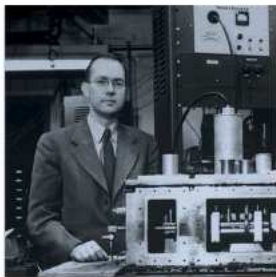
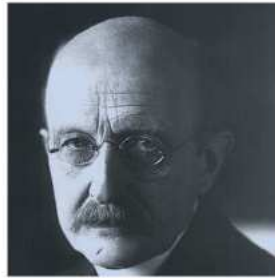


Les hommes de la lumière

Les
50 ans
du
LASER



EXPOSITION

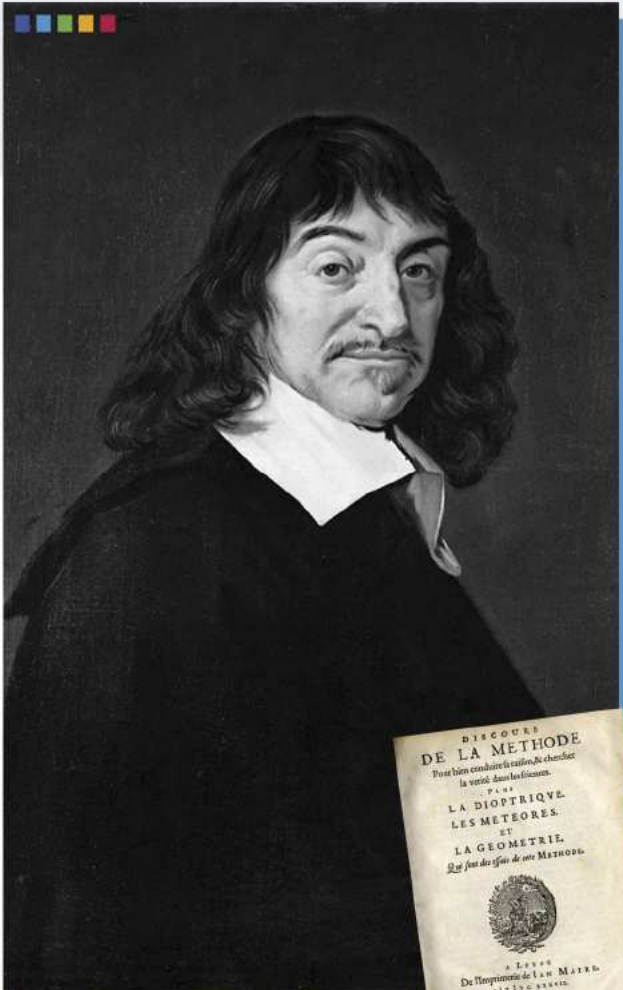
LES HOMMES DE LA LUMIERE





1

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Portrait de René Descartes (d'après Frans Hals, Musée du Louvre)

XVII^{ème} siècle

« Les premières lois »



René DESCARTES

René Descartes (1596-1650), physicien, mathématicien et philosophe, appliquera en philosophie les méthodes rigoureuses des mathématiques. On lui doit cet esprit cartésien qui fera la réputation des français.

Ses nombreux travaux en physique, publiés dans son « Discours de la méthode » sont avant tout connus par les lois de Descartes, régissant la propagation de la lumière dans des milieux différents.

En fait, ces lois ont été énoncées vers 984 par Ibn Sahl, mathématicien arabe à la cour de Bagdad.

Willebrord Snell van Royen, physicien néerlandais célèbre pour sa table des sinus et René Descartes introduiront ces lois en Occident en s'en attribuant la paternité.

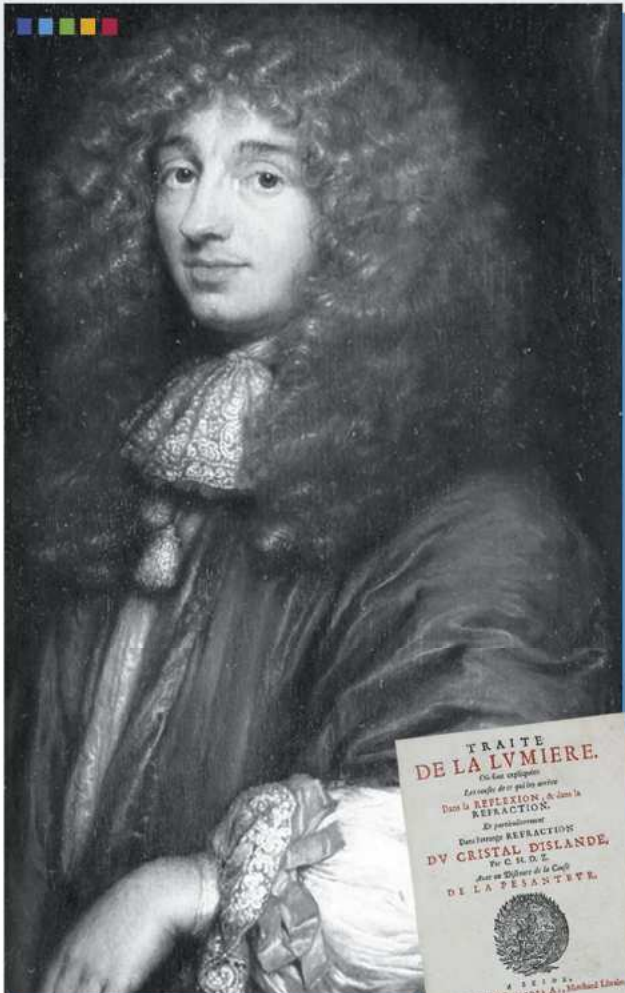
A noter

Pierre de Fermat en 1657 complètera les lois de Descartes par un principe fondamental énonçant que le trajet parcouru par la lumière entre deux points est toujours celui qui optimise le temps de parcours. Les théories de l'optique géométrique feront la loi jusqu'à l'aube du XIX^{ème} siècle.



2

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Christiaan Huygens (© Museum Boerhaave, Leiden)

XVII^{ème} siècle « Ondes ou particules ? »



Christiaan HUYGENS

Christiaan Huygens (1629-1695) est un mathématicien, astronome et physicien néerlandais.

En 1655, il découvrit Titan, la lune de Saturne.

En réponse aux articles d'Isaac Newton sur la lumière, Christiaan Huygens se lance dans l'étude de la nature de la lumière.

Il découvre en 1677 que les lois de réflexion et de réfraction de Snell-Descartes sont conservées si l'on suppose une propagation de la lumière sous la forme d'ondes.

Sa théorie ondulatoire, présentée en 1678 et publiée en 1690 dans son *Traité de la Lumière*, sera vite éclipsée par les succès newtoniens.

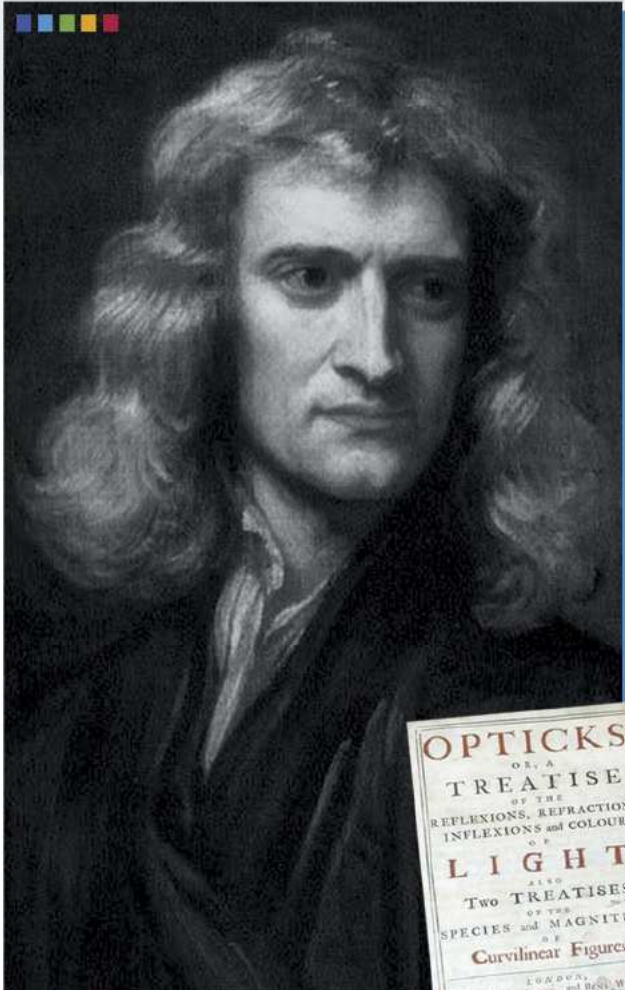
A noter

Historiquement, l'optique, apparue dès l'Antiquité, a d'abord été géométrique. Basée sur des principes simples, elle a pu expliquer les phénomènes de réflexion et de réfraction. Au XIX^{ème} siècle, la découverte de nouveaux phénomènes a conduit au développement de l'optique physique ou ondulatoire.



3

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Isaac Newton (© Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences)

XVII^{ème} siècle

« Ondes ou particules ? »



Isaac NEWTON

Isaac Newton (1643-1727) est un philosophe, mathématicien, physicien, alchimiste et astronome anglais.

Figure emblématique des sciences, il est surtout reconnu pour sa théorie de la gravitation universelle.

En 1704, il fit publier son traité *Opticks* dans lequel il expose sa théorie corpusculaire de la lumière, ses études sur la réfraction et la diffraction de la lumière et sa théorie des couleurs.

Il y démontre ainsi que la lumière blanche est formée de plusieurs couleurs et déclare qu'elle est composée de particules ou de corpuscules.

A noter

« Tout ce qui n'est pas déduit des phénomènes, il faut l'appeler hypothèse ; et les hypothèses, qu'elles soient métaphysiques ou physiques, qu'elles concernent les qualités occultes ou qu'elles soient mécaniques, n'ont pas leur place dans la philosophie expérimentale. » (Isaac Newton, *Principes mathématiques de philosophie naturelle* (1687), livre III, *scholium generale*)



4

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Thomas Young (© National Portrait Gallery, Londres)

XIX^{ème} siècle « Ondes ou particules ? »



Thomas YOUNG

Thomas Young (1773-1829) est un médecin, physicien et égyptologue britannique.

Son excellence, dans de nombreux domaines différents, fait de lui un « *homme d'esprit universel* », au même titre que Léonard de Vinci, Gottfried Leibniz ou Francis Bacon.

Il exerça la médecine toute sa vie, mais est surtout connu pour son expérience des fentes de Young en optique, dans laquelle il mit en évidence et interpréta le phénomène d'interférences lumineuses.

Malgré la pertinence de ses arguments, Young n'a pas la force de conviction nécessaire pour s'opposer à la « toute-puissance » de la théorie corpusculaire newtonienne.

A noter

A l'âge de 16 ans, il maîtrise plus de dix langues, dont plusieurs orientales, et lit assidûment tous les textes classiques et scientifiques sur lesquels il peut mettre la main dans leur version originale.

Thomas Young s'intéressa également à l'égyptologie en participant activement à l'étude de la pierre de Rosette. Champollion évitera toujours de mentionner le travail de Young dont il a pourtant largement profité.



5

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Augustin Fresnel (© Augustin Fresnel, détail d'une gravure de Ambroise Tardieu, 1825)

XIX^{ème} siècle
« Ondes ou particules ? »



Augustin FRESNEL

Augustin Fresnel (1788-1827), physicien français, est le fondateur de l'optique moderne. Ses travaux en optique se situent dans le cadre de la théorie ondulatoire de la lumière.

Fresnel doute beaucoup de la nature corpusculaire de la lumière, théorie proposée par Newton, qui est alors plébiscitée, et que seuls Huygens et Young ont osé remettre en cause.

Grâce à une analyse mathématique très fine (utilisant notamment les célèbres intégrales de Fresnel), il parvient à éliminer quasiment toutes les objections faites à la théorie ondulatoire.

Fresnel était aussi passionné par les problèmes pratiques de l'optique.

Employé depuis 1819 par la commission des phares et des balises, il invente le système des lentilles à échelon, qui permet d'accroître la portée des phares.

A noter

Pendant très longtemps, les physiciens ont supposé que, comme le son dans l'air ou les ondes à la surface d'un milieu liquide, la lumière se propageait dans un fluide : l'éther, censé remplir le vide de l'univers.

En 1897, les physiciens français **Charles Fabry** et **Alfred Perot**, inventent « l'interféromètre de Fabry-Perot », qui a révolutionné la spectrométrie et est devenu, plus tard, un composant de base des lasers.





6

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



James Maxwell (© « The Life of James Clerk Maxwell », L. Campbell et W. Garnett, 1862)

XIX^{ème} siècle

« Ondes ou particules ? »



James MAXWELL

James Maxwell (1831-1879) est un physicien et mathématicien écossais.

Il est principalement connu pour avoir unifié en un seul ensemble d'équations (*les équations de Maxwell*), l'électricité, le magnétisme et l'induction.

Il a notamment démontré que les champs électriques et magnétiques se propagent dans l'espace sous la forme d'une onde, à la vitesse de la lumière.

Ses contributions à la science sont considérées par certains comme aussi importantes que celles d'Isaac Newton ou d'Albert Einstein.

A noter

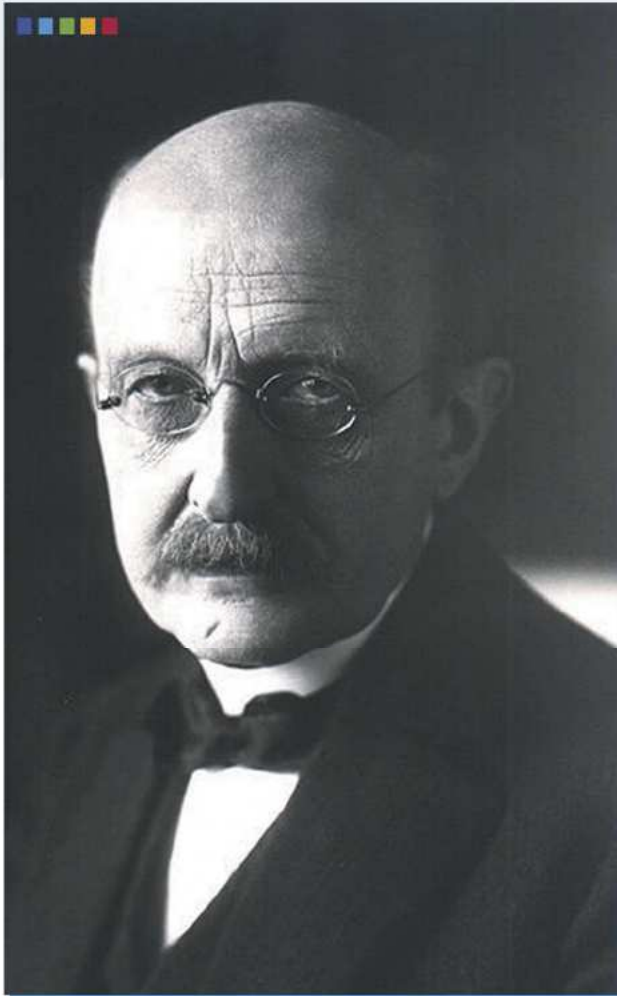
En 1931, pour le centenaire de la naissance de Maxwell, Einstein lui-même décrivait les travaux de Maxwell comme les « plus profonds et fructueux que la physique ait connu depuis le temps de Newton ».





7

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Max Planck (photo d'origine inconnue)

1899

« La révolution quantique »



Max PLANCK

Max Planck (1858-1947) est un physicien allemand.

Il s'intéresse dès 1894 au rayonnement électromagnétique du corps noir.

En 1900, après des recherches acharnées, Max Planck parvient à trouver une explication théorique en émettant une hypothèse très audacieuse :

« L'émission de la lumière ne se produit pas de manière continue mais par petits grains d'énergie, appelés quanta (dont les valeurs répondent à la formule $E = h\nu$ où ν est la fréquence et h un nombre appelé constante de Planck) ».

Max Planck signe ainsi l'acte de naissance de la mécanique quantique.

La « théorie des quantas », présentée à la société de physique de Berlin à la fin de 1900, lui vaudra le Prix Nobel de physique en 1918.

A noter

Le corps noir est un objet idéal qui absorberait toute l'énergie électromagnétique qu'il recevrait, sans en réfléchir ni en transmettre. Son spectre du rayonnement dépendra uniquement de la température.

La théorie des quanta a servi de pont entre la physique classique et la physique quantique.





8

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Niels Bohr et Albert Einstein (1925 / © P. Ehrenfest)

1913

« La révolution quantique »



Niels BOHR

Niels Bohr (1885-1962) est un physicien danois.

Il publie en 1913 un modèle de la structure de l'atome dans lequel les électrons ont la possibilité de passer d'une couche à une autre, émettant un quantum d'énergie (*plus petite quantité d'énergie, indivisible*) : le photon. Niels Bohr recevra le prix Nobel de physique en 1922 « pour ses études de la structure des atomes et des radiations qui en proviennent ».

Le modèle de Bohr sera abandonné dans les années 1925 avec l'avènement de la théorie quantique « moderne » et de l'équation de Schrödinger. Il garde néanmoins le mérite d'avoir été le premier modèle « quantique » cohérent de l'atome, ayant motivé l'intérêt des scientifiques pour le sujet.

Conscient des problèmes éthiques posés par les armes atomiques, il essaie en vain, en 1944, de persuader Winston Churchill et Franklin Roosevelt de la nécessité d'une collaboration internationale.

En 1957, il reçoit le premier U.S. Atoms for Peace Award.

A noter

Pour résoudre les difficultés posées par la théorie quantique naissante, Bohr établit 2 principes : le « principe de correspondance » (qui établit un lien entre les notions classiques et quantiques) et le « principe de complémentarité » (d'après lequel un objet quantique peut, selon les conditions expérimentales, être décrit soit en termes d'ondes, soit en termes de particules).

La physique quantique regroupe un ensemble de théories physiques nées au début du XX^{ème} siècle.

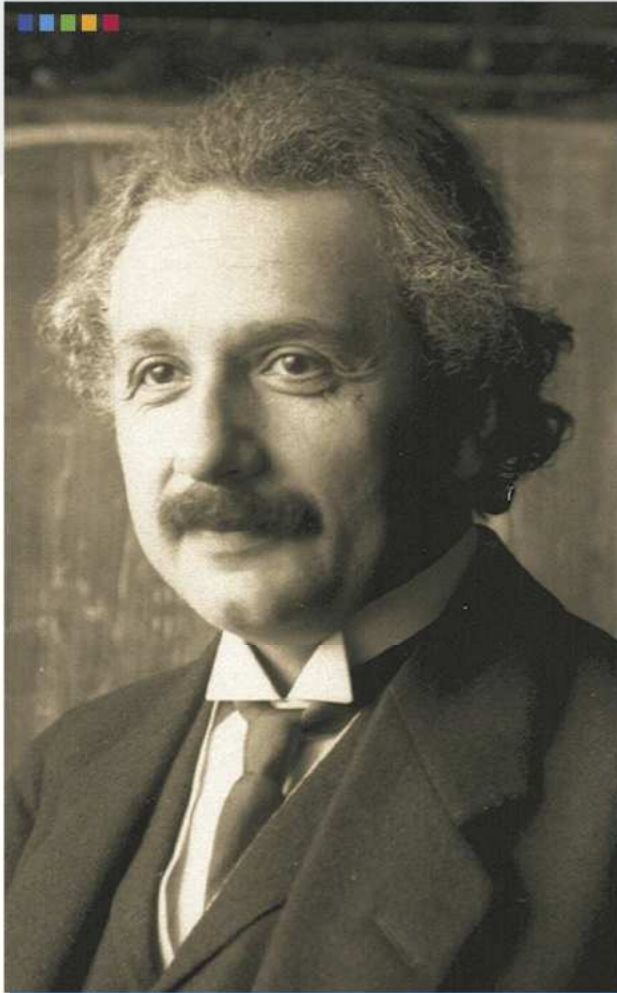
A la différence de la physique classique, elles sont capables de décrire l'infiniment petit ainsi que certaines propriétés du rayonnement électromagnétique.





9

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Albert Einstein (1921 - © Albert Einstein Archiv, Jerusalem, F. Schmutzer)

1917

« La révolution quantique »



Albert EINSTEIN

Albert Einstein (1879-1955) est un physicien qui fut successivement allemand, suisse, et enfin helvético-américain.

Il publie sa théorie de la relativité restreinte en 1905 et une théorie de la gravitation dite relativité générale en 1915.

Il contribue largement au développement de la mécanique quantique et de la cosmologie et reçoit le prix Nobel de physique en 1921 pour son explication de l'effet photoélectrique.

Son travail est notamment connu pour son équation $E=mc^2$, qui établit une équivalence entre la masse et l'énergie d'un système.

En 1917, Albert Einstein montre de façon théorique que l'émission d'un photon lorsqu'un atome se désexcite peut être stimulée, par un photon de même énergie.

Dans ce processus que personne n'avait encore imaginé, appelé « émission stimulée », le photon émis possède les mêmes caractéristiques que le photon « stimulant ».

Cette découverte sera à l'origine, quarante ans plus tard, du processus d'émission **LASER**.

A noter

« La théorie, c'est quand on sait tout et que rien ne fonctionne. La pratique, c'est quand tout fonctionne et que personne ne sait pourquoi. » (Albert Einstein)

Lors d'une discussion, Albert Einstein, pour marquer son opposition à l'interprétation probabiliste de la physique quantique, jeta : « Gott würfelt nicht » (« Dieu ne joue pas aux dés »).
Ce à quoi Bohr répondit : « Qui êtes-vous Einstein, pour dire à Dieu ce qu'il doit faire ! »





10

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Alfred Kastler (© revue polonaise « Problemy », Avril 1967)

1950

« Les pionniers du laser »



Alfred KASTLER

Alfred Kastler (1902-1984) est un physicien français.

Il reçut le prix Nobel de physique en 1966 pour la découverte et le développement de méthodes optiques permettant d'étudier la résonance hertzienne des atomes, notamment la technique du pompage optique, élaborée en 1950.

Ce processus, qui permet une émission beaucoup moins aléatoire que la normale, sera repris quelques années plus tard et donnera naissance au **MASER** (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) puis au **LASER** (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

Alfred Kastler s'est toujours défendu d'être le grand-père du laser : « Si le pompage optique a été mis en oeuvre pour la réalisation du premier Laser en 1960, ce n'est que le fait du hasard... » (Alfred Kastler)

A noter

« Un scientifique, comme un sculpteur ou un peintre doit apprendre à regarder le monde extérieur, à retenir l'essentiel, à savoir distinguer le réel du rêve. Et dans la recherche de la vérité, il doit apprendre à devenir véridique. »
(Alfred Kastler, Discours à l'Université de Bordeaux, 22 mai 1967)



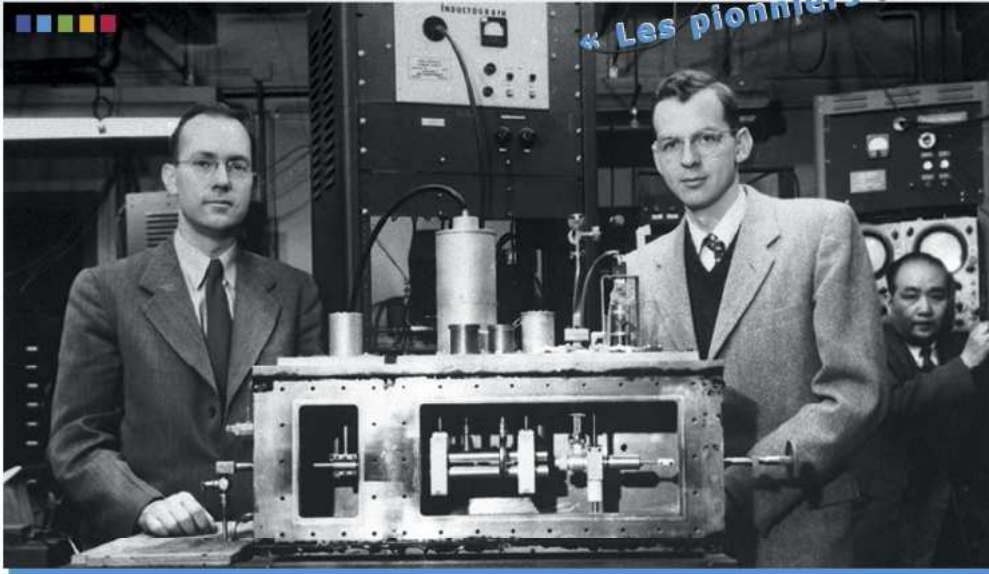


11

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE

1954

« Les pionniers du laser »



Charles Townes (gauche) et James Gordon avec le premier MASER (1955 / © Bettmann / Corbis)



Charles TOWNES

Charles Townes (né le 28 juillet 1915) est un physicien américain.

En 1954, James Gordon, Herbert Zeiger et lui-même, inventent le **MASER**, un amplificateur de micro-ondes par émission stimulée qui fonctionne sur des principes similaires à celui du LASER.

En 1964, il partagera le Prix Nobel de Physique avec Basov et Prokhorov pour leurs travaux fondamentaux qui mèneront à la construction d'oscillateurs et d'amplificateurs basés sur le principe du MASER-LASER.

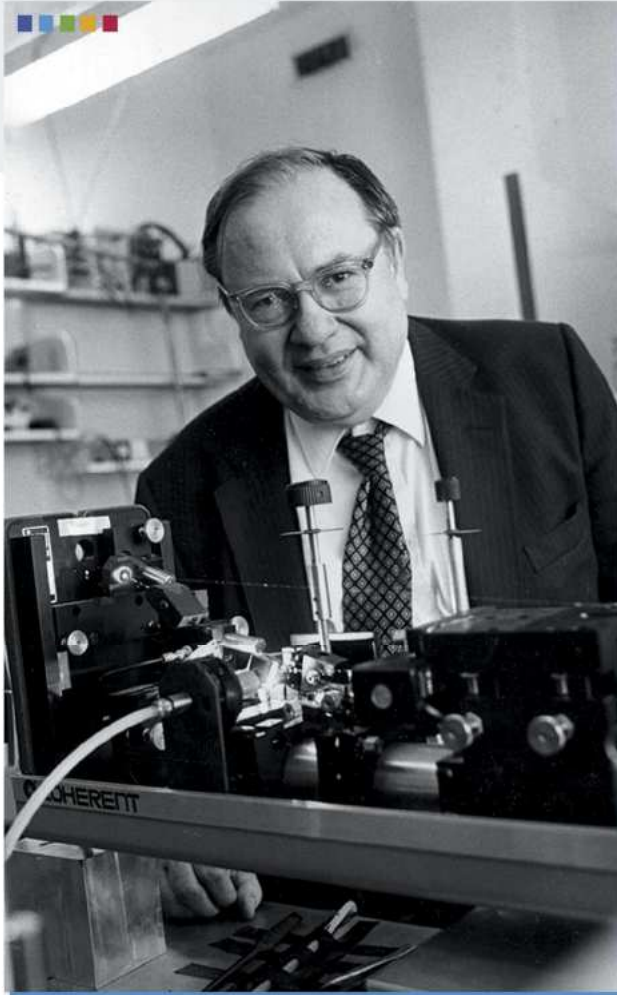
A noter

Le **prix Nobel de physique** est une récompense gérée par la Fondation Nobel, selon les dernières volontés du testament du chimiste Alfred Nobel. Il récompense des figures scientifiques éminentes s'étant brillamment illustrées en physique. Il est attribué chaque année en octobre par les membres de l'Académie royale des sciences de Suède.



12

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE



Arthur Schawlow avec un laser à colorant en anneau (© Paul Sakuma / AP Photo)

1958

« Les pionniers du laser »



Arthur SCHAWLOW

Arthur Schawlow (1921-1999) est un physicien américain, Prix Nobel de physique en 1981.

En 1958, il publie avec Charles Townes un article dans Physical Review, considéré comme l'acte de naissance théorique du laser, que l'on appelait alors Optical Maser.

En 1991 la NEC Corporation a établi un prix : le « Arthur L. Schawlow Prize in Laser Science » qui récompense annuellement les candidats qui ont effectué une contribution exceptionnelle à la recherche fondamentale utilisant des lasers.

A noter

Les 10 prix Nobel dans le domaine des lasers :

Charles Townes, Alexandr Prokhorov, Nicolay Basov (1964)... Alfred Kastler (1966)...
 Nicolaas Bloembergen, Arthur Schawlow (1981)... Norman Ramsey (1989)...
 Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji, William Phillips (1997)... Ahmed Zewail (1999)... Zhores Alferov, Herbert Kroemer (2000)...
 Eric Cornell, Wolfgang Ketterle, Carl Wieman (2001)... John Hall, Theodor Hänsch (2005)... Charles Kao (2009).



13

LES HOMMES DE LA LUMIÈRE

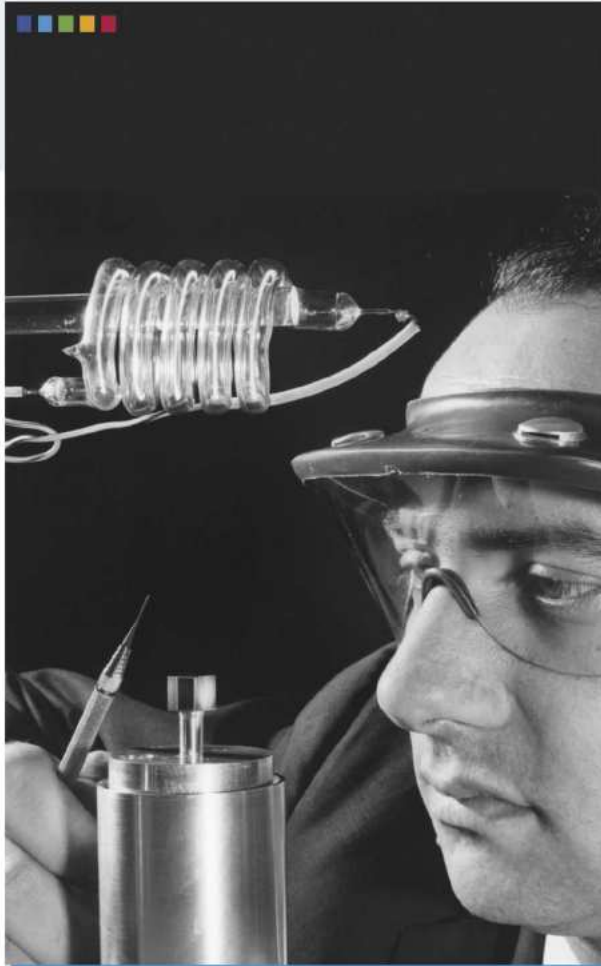


Photo officielle présentant le physicien *Théodore Maiman* et son invention : le laser à rubis. En réalité, le laser présenté sur cette photo n'est pas « le premier laser ». Il a été préféré par les journalistes au laser original, jugé trop petit... (© Hughes Aircraft Company)

1960

« Les pionniers du laser »



Théodore MAIMAN

Théodore Maiman (1927-2007), est un physicien américain. Il est connu comme l'inventeur du laser.

Le 16 mai 1960, à l'écart des grands centres de recherche et malgré un soutien très modéré de son employeur, Théodore Maiman eut l'idée d'utiliser une puissante source d'énergie (un simple flash, comme ceux des appareils photos !) afin d'exciter optiquement les atomes d'un cristal de synthèse.

Contrairement à ses collègues Schawlow et Townes, qui utilisèrent le gaz pour leur fameux maser, Maiman fit le pari d'utiliser un solide : du rubis dopé avec des ions de chrome.

A noter

En 1960, **Ali JAVAN**, physicien iranien naturalisé américain, réalise le premier laser à gaz (hélium-néon).

En 1962, **Maurice BERNARD** et **Georges DURAFFOURG**, physiciens français, établissent la théorie des lasers à semi-conducteurs.





Lecteur CD, DVD, imprimantes, fibres optiques, soudure, chirurgie, énergie... le laser est partout !

Il est présent dans la grande majorité des innovations technologiques qui ont fait évoluer nos sociétés ces dernières années.

Tout le monde le côtoie au quotidien et l'utilise sans même le savoir.

En un mot le laser se fait oublier... autant qu'il fascine !

A l'occasion de son cinquantième anniversaire, la région Bretagne, pôle optique pionnier français en matière de laser, l'Abret la clé des sciences, centre de Culture Scientifique breton, le CNRS et le laboratoire Foton s'associent pour fêter cet événement.

EXPOSITION
LUMIÈRE

EXPOSITION LES HOMMES DE LA LUMIÈRE

Réalisation Abret la clé des sciences

Commissariat Michel Tréheux, Victor Riche (Abret)

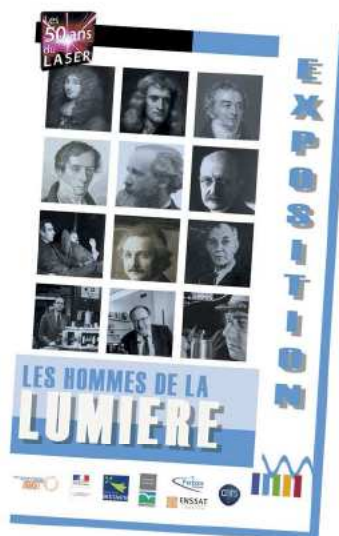
Conseil scientifique • Laboratoire CNRS Foton
• Abret la clé des sciences

Dossier pédagogique Eric Millour
(Professeur au collège Charles Le Goffic, Lannion)

Maquette de laser Jérôme Hamy (CréArtProd)

Valises Pédagogiques Yslav

Stage d'étude Lucile Ronflette (Abret)



PARTENAIRES

Partenaires financiers

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Conseil Régional Bretagne
Conseil Général des Côtes d'Armor

Partenaires scientifiques et ressources

Laboratoire Foton (Enssat Lannion, IUT Lannion, INSA Rennes, Télécom Bretagne, CNRS)
ENIB Brest / IPR Rennes / Délégation Bretagne du CNRS et CNRS Image

Remerciements pour leur aide

CEA Saclay / Onera / Société Française d'Optique
Service Patrimoine Scientifique et Technique, Université Rennes 1

LE LASER FÊTE SES 50 ANS

