a prouvé par l'absurde : il suppose qu'il y a une solution et prouve qu'alors il en existe une autre en entiers positifs plus petits, donc encore une autre avec des entiers plus positifs plus petits et ainsi de suite indéfiniment (méthode de la descente infinie), ce qui est absurde car il n'existe pas de suite infinie décroissante d'entiers (la suite des entiers naturels est minorée par zéro)

Fermat lui-même donne les éléments de démonstration de son théorème pour $n = 4$.
On montre aussi facilement que si le théorème est vrai pour un entier n, il est aussi vrai pour tout multiple de n. Il suffit donc, et c'est toute la difficulté, consiste donc à prouver qu'il est vrai pour tout nombre premier $p > 2$

Le premier théorème de Sophie Germain prouve le premier cas du théorème pour $n = 5$.

Enoncé du théorème : Si aucun des trois nombres x, y, et z n'est divisible par n, alors il n'existe par d'entiers x, y, et z tels que $x^5 + y^5 = z^5$
Pour la démonstration, elle travaille sur les congruences et utilise, comme Euler, la méthode de la descente infinie.

Le deuxième théorème de Sophie Germain prouve le théorème pour des nombres premiers particuliers appelés depuis lors les nombres premiers de Sophie Germain :
Ce sont les nombres premiers p tels que $2p + 1$ est aussi un nombre premier.
Les nombres premiers de Sophie Germain inférieurs à 200, sont :
2, 3, 5, 11, 23, 29, 41, 53, 83, 89, 113, 131, 173, 179, 191

Enoncé du théorème :

Si n est un nombre premier impair et si $2n + 1$ est aussi premier, alors $x^n + y^n = z^n$ implique que x, y ou z est divisible par n.

Elle en déduit aisément qu'il est impossible d'avoir $x^n + y^n = z^n$ pour de tels nombres premiers.

Sophie Germain arrive ainsi à prouver le théorème pour tous les nombres inférieurs à 100.

Legendre poursuivra sa démonstration et le prouvera pour tous les entiers inférieurs à 197.

Il faudra attendre 1995 pour que le mathématicien anglais Andrew Wiles le démontre entièrement (grâce au développement de l'informatique).

Huitième portrait

Sophia KOVALESKAÏA

(ou Sonia Kovaleski)

Mathématicienne russe (1850-1891)

Sa jeunesse en Russie

Sophia (ou Sonia) est née à Moscou dans une famille d'aristocrates. A la retraite de son général de père, la famille se retire en Biélorussie où Sonia bénéficie avec sa sœur et son frère d'une excellente éducation (gouvernante française, institutrice anglaise, précepteur polonais)

Il faut l'imaginer vivant alors dans une atmosphère à la Tchekhov : un mélange de traditions violentes (serfs,…) et de culture.

Extrait de mémoires : « *A midi, le déjeuner. A peine le dernier morceau avalé, mon institutrice se dirige vers la fenêtre pour consulter le thermomètre. Je suis son mouvement le cœur battant, car cette question est pour moi d'une grande importance. Si le thermomètre marque au dessus de 10° et qu'il n'y a pas de vent, me voilà condamnée à faire la plus ennuyeuse des promenades avec mon institutrice, le long d'un sentier frayé pour nous dans la neige, et que nous arpentons pendant une heure et demie. Si, pour mon bonheur, le froid est plus vif, ou le vent violent, mon institutrice va faire seule son indispensable promenade et m'envoie dans la salle du haut jouer au ballon, dans le but hygiénique de faire de l'exercice* »

Sophia, désobéit souvent et se réfugie au grenier pour lire les poètes russes.

« *Le rythme du vers a toujours exercé sur moi un charme si puissant qu'à l'âge de 5 ans, je faisais des vers. Mon institutrice n'approuvait nullement ce genre d'occupation : elle s'était composé, avec la plus grande précision, un modèle d'enfant bien portant, élevé dans des conditions normales, et qui, avec le temps, devait produire une miss exemplaire : les vers russes ne cadraient en rien avec cet idéal. Elle persécuta donc vivement mes goûts poétiques : si, par malheur, un bout de papier barbouillé de mes rimes lui tombait sous les yeux, elle me l'attachait aussitôt sur le dos, et récitait ensuite mes pauvres essais littéraires, devant mon frère et ma sœur, en les dénaturant ou en les mutilant à plaisir. Cette persécution resta sans effet. A douze ans, j'avais la conviction intime d'être née poète* »

Sophia est parallèlement très intéressée par les sciences.

A 14 ans, elle commence à étudier les « éléments de physique » de son voisin le professeur Tyrtov. Ce dernier, très impressionné lorsqu'il s'aperçut que Sophia a réinventé seule les notions de sinus et de cosinus convainc son père de lui permettre d'étudier les mathématiques.

En 1868, la famille émigre à Saint-Pétersbourg pour permettre aux enfants de poursuivre des études supérieures. Dés 1861en effet, sous l'influence du positivisme et du socialisme, l'université y a ouvert ses portes aux femmes. De nombreuses étudiantes russes se lancent alors dans des études scientifiques (essentiellement dans des études de médecine). La répression de l'agitation nihiliste des étudiants entraîna la fermeture de l'université puis sa réouverture hélas désormais interdite aux femmes.

De nombreuses étudiantes souhaitèrent alors poursuivre leurs études à l'étranger et, ne pouvant émigrer sans l'accord de leurs parents, suivirent l'exemple d'une étudiante en chirurgie qui put continuer ses études en Suisse grâce à un mariage blanc. C'est ainsi que l'on présenta à Sophia Vladimir Kovaleski sur le point de partir en Europe de l'ouest pour étudier les sciences naturelles. Ce dernier demanda sa main, main refusée par son père qui fut finalement contraint à l'accepter lorsque Sophia s'enfuit un soir avec Vladimir. Ils partent pour Vienne en 1869.

Le couple s'installe à Heidelberg.

Sa vie en Allemagne

Le professeur Bunsen

Julia, une étudiante en chimie amie de Sophia, les y rejoint.
Le professeur **Bunsen** (inventeur du fameux bec Bunsen et découvreur de Césium) était très misogyne et avait juré qu'aucune femme n'entrerait jamais dans son laboratoire.
Sophia le convainquit pourtant d'accepter les 2 étudiantes.
Il dira plus tard que Sophia était une femme dangereuse qui l'avait ensorcelé !

Le couple se sépare en 1870 et Sophia part alors pour Berlin espérant que **Weierstrass** acceptera de lui donner des cours. Weierstrass était alors au sommet de sa gloire. On lui doit de nombreux résultats importants dont :

Weierstrass

La propriété de Bolzano-Weierstrass :
Définition : On dit qu'une partie A d'un espace vectoriel normé est compacte si toute suite de A possède une suite extraite convergente.
Théorème : Toute suite de réels bornée admet une suite extraite convergente
(Ce théorème signifie que tout segment [a ; b] de $\mathbb{R}$ est compact.)

Le théorème de Weierstrass :
Toute fonction continue sur un segment [a ; b] est limite uniforme de fonctions polynomiales sur ce segment. Soit :
Pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un polynôme P tel que : $\forall x \in [a;b], |f(x) - P(x)| < \varepsilon$

L'université de Berlin était alors interdite aux femmes et Weierstrass, sceptique, soumit à Sophia des problèmes très difficiles. Il fut impressionné par ses réponses et accepte de lui confier une thèse, sans pouvoir lui garantir qu'elle aura le droit d'obtenir son doctorat.

Sofia étudie alors pendant 4 ans les équations différentielles avec Weierstrass. Ils publient ensemble une généralisation du travail de Cauchy connue sous le nom du théorème de Cauchy-Kovaleski concernant l'existence et l'unicité des solutions d'équations différentielles aux dérivées partielles. Elle travaille aussi sur les fonctions elliptiques et les intégrales abéliennes et fait aussi de l'astronomie (étude des anneaux de Saturne).

Weierstrass se lance alors dans une grande campagne pour lui faire obtenir son doctorat, arguant de l'illustre précédent de Sophie Germain qui obtint grâce à Gauss un doctorat d'honneur à Göttingen. Grâce à la ténacité de Weierstrass, **Sophia obtient en 1874 le premier doctorat de mathématiques attribué à une femme et ce avec la mention « magna con laude ».**

Retour en Russie

Sofia rentre alors en Russie et se réconcilie avec Vladimir. Elle change complètement de vie au grand désespoir de Weierstrass: elle a une fille, se consacre à assister Vladimir dans ses travaux de naturaliste tout en partageant la vie brillante de la haute société, en écrivant des poésies et des critiques littéraires. Mais le couple se sépare à nouveau et Sophia décide de revenir aux mathématiques. Elle écrit à Vladimir : « *Tu dis fort justement qu'une femme n'a jamais créé rien d'important, mais c'est justement pour cela qu'il est essentiel pour moi, tandis que j'en ai encore l'énergie et un peu de facilités matérielles, d'essayer si je puis arriver à quelque chose ou bien si je n'ai pas de cerveau* »

Retour aux mathématiques à Berlin puis Stockholm

En 1883, Weierstrass, enchanté de voir son élève favorite de retour, l'invite à Berlin et l'incite à travailler sur la modélisation mathématique de la propagation de la lumière dans les milieux cristallins. Elle y obtiendra des résultats importants.

En 1884, elle s'installe à Stockholm où on vient de lui proposer un poste de professeur à l'université. Ecoutons Auguste Strinberg dont nous avons tous admiré les pièces de théâtre : « *Une femme professeur de mathématiques est un phénomène pernicieux et déplaisant et même, on pourrait dire une monstruosité ; et son invitation dans un pays où il existe tant de mathématiciens qui lui sont bien supérieurs prouve qu'elle n'a été choisie que grâce à la galanterie des suédois* ». Et la réponse de Sophia : « *Je pense qu'il a raison, je souhaiterais seulement qu'il prouve clairement, premièrement l'existence de mathématiciens suédois meilleurs que moi, deuxièmement, le fait que je n'aie été choisie que par galanterie*. »

Sophia y donne des cours de haut niveau, y enseigne également la mécanique et continue cependant régulièrement à se heurter à la misogynie du milieu universitaire. En 1888, elle obtient enfin la reconnaissance internationale avec le prix Bordin :

Elle a résolu un vieux problème de mécanique auquel des savants tels qu'Euler, Lagrange ou Poisson n'avaient pu apporter que des solutions partielles : Trouver l'équation de la mécanique générale de la rotation d'un corps quelconque autour d'un point. Le jury déclara qu'en raison du service tout à fait extraordinaire rendu par l'auteur à la physique mathématique par sa solution si satisfaisante, le montant du prix serait doublé !

Fin de ses activités scientifiques

Dès lors, elle se consacrera à la littérature et à des articles de vulgarisation.

Je ne vous ai parlé que de ses activités scientifiques mais Sophia a eu une vie riche et mouvementée. Elle a par exemple aussi mené une vie de militante politique (a participé avec sa sœur à la commune de Paris et a écrit à ce sujet un roman autobiographique « Une nihiliste »

Extrait de mémoires :

« *Je conçois votre surprise de me voir simultanément occupée de littérature et de mathématiques. La plupart de ceux qui n'ont pas la chance de connaître les mathématiques les confondent avec l'arithmétique et les considèrent comme une science aride. C'est en réalité une science qui requiert une forte imagination et l'un des plus grands mathématiciens (Weierstrass) de notre siècle a justement écrit qu'il est impossible d'être mathématicien si l'on n'est pas aussi un peu poète. Bien sûr, pour comprendre cela, il faut renoncer à l'idée reçue selon laquelle le poète invente quelque chose qui n'existe pas. Il me semble que le poète ne fait que percevoir ce que les autres ne voient pas, qu'il a le regard plus profond. Et c'est aussi ce que doit faire le mathématicien. En ce qui me concerne, j'ai été toute ma vie incapable de décider ce que je préférais, entre les mathématiques et la littérature. Dès que mon cerveau se préoccupe de pures spéculations abstraites, il éprouve l'envie d'observer la vie, de raconter ; et inversement parfois, tout ce qui est vie commence à me paraître ennuyeux et insignifiant, et seules les lois éternelles, immuables de la science m'attirent ...Les mathématiques sont une science supérieure, mystérieuse, ouvrant à ses initiés un monde nouveau et merveilleux, inaccessible au commun des mortels* »

Elle meurt en 1891 à 41 ans d'une attaque cardiaque.

Sophia Kovalevskaïa est la première femme à obtenir le titre de docteur ès mathématiques. Le prix Kovalevskaïa honore aujourd'hui les femmes de sciences des pays en développement.

Neuvième portrait

Emmy NOTHER

Mathématicienne allemande (1882-1935)

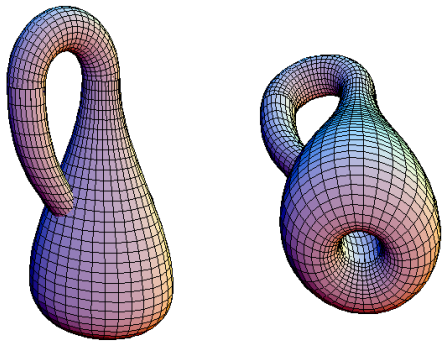
Née en 1882 à Erlangen où son père était professeur de mathématiques. Elle suit l'éducation classique des jeunes filles puis étudie pendant 3 ans dans une école normale d'institutrice, seule institution d'enseignement supérieur ouverts aux filles. Parole de recteur d'université : « *ouvrir nos universités à l'invasion des femmes constituerait une honteuse démonstration de faiblesse morale* ». Les portes de l'université finissent cependant par s'entrouvrir aux filles (elles y sont tolérées seulement à condition d'obtenir une dérogation de chaque professeur) et Emmy y entreprend des études de mathématiques.

En 1907, à Göttingen, elle soutient une thèse sur les invariants algébriques, thèse jugée « *terrifiante* » par son directeur de thèse « *tant elle ouvre de nouvelles possibilités* »

Mais, malgré son doctorat, l'université refuse de la recruter. Elle va alors travailler 10 ans bénévolement dans l'ombre de son père, n'ayant que le soutien familial pour vivre. Elle publie cependant ses travaux sous son nom, ce qui lui vaut la reconnaissance de la communauté mathématique.

Devant son talent pour les concepts plus que pour les calculs, **Felix Klein** et **David Hilbert** l'invitent à les rejoindre à l'université de Göttingen. Ces deux grands mathématiciens de l'époque participent aux travaux sur le formalisme mathématique qui permettra à Einstein d'écrire les 10 équations de la relativité générale et demandent à Emmy de venir les aider dans cette tâche. Elle les rejoint donc à Göttingen. Elle y participa en particulier à la résolution des équations d'Euler régissant les conservations d'énergie et de moment cinétique lors des changements de coordonnées spatio-temporelles.

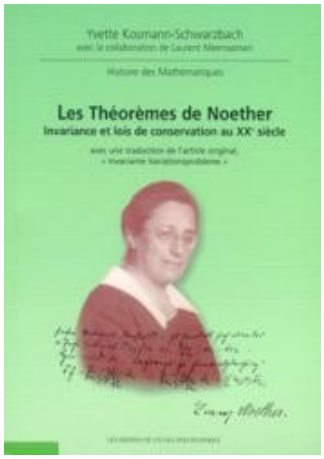
David Hilbert



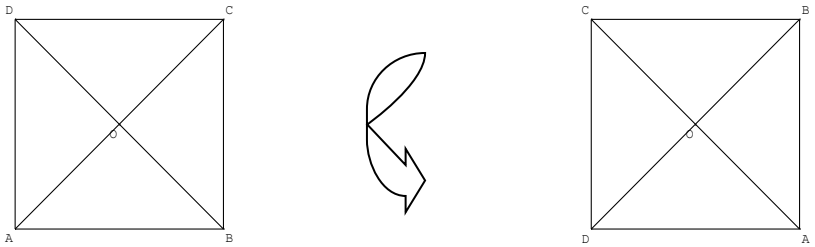
Felix Klein et ses célèbres bouteilles

Mais malgré son habilitation passée en 1922 et le soutien de David Hilbert qui déclara à ses collègues « *Messieurs, je ne vois pas en quoi le sexe d'un candidat est un argument contre son admission. Après tout, une université n'est pas un établissement de bains* », elle n'est toujours pas admise à enseigner à l'université officiellement. David Hilbert lui permettra d'enseigner sous son nom (mais toujours sans salaire!) et elle aura une grande influence sur de nombreux étudiants venus de toute l'Europe : une école se constitue autour d'elle les « Noether's boys »

Emmy est en particulier célèbre pour son théorème dit « Théorème de Noether » :



En mathématiques, Hermann Weyl définit ainsi la symétrie : Une chose est symétrique si, après avoir réalisé une certaine action, son apparence n'est pas modifiée.
Ex : Si on fait tourner un carré de 90° autour de son centre, on obtient toujours la même figure.



De la même façon, il y a en physique des grandeurs qui ne varient pas lors de mouvements. C'est ce qu'on appelle les principes physiques de conservation de l'énergie, de l'impulsion, du moment cinétique

Enfin en relativité, l'orientation d'un objet dépend de l'observateur ou du repère qu'il choisit. Ainsi haut et bas, avant et après, ici et ailleurs sont des notions qui relèvent de définitions arbitraires.

Emmy montre dans son théorème publié en 1918 « Invariante Variationsprobleme » . que les lois de conservation sont les conséquences mathématiques des propriétés naturelles de symétrie de l'espace et du temps.

Voici le commentaire d'Einstein : « *Je suis très impressionné qu'il soit possible de comprendre ces choses d'un point de vue aussi général* »

Emmy est aussi considérée comme l'une des principales fondatrices de la théorie des groupes (formulation du concept d'idéal, étude des algèbres non commutatives…)

Son travail, reconnu par la communauté internationale de mathématiques lui vaudra différents prix.

D'après van des Waerden : « *Grâce à Emmy Noether, les relations entre les nombres, les fonctions et les opérations devinrent transparentes, du ressort de la généralisation, et productives dès lors qu'elles avaient été dissociées de tout objet particulier et avaient été réduites à des relations conceptuelles générales* »

Eloge d'Hermann Weyl : « *Son importance pour l'algèbre ne peut être saisie seulement à partir de ses publications, elle a eu un immense pouvoir de stimulation et beaucoup de ses suggestions ont pris forme seulement dans les travaux des ses élèves et de ceux qui ont travaillé avec elle.* »

Les préjugés sont pourtant toujours présents : Voici ce que dit le neurologue Paul Mobius en 1900 à propos d'Emmy Noether « *On peut dire qu'un femme mathématicienne est contraire à la nature , dans un certain sens, un hermaphrodite. Les femmes érudites et artistes sont une dégénérescence. Ce n'est que par des mutations pathologiques que la femme peut acquérir des talents autres que ceux de maîtresse ou de mère.* »

En 1933, à cause de ses origines juives et de son militantisme pacifique, elle doit quitter l'Allemagne et émigre aux Etats-Unis où elle enseignera 2 ans dans un collège et puis à l'Institut de Princeton.

Elle meurt subitement en 1935 des suites d'une intervention chirurgicale.

Cette femme qualifiée par ses biographes de « *trop grosse, enthousiaste, têtue, désordonnée, sans élégance et sans complexe* » **malgré ses compétences exceptionnelles universellement reconnues, n'a jamais pu vivre de son travail, ne s'est jamais mariée et a consacré toute sa vie aux mathématiques.**

Dixième portrait

Carolyn SPELLMAN SHOEMAKER

Astronome américaine (1929-)

Dans la seconde moitié du XIXe siècle, aux États-Unis, les préjugés, qui étaient forts, ont commencés à céder devant tout le talent et le travail acharné des femmes dans la communauté scientifique. De l'astronomie de position, on passa à l'astrophotographie, la photométrie et surtout, la spectroscopie.

Edward Charles Pickering, directeur de l'Observatoire de Harvard, décide de dresser le premier catalogue précis d'étoiles classées selon leur spectre. Pour récolter la quantité astronomique de données recueillies, il a besoin d'un personnel soigneux, patient, ne cherchant pas d'avancement, peu payé. Qui croyez-vous qu'il embauchât ? Des femmes ! « *Pour le même montant, trois ou quatre fois plus d'assistantes peuvent être employées* ». L'Observatoire de Harvard fut ainsi le premier à employer des femmes (qui n'auront pas pour autant le titre d'astronome).

Edmond Charles Pickering

Quelques unes des femmes les plus célèbres du « harem » de Pickering :
Williamina Flemming, Annie Cannon et Henrietta Leavitt

Des femmes comme **Maria Mitchell** (1818-1889, bibliothécaire autodidacte qui a découvert la comète qui porte son nom en 1847), purent enfin enseigner l'astronomie « *L'œil qui dirige l'aiguille dans les mailles délicates d'une broderie discernera bien également une étoile sur la grille d'un micromètre* ».

Il fallut attendre des dizaines d'années pour voir des femmes obtenir une quasi-parité économique et académique avec leurs collègues masculins.

Ainsi **Vera Rubin** dut attendre des années avant de pouvoir, en 1965, observer au télescope de 5 mètres du Mont Palomar parce qu'il n'était, apparemment, pas opportun qu'une femme entreprenne un travail d'observation.

Nous allons nous intéresser plus particulièrement à **Carolyn Spellman Shoemaker.**

Carolyn Spellman est née le 24 juin 1929 au nouveau-Mexique. Durant toute sa jeunesse, elle n'est absolument pas intéressée par les sciences. Elle fait des études d'histoire et de sciences politiques et devient enseignante. En 1950, elle tombe amoureuse d'un géologue : **Eugène Shoemaker** et l'épouse en 1951. Elle en a trois enfants et partage sa vie entre l'éducation de ses enfants et à aider son mari en l'accompagnant sur le terrain pour ses recherches de gisements d'Uranium. A la fin des années 70, à 51 ans, les enfants étant élevés, Carolyn s'ennuie et cherche une activité. Son mari lui propose de travailler avec lui à un projet de recherche d'astéroïdes.

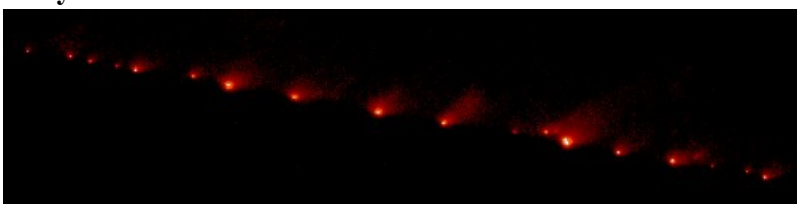
Au début, Carolyn utilise la technique du « blinking » : on regarde deux photos d'une même région du ciel, prises à deux instants différents, en succession rapide. Si quelque chose bouge, il ne peut s'agir que d'un objet proche : comète ou astéroïde. Elle utilise également la technique de parallaxe : avec un stéréoscope, les astéroïdes semblent se déplacer par rapport aux étoiles lointaines. Peu à peu, elle se passionne pour cette nouvelle activité.

En 1982, les époux Shoemaker lancent un nouveau projet pour identifier les objets potentiellement menaçants pour la Terre : le PACS (Palomar Astéroïd & Comet Survey).

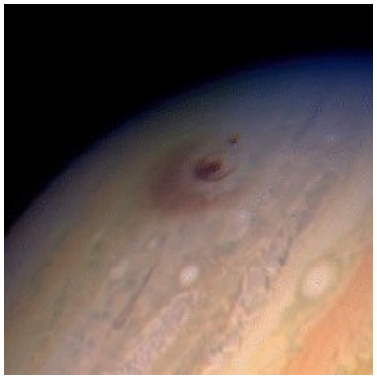
Carolyn devant le télescope Schmidt de 18 pouces du Mont Palomar en 1986

En 1982, elle découvre un NEO (Near Earth object)

En 1983, elle découvre sa première comète. En onze ans de travail, Carolyn découvrira 32 comètes. **L'astronome détenant le record de découverte de comètes est ainsi une femme : Carolyn SPELLMAN SHOEMAKER**



Dislocation de la comète Shoemaker-Levy 9 vue par Hubble le 17 mai 1994
Une des comètes les plus impressionnantes du XXe siècle,
la neuvième découverte par Carolyn avec l'aide de
l'astronome amateur David Levy.



Collision de la comète Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter

Carolyn découvre en outre environ 3000 astéroïdes dont 300 susceptibles de croiser la Terre. Grâce à cet immense travail, Carolyn a rendu crédible la possibilité d'impact d'astéroïdes sur la Terre.

Les époux Shoemaker ont aussi étudié les impacts d'astéroïdes. A partit de 1984, ils passent trois mois par an en Australie dont le sol stable préserve bien la trace des anciens cratères. En juillet 1997, Gene et Carolyn ont un accident de voiture sur une piste australiennes. Gene meurt et Carolyn est grièvement blessée. Elle continuera seule leurs recherches.

Pour conclure, et aujourd'hui ?

- **L'apparition des femmes dans le monde des sciences est-elle récente ? NON !**

Nous avons vu au contraire qu'elle est très ancienne puisque les premières traces retrouvées de femmes engagées dans des activités scientifiques datent de six mille ans et que leurs travaux nous sont parvenus depuis l'Antiquité.

- **Ces femmes sont-elles vraiment si rares ? NON !**

Je viens de vous dresser les portraits des astronomes et mathématiciennes les plus connues des étudiants en science mais il faut y rajouter toutes celles aujourd'hui reconnues par la communauté scientifique, y compris dans les autres domaines. Celles qui ont laissé leur nom dans l'histoire des sciences sont certes moins nombreuses que les hommes, mais il y en a tout de même beaucoup. Souvent elles ont travaillé dans l'ombre d'un frère, d'un père ou d'un mari ; certaines ont dû ruser pour accéder à la connaissance. Seules celles qui étaient particulièrement talentueuses obstinées ont pu vivre leur passion.

De nombreuses inventions sont dues à des femmes, l'histoire a simplement oublié de retenir leur nom. Pour l'anecdote :
Qui a inventé le liquide correcteur blanc? Une femme (secrétaire new-yorkaise).
Qui a inventé le papier utilisé aujourd'hui dans le monde entier comme filtre à café? Une femme (prénommée Melitta).
Qui a inventé les essuie-glaces ? Une femme (une marquise qui s'impatientait de voir son chauffeur s'arrêter pour essuyer le pare-brise les jours de pluie).
Qui a été le premier programmeur de l'histoire ? Une femme dont le prénom Ada est aujourd'hui celui d'un langage informatique.

- **Les mots « femme » et « scientifique » sont-ils incompatibles ? NON !**

J'espère que les exemples traités ce soir vous en auront largement convaincus.

- Les mots « femme » et « savante » ne peuvent-ils s'entendre qu'au sens de Molière ?
- **NON !**

Cette image caricaturale n'est le fruit que de la pensée particulièrement frivole et machiste du XVIIe siècle. A travers ces portraits, vous avez pu voir à quel point ces femmes étaient loin du ridicule.

- **Cette rareté tient-elle**

- **à la génétique ? NON !**

Nous sommes naturellement génétiquement différents mais ces différences ne semblent pas être la cause d'un tel partage des compétences. De nombreuses études, plus ou moins sérieuses, sur les différences de nos cerveaux ont été réalisées. Elles ont permis de constater :

- une différence de poids non signifiante (des différences du même ordre au sein d'un même groupe sexuel)

- quelques différences dans les aires du cerveau mobilisées pour une même tâche. Mais ces différences ne signent pas une différence d'aptitude aux sciences car on sait que les liaisons synaptiques mises en place au cours de l'enfance et de l'adolescence dépendent à la fois de la génétique et de l'interaction de l'individu avec son milieu. L'éducation tient donc ici un grand rôle et nous savons à quel point elle est différenciée selon le sexe.

- **à un environnement socioculturel qui les a empêchées de s'instruire ? OUI !**

Nous venons de voir que les raisons sont plus idéologiques, religieuses, sociales et politiques que biologiques.

- **à des mérites non reconnus par une société masculine ? OUI !**

Les portraits des femmes que nous venons de rencontrer en témoignent : des publications non signées, les portes de l'enseignement à l'université fermées, des tâches non payées…

- **Cette situation perdure t-elle ? OUI !**

Sur plus de 400 prix Nobel décernés, seuls 26 l'ont été à des femmes. Et 11 à des femmes de science

FEMMES ET SCIENCES 1

Des femmes prix Nobel

26 femmes lauréates du prix Nobel depuis sa fondation en 1901 (sur plus de 400 prix Nobel décernés)

• 11 femmes scientifiques ont obtenu le prix Nobel : 2 en Physique, 3 en Chimie, 7 en Médecine.
• 7 femmes ont reçu le prix Nobel de Littérature.
• 8 femmes ont reçu le prix Nobel de la Paix.

Gertrude B. Elion (1918) prix Nobel de Médecine 1988

Dorothy Hodgkin (1910) prix Nobel de Chimie 1964

Rita Levi-Montalcini (1909) prix Nobel de Médecine 1986

Gerty Cori (1896-1957) prix Nobel de Médecine 1947

Marie Curie et Irène Joliot-Curie

Barbara Mac Clintock (1902-1992) prix Nobel de Médecine 1986

Maria Goeppert-Mayer (1906-1972) prix Nobel de Physique 1963

Rosalyn Yalow (1921) prix Nobel de Médecine 1977

Christine Nueslein-Volhard prix Nobel de Physiologie et de Médecine 1995

Exposition conçue par Michelle Ozango, documentaliste au lycée Saint-Louis, chargée de mission pour l'égalité des chances entre les filles et les garçons au rectorat de Paris.
Exposition financée par la Direction de l'enseignement scolaire et la direction de la recherche du Ministère de l'éducation nationale de la recherche et de la technologie.

Si on admet dans la plupart des pays que les filles doivent pouvoir poursuivre les mêmes études que les garçons, les filles continuent à se diriger prioritairement vers les sections littéraires ou en sciences humaines alors que les garçons restent majoritaires dans les sections scientifiques et tout particulièrement pour les sciences dites dures (maths, physique, chimie).

Les filières scientifiques :

" Erosion " dès le lycée classe de Première S :

55% de filles en Seconde générale et technologique
38% de filles en Première S+STI+STL
35% de filles en Terminale S+STI+STL
22% de filles dans les Ecoles d'ingénieurs

UN EXEMPLE CONCRET : LES STAGIAIRES
à l'Institut d'Astrophysique de Paris
EN 1998 - 2002

Niveau	% Filles
3ème	48,40%
2nde	52,90%
1ère	64,70%
Terminale	44,40%
Supérieur (1er + 2ème cycle)	24,70%

L'enseignement supérieur toutes filières confondues :

" Erosion " dès le Troisième cycle du Supérieur :

50% de filles en Premier cycle
55% de filles en Second cycle
42% de filles en Troisième cycle
33% de Diplômées de Troisième cycle
25% de l'ensemble des chercheurs

Source : Actes du colloque « Femmes dans les métiers scientifiques et techniques » organisé par l'Association Femmes et Sciences, 17 novembre 2001

Convaincus que ce n'est pas une question d'aptitude différente, nous devons admettre que notre société (à travers les jeux qu'elle propose aux enfants, la publicité, les romans et les films dans lesquels elle différencie les tâches des filles et des garçons) continue à donner aux filles une image d'elles mêmes incompatible avec ces sciences.

C'est pourquoi les ministères de l'Eduction Nationale et de la Recherche continuent à mettre en place des bourses pour attirer les filles vers les études scientifiques

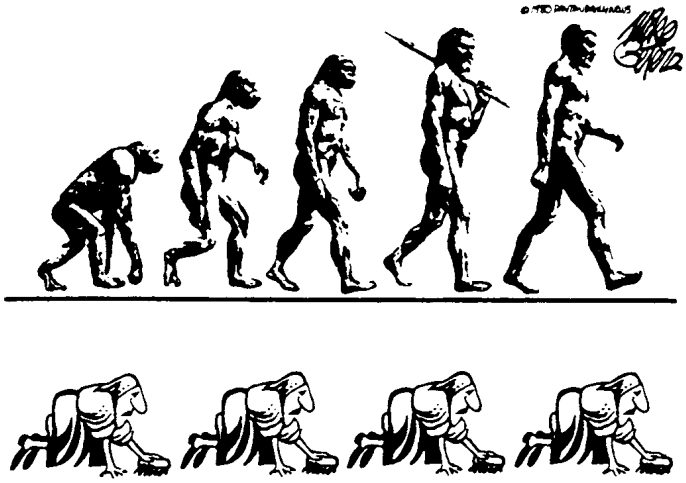
Cependant cette situation tend à s'améliorer et ne semble donc pas irrémédiable.

Mesdemoiselles, retroussez vos manches, chauffez vos neurones, les sciences sont à votre portée.

N'oubliez pas le proverbe chinois : « ***Les femmes soutiennent la moitié du ciel*** »

et faites mentir le dessin de Mike Peters

« L'évolution de l'homme ....
et celle de la femme »



Sources :

Les livres que j'a pillés : (certains sont disponibles au CDI)

- « Histoire des femmes Scientifiques de l'Antiquité au XX° siècle » par Eric SARTORI, Editions Plon (2006)

- « L'Astronomie au féminin » par Nazé Yaël, Editions Vuibert

- « Les femmes et la science » par G. CHAZAL, Editions Ellipse

- « Trop belles pour le Nobel » par Nicolas Witkowski, Editions le Seuil

- « Histoire des femmes de science en France du Moyen Age à la révolution »
Par Jean-Pierre Poirier, Editions Pygmalion (2002)

- « Emilie, Emilie ou l'ambition féminine au XVIII^{è} siècle »
Par Elisabeth Badinter, Editions Flammarion (1983) ou Le livre de Poche

- « Les mathématiciens » un auteur par article, Editions Belin Pour la science

- « Les génies de la science » collection éditée par la revue « Pour la science »

Autres sources

- Allez aussi consulter la brochure de l'ONISEP : « Les métiers des maths » (disponible sur Internet au format pdf)
- Vous pouvez aussi trouver au format pdf sur le site de la B.N.F., les « *Entretiens sur la pluralité des mondes* » de Fontenelle, le « *Newtonisme pour les dames* » d'Algarotti et « *L'astronomie des dames* » de Lalande.

SOMMAIRE

Avant de commencer : **p 2**

Introduction : **p 4**

Premier portrait : **HYPATIE** **p 7**
Mathématicienne grecque (v370 – 415)

Deuxième portrait : **Sophie BRAHE** **p 11**
Astronome danoise (1556-1643)

Troisième portrait : **Emilie Gabrielle du CHATELET** **p 13**
Mathématicienne et physicienne française (1706-1749)

Quatrième portrait : **Maria AGNESI** **p 19**
Mathématicienne italienne (16 mai 1718 - 6 janvier 1799)

Cinquième portrait : **Nicole Reine LEPAUTE** **p 24**
Astronome française (1723-1788)

Sixième portrait : **Caroline Lucretia HERSCHEL** **p 27**
Astronome allemande (1750 -1848)

Septième portrait : **Sophie GERMAIN** **p 30**
Mathématicienne française (1776-1831)

Huitième portrait : **Sophia KOVALESKAÏA** **p 37**
Mathématicienne russe (1850-1891)

Neuvième portrait : **Emmy NOTHER** **p 41**
Mathématicienne allemande (1882-1935)

Dixième portrait : **Carolyn SHOEMAKER** **p 45**
Astronome américaine (1929-

Pour Conclure, et aujourd'hui ? **p 48**

Sources **p 52**