

**Pierre Simon de LAPLACE 1749 – 1827**

## Etat de la science au XVIII<sup>ème</sup> siècle

⇒ Un siècle méconnu au plan scientifique.

⇒ Un foisonnement d'idées, de découvertes grâce aux savants tels que d'Alembert, Lagrange, Euler, Condorcet, Lalande, Lavoisier, Messier, Halley, Herschel et bien sûr Laplace dont l'historien des sciences, Roger Hahn, dira :

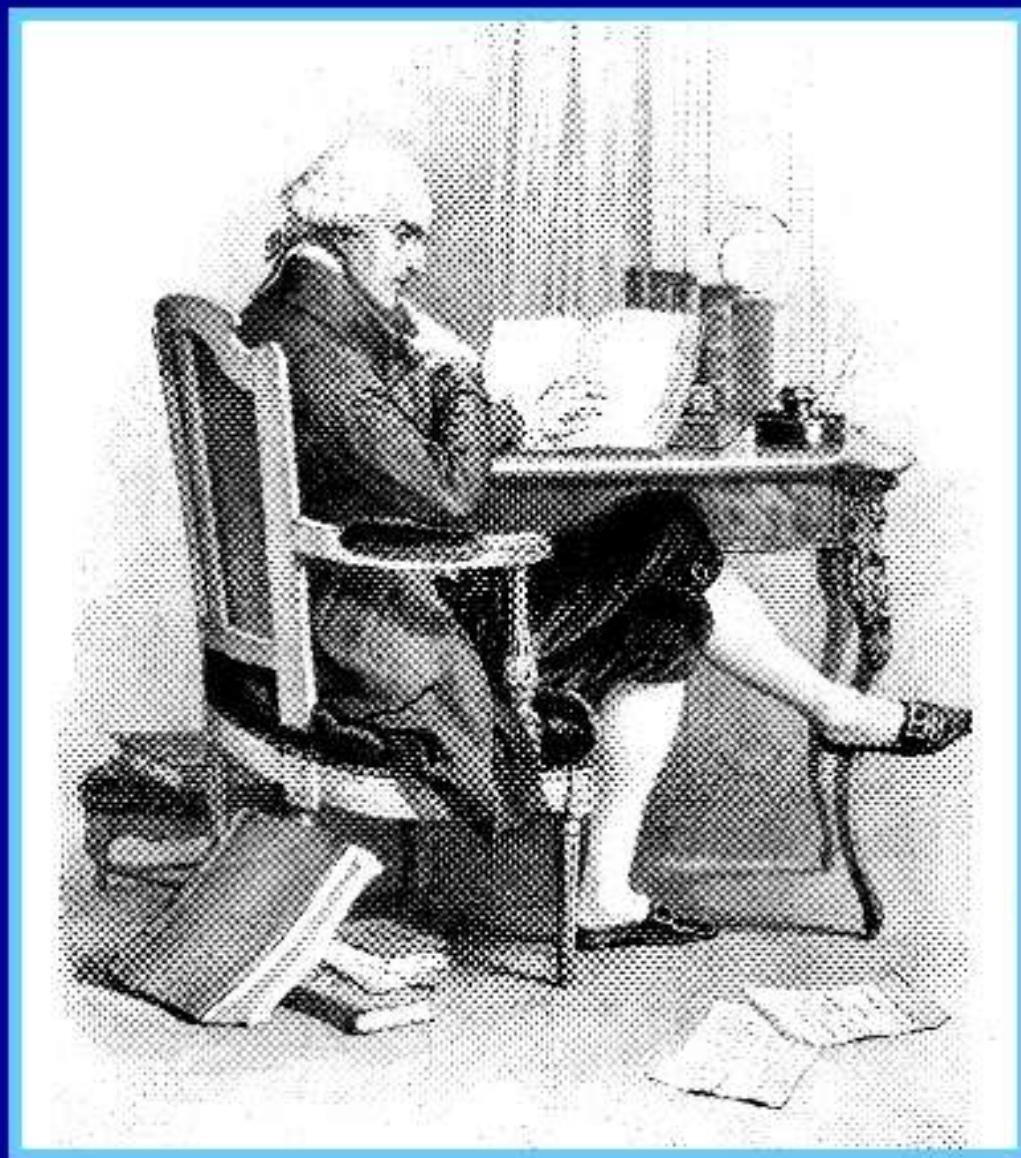
*« Laplace représente un modèle de persévérance intellectuelle et de détermination dans une époque de grand tumulte »*

## ÉLÉMENTS DE BIOGRAPHIE

- Né le 23 mars 1749 à Beaumont sur Auge (Normandie)
- Etudes au collège bénédictin de Beaumont, puis à l'université de Caen, de 16 à 18 ans, toujours chez les bénédictins ; élève d'Adam et de Gabbled, deux religieux « éclairés ».
- En 1769 Laplace « monte » à Paris.
- Influencé par le « traité de dynamique » de d'Alembert, qui remet en cause la toute puissance divine.
- D'Alembert refuse, dans un premier temps, de le rencontrer.
- Laplace rédige un essai, qui interpelle d'Alembert, sur le mouvement des corps dans le vide.

# L' ASCENSION

- D'Alembert va alors l'intégrer à son équipe et lui trouve un poste d'enseignant à l'école militaire.
- Il complète sa formation en mathématique en étudiant les ouvrages d'Euler et de Lagrange sur le calcul infinitésimal, appelé aussi calcul différentiel.
- A 21 ans, il tente d'entrer à l'Académie des Sciences.
- En 3 ans, il adresse 13 mémoires à l'Académie, dans trois disciplines : mathématiques, mécanique céleste et théorie des probabilités.
- A 24 ans, il est reçu à l'Académie des Sciences, où l'étendue de son savoir fait impression.
- Mort le 5 mars 1827 à Paris.



L'œuvre de LAPLACE

**L'essentiel de son œuvre scientifique s'attache à fournir un fondement solide à sa théorie de mécanique céleste, traitant de la stabilité du système solaire, de son origine, et qui motivera en partie sa théorie des probabilités.**

# ASTRONOMIE

**Un objectif** : calculer le cours elliptique des corps célestes : essai sur les comètes (1775) .

Alors que la plupart de ses collègues consacrent leurs efforts uniquement à améliorer les moyens d'observation, il va surtout s'attacher à formaliser la mécanique de l'Univers.

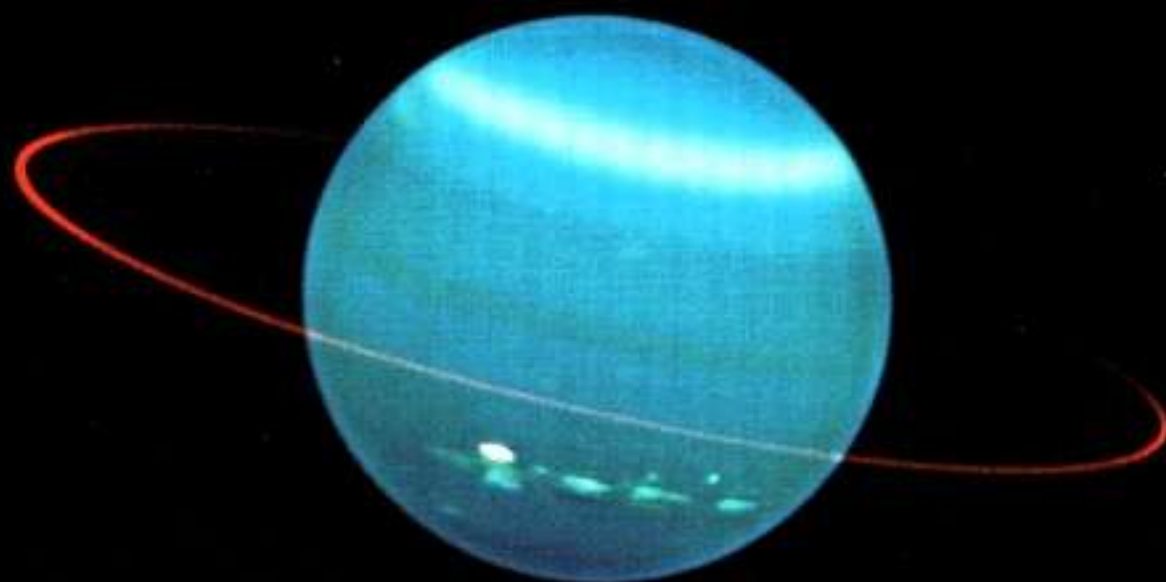
**Une passion** : la loi newtonienne de la gravitation.

Il écrit en 1776 : « Il n'existe point en physique de vérité plus incontestable et mieux démontrée, par l'accord de l'observation et du calcul que celle-ci : tous les corps célestes gravitent les uns autour des autres. Newton, auteur de cette découverte, **la plus importante qu'on aie faite dans la philosophie naturelle**, trouva que les mouvements observés des planètes ne peuvent subsister sans une tendance vers le soleil, proportionnelle à leur masse et réciproque au carré de leur distance à cet astre ».

## Une remarque :

Newton, connaissant les irrégularités de certaines planètes, pensait que la stabilité du système solaire était le résultat d'une intervention divine !

Laplace réfute cette explication et entend découvrir les lois logiquement plausibles et compatibles avec les observations.



## URANUS

Télescope Keck

Image réalisée en infrarouge  
le 12 - 07 - 2004

Découverte par William Herschel le 13 mars 1781.

Laplace conçoit une nouvelle méthode pour calculer les paramètres de ce corps céleste, ce qui permet de le reconnaître comme planète.

Il calcule l'inclinaison du plan orbital à partir de quatre localisations observationnelles.

Laplace consacre de longs articles aux mouvements de la Lune, de Jupiter, de Saturne, de leurs satellites ainsi qu'à ceux des comètes.

Dans son « mémoire sur les inégalités séculaires des planètes et des satellites » en collaboration avec Lagrange, il résout le problème des variations de vitesse des planètes Jupiter et Saturne et montre qu'elles oscillent autour de valeurs moyennes avec inversion tous les 877ans !

Il dira : « Ainsi le système du Monde ne fait qu'osciller autour d'un état moyen dont il ne s'écarte jamais que d'une très petite quantité » dans « L'exposition du système du Monde » en 5 tomes.

C'est en combinant l'idée d'une vitesse finie de la lumière et l'idée de la vitesse de libération, héritée de Newton (1666), que Pierre Simon Laplace et l'anglais John Mitchell mirent au jour la conséquence la plus fascinante de l'attraction gravitationnelle :

## LE TROU NOIR

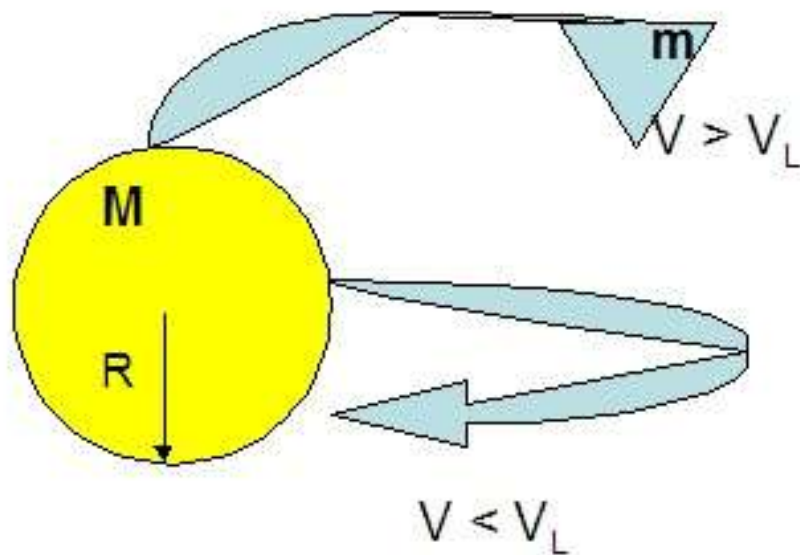


« Il existe donc dans les espaces célestes, des corps obscurs aussi considérables et peut être en aussi grand nombre que les étoiles. Un astre lumineux de même densité que la Terre, dont le diamètre serait 250 fois plus grand que celui du Soleil, ne laisserait, en vertu de son attraction, parvenir aucun de ses rayons jusqu'à nous. Il est donc possible que les plus grands corps lumineux de l'Univers soient, par cela même, invisibles ! »

Laplace – 1796

## REMARQUE

Bien que d'une grande valeur historique et didactique, la description d'un trou noir en termes de vitesse de libération de la lumière a un caractère simpliste.



$$\frac{1}{2} m V_L^2 = M m \varphi$$

( $\varphi = GMm / R =$  potentiel de gravitation)

$$dS^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

$$V_L \text{ Terre} = 11 \text{ km /s}$$

$$V_L \text{ Soleil} = 620 \text{ km /s}$$

$$V_L \text{ Naine blanche} = 10.000 \text{ km /s}$$

Là où Laplace répondait en termes de vitesse de libération, la relativité générale répond de manière plus subtile :

G. Birkoff a démontré en 1923, que **la solution de Schwarzschild (1916)** décrit plus généralement la géométrie de l'espace – temps régnant autour d'un astre en effondrement à condition que celui – ci reste exactement sphérique.

$$dS^2 = - dr^2 / 1 - 2m / r - r^2 d\theta^2 - r^2 \text{Sin}^2\theta d\Phi^2 + [ 1 - 2m / r ] dt^2$$

( Ou  $m = GM / c^2$  = masse relativiste ; M étant la masse « ordinaire » )

Au voisinage de la Terre le coefficient  $2m / r = 10^{-8}$  !!

« Le ciel est une forêt dans laquelle nous pouvons voir des arbres à toutes les étapes de leur développement »

*Laplace*

« La marque très personnelle laissée par Laplace dans le domaine de l'astronomie théorique constitue un héritage complexe dont il est difficile de mesurer la portée »

*Roger Hahn*

## PHYSIQUE, CHIMIE

Laplace fait partie d'un réseau de savants avec qui il poursuit des recherches sur la nature des « fluides impondérables », chaleur, lumière, électricité : [Delluc en Suisse](#), [Volta en Italie](#), [Watt et Crawford en Angleterre](#).

Collaboration active avec [Lavoisier de 1777 à 1794](#) ; lequel, richissime, met à sa disposition un laboratoire très bien équipé.

Ils démontrent, entre autre, que l'hydrogène, le dioxyde de carbone, en étant chauffé, libèrent des charges négatives.

Expériences réalisées en présence de Volta.

Travail en commun sur la synthèse et la décomposition de l'eau.

Participe activement au débat sur la nature de la lumière. Il penchera, enfin de compte, pour la théorie ondulatoire.

Laplace créa avec Lavoisier un appareil permettant de mesurer précisément la quantité de chaleur des corps. Ils purent ainsi mettre en évidence les lois générales de la calorimétrie.

La « force de Laplace » appliquée à un fil conducteur parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique est à la base des moteurs électriques.

QUESTIONS - Pourquoi un petit tube plongé dans l'eau semble aspirer cette eau ? - Pourquoi on peut remplir un verre d'eau un peu plus haut que le bord sans le faire déborder ? - Pourquoi une planche posée sur l'eau résiste à être « décollée » de la surface ?

La plupart des explications se trouvent dans les travaux de Laplace sur la capillarité.

C'est encore à Laplace que l'on doit des études théoriques sur la mesure barométrique de l'altitude.

Laplace fut le premier à expliquer la différence de 10% entre la vitesse du son mesurée et les prédictions newtoniennes ; elle tenait à l'influence de la modification de température le long de l'onde sonore.

En lien avec la théorie gravitationnelle de la Lune, Laplace étudia avec une très grande précision le phénomène des marées.

Laplace participa à la mise en place du système métrique en France.

# MATHÉMATIQUES

Travaille sur les probabilités et le déterminisme avec Carl Gauss.

*« Le hasard doit être considéré comme les autres sciences, de manière logique et numérative, afin qu'une science raisonnée vienne supplanter les préjugés intuitifs erronés ».*

Les découvertes mathématiques de Laplace reposent sur son insatiable besoin de confronter avec une grande précision les prévisions théoriques et la mesure pratique des phénomènes physiques.

La théorie des probabilités montre la nécessité de ne pas se contenter de mesures isolées.

Les méthodes d'approximation, de résolution d'équations différentielles, d'équations algébriques linéaires sont autant d'instruments pour calculer et expliquer des phénomènes compliqués ou apparemment marginaux et pour en prédire certains.

# Les travaux de Laplace contribuent à faire de la science des probabilités une discipline mathématique à part entière.

*Le « démon de Laplace »: un acte de fois dans le déterminisme.*

« Nous pouvons considérer l'état actuel de l'Univers comme l'effet de son passé et la cause de son futur.

Une intelligence qui, à un instant déterminé devrait connaître toutes les forces qui mettent en mouvement la Nature et les positions de tous les objets dont elle est composée, si cette intelligence fut en outre suffisamment ample pour soumettre ses données à l'analyse, celle-ci renfermerait dans une unique formule les mouvements les plus grands de l'Univers et des atomes les plus petits.

Pour une telle intelligence le futur comme le passé serait évident à ses yeux »

*(Essai philosophique sur les probabilités)*

« Les questions les plus importantes de la vie ne sont en effet, pour la plupart, que des problèmes de probabilités »

*(Introduction à la théorie des probabilités)*



**Philosophie  
et  
Politique**

Laplace se déclare très tôt rationaliste athée et ne changera pas d'avis jusqu'à sa mort, malgré une épouse bigote !

Il réfute l'argument de Pascal sur l'existence de Dieu.

Choqué par le déisme de Newton, il évoque la possibilité que cette «dérive» soit due à sa maladie !

A Napoléon qui lui fait remarquer que dans son œuvre immense il n'est nulle part question de Dieu, il répond :  
**« Sire je n'ai pas besoin de cette hypothèse ».**

## *Laplace se désintéresse totalement de la politique.*

Il traverse de nombreux régimes :

- La monarchie absolue - La révolution - Le consulat.-  
L'empire.- La restauration.

Opportuniste, il saura s'attirer aussi bien les faveurs de Napoléon, (qui le nommera ministre de l'intérieur et de l'éducation), que par la suite celles de Louis XVIII (qui le fit pair de France et marquis !)

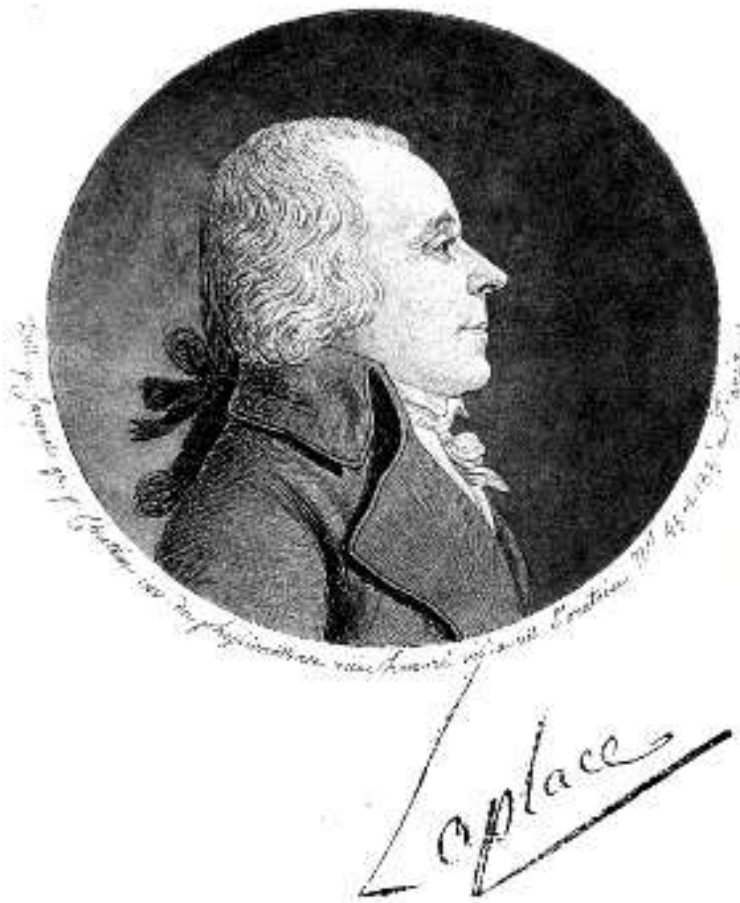
**→ Son unique objectif, cependant, sera la défense, la promotion et l'enseignement de la science.**

- Il participe à la création de l'école normale en 1794, où il y donne des cours très suivis et à celle de l'école polytechnique.
- Rédige des ouvrages destinés à l'enseignement.
- Utilise sa neutralité pour devenir l'interlocuteur privilégié des pouvoirs publics en ce qui concerne la science.
- Il fonde, avec Berthollet, la société d'Arcueil, creuset de rencontre entre jeunes physiciens, chimistes éminents et scientifiques proches du pouvoir.

## Essai de conclusion.

Laplace a apporté une contribution essentielle à la science de son époque.

Travailleur acharné jusqu'à sa mort (1827) il restera fidèle à une méthodologie fondée sur la nécessité d'un accord entre la théorie, l'observation et l'expérimentation.



« En mécanique céleste, Laplace fut au XIX<sup>ème</sup> siècle ce que Newton avait été au XVIII<sup>ème</sup>. Son traité de mécanique céleste et la traduction anglaise qu'en fit le mathématicien américain Bowditch jouèrent un rôle comparable à celui des Principia ».

*Jacques Merleau - Ponty*