

Ministère de l'Education National

Direction Nationale de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Département de Physique-Chimie
Option : Physique

REPUBLIQUE DU MALI

Un Peuple - Un But - Une Foi



ECOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE BAMAKO

(ENSUP)



Devoir à domicile

Les grandes découvertes scientifiques

Présenté par :

NOM : TRAORÉ

PRÉNOMS : ABOUBACAR DAOUDA

DATE ET LIEU DE NAISSANCE : LE 13/05/1997 À SIKASSO

CLASSE : MASTER 2 PHYSIQUE ; SEMESTRE 1 (S1)

UE : Histoire des sciences

Prof : Dr. Douga NASSOKO

BAMAKO, le 31/10 /2019

Plan

- I. La Grèce antique et l'époque hellénistique :
mathématiques, physique, astronomie, et
chimie
- II. L'astronomie de Copernic à Galilée
- III. La mécanique
- IV. Les XVIIIe et XIXe siècles : astronomie,
mécanique, optique, électricité
- V. Le XXe siècle : relativité et théorie quantique

I. La Grèce antique et l'époque hellénistique : mathématiques, physique, astronomie, et chimie

La science grecque est caractérisée avant tout par un souci d'intelligibilité : on voulait comprendre les phénomènes en les insérant dans un système. Elle est aussi caractérisée par l'usage de raisonnements logiques, mais en général très spéculatifs. Les Grecs sont avant tout d'excellents dialecticiens, c'est-à-dire qu'ils s'efforcent de convaincre leurs interlocuteurs.

1. Mathématiques

- **Thalès de Milet** : Savant grec né à Milet vers 625 av. J-C et mort vers l'an 547 av. J-C.

Il fut le premier mathématicien à l'époque hellénique et qui aurait reçu les techniques de résolution des triangles à l'origine de la théorie des proportions. Cette théorie permet d'établir la relation entre deux figures semblables et a des applications remarquables : la mesure de la distance d'un navire en mer à l'aide de triangles semblables, la mesure de la hauteur d'une pyramide à l'aide de l'ombre d'un bâton. Connue aussi pour son théorème stipulant qu'un triangle inscrit dans un demi-cercle est nécessairement rectangle.

On peut présumer que Thalès n'est pas l'auteur de ces théorèmes, mais qu'il les a empruntés aux égyptiens.

- **Pythagore** : Né vers 580 av. J-C à Samos et mort vers 495 av. J-C à Métaponte.

Pythagore fut élève de Thalès et est originaire de Samos, une petite île de la mer Egée, non loin de Milet, fonde une école à Métaponte. Connue pour sa théorie pour les triangles rectangles qui stipule que : « dans un triangle rectangle, l'hypoténuse au carré est égale à la somme des carrés des deux autres côtés au carré ». Il découvre également trois des onze proportions possibles entre trois termes (a, b, c) : les proportions arithmétiques (elle fait que le 1^{er} dépasse le second de la même quantité que celui-ci dépasse le 3^{ème} : $a-b=b-c$), géométriques (elle fait que le 1^{er} terme est au second ce que le second est au 3^{ème} : $a/b=b/c$) et harmonique (fait que : « quelle que soit la part de lui-même dont le 1^{er} terme dépasse le second, le second dépasse le troisième de la même part de ce troisième » : $(a-b)/a = (b-c)/c$).

- **Eudoxe de Cnide** : Rattaché à l'école de Platon, Eudoxe de Cnide (av.-406/av.-355) est considéré comme le plus grand mathématicien de

l'antiquité après Archimède. La principale contribution d'Eudoxe aux mathématiques est l'introduction du concept de 'grandeur'. Il ne traite que de grandeurs géométriques (longueurs, aires et volumes).

Eudoxe est l'inventeur de la méthode des exhaustions, une technique de construction géométrique qui anticipe le calcul différentiel et intégral. Grâce à cette méthode, Eudoxe démontre que :

- ✓ Le rapport des surfaces de deux cercles est le carré du rapport de leurs rayons.
- ✓ Le rapport des volumes de deux sphères est le cube du rapport de leurs rayons.
- ✓ Le volume d'une pyramide est le tiers de celui d'un prisme ayant la même base et la même hauteur.
- ✓ Le volume d'un cône est le tiers de celui d'un cylindre ayant la même base et la même hauteur.

Cette méthode sera plus tard utilisée par Archimède, entre autre dans le calcul du nombre π ($\pi \approx 3,14$).

● Euclide : Né vers -325 av. J-C et mort vers l'an -265 av. J-C.

Euclide a vécu à Alexandrie au début du III^e siècle avant notre ère. De tous les géomètres de l'Antiquité, il est celui qui a le plus profondément influencé la postérité. Son œuvre principale, les 'Eléments', comporte 467 théorèmes répartis en 13 livres divisés comme suit :

- ✓ Livres I à IV : géométrie plane.
- ✓ Livres V et VI : la théorie des proportions et ses applications.
- ✓ Livres VII à IX : la théorie des nombres entiers.
- ✓ Livre X : les nombres irrationnels.
- ✓ Livres XI à XIII : géométrie de l'espace (polyèdres, etc.).

Cette œuvre a fait autorité en matière de géométrie jusqu'au XIX^e siècle et est encore utilisable de nos jours, ce qui est une marque incontestable de sa qualité et de sa profondeur. Le premier livre d'Euclide contient un ensemble de définitions (point, droite, angle, etc.) ainsi que cinq postulats, qui forment la base de la géométrie :

- ✓ On peut tracer une droite d'un point quelconque à un autre.
- ✓ On peut prolonger tout segment de droite en une droite infinie.
- ✓ On peut tracer un cercle de centre et de rayon quelconques.
- ✓ Tous les angles droits sont égaux entre eux.
- ✓ Si deux droites sont coupées par une troisième et que la somme des angles intérieurs coupés par cette dernière, du même côté, est inférieure à deux angles droits, alors les deux premières droites se rencontreront de ce côté. L'apport principal d'Euclide est la méthode axiomatique,

c'est-à-dire la construction d'un ensemble de propositions mathématiques obtenues à partir d'un nombre fini de postulats à l'aide de raisonnements logiques rigoureux.

- **Archimède**

Archimède (–287/–212) a passé le gros de sa vie à Syracuse, en Sicile, bien qu'il ait étudié à Alexandrie. Il était géomètre et mécanicien et excellait à la fois dans les sciences théoriques et pratiques.

En mathématiques, Archimède est considéré comme un précurseur du calcul intégral, par son utilisation fréquente de la méthode des exhaustions dans le calcul des aires, des volumes ou des longueurs de courbes.

Dans son livre « La mesure du cercle », il obtient une valeur approximative de π (pi) en considérant une succession de polygones inscrits et circonscrits au cercle (jusqu'à 96 côtés). Il obtient : $3,1408 < \pi < 3,1429$.

- **Apollonius de Perga**

Apollonius de Perga vécut à Alexandrie, à Éphèse et à Pergame, vers la fin du –IIIe siècle et le début du IIe siècle. Il est l'auteur d'un ouvrage en 8 livres : Les coniques, dont sept nous sont parvenus, qui contiennent pas moins de 487 théorèmes. Apollonius étudie en grand détail les propriétés des courbes (ellipse, parabole, hyperbole). Son œuvre sera plus tard essentielle aux travaux de Kepler sur les orbites et de Galilée sur les projectiles. Elle permet aux Grecs de résoudre des problèmes algébriques du second degré.. Avec Eudoxe, Euclide et Archimède, Apollonius est considéré comme l'un des plus grands mathématiciens de l'Antiquité.

2. Physique

La physique est, comme l'indique son nom, la science de la nature. Comme toute science, elle a pour but de connaître son objet par les causes.

- **Thalès de Milet** supposa que l'eau était le principe de toute chose. Il constata également l'attraction qu'exerce l'ambre, frotté sur les corps légers (naissance de l'électricité et aimantation).

- **Archytas** (-435 à -347) inventa la vis et la poulie. Il pensait que le lieu et les corps sont illimités.
- **Aristote** (384-322 av J.C.)

Il développe un modèle de physique basé sur l'observation et la perception intuitive des phénomènes de la nature. Il définit la nature comme principe de mouvement et de repos. Le repos n'est pas une restitution de mouvement mais il est une partie du mouvement qui emporte tous les éléments qui le compose dans un mouvement discontinu. Le mouvement se compose d'un mouvement naturel et d'un mouvement forcé.

Aristote aborde le traité sur les causes, qui sont :

- ✓ cause matérielle
- ✓ cause motrice
- ✓ cause formelle
- ✓ cause finale.

• Archimède

Très connu en physique pour sa théorie des corps flottants qui stipule que :

“tout corps immergé dans l'eau subit une force vers le haut égale au poids de l'eau déplacée (c.-à-d. l'eau qui serait contenue dans le volume immergé)”

appelée « Principe d'Archimède ». Il fonde la statique et l'hydraulique, imagine la moufle et la vis sans fin.

• Héron d'Alexandrie

Héron vécut au I^{er} siècle de notre ère. Il est surtout célèbre pour ses machines, en particulier un lointain précurseur de la machine à vapeur, constitué d'un globe tournant par la réaction de la vapeur sortant de deux orifices (réacteurs) qui lui sont attachés. Héron est avant tout un mécanicien, mais aussi l'auteur d'un traité intitulé Le dioptré, dans lequel il décrit un instrument de mesure longtemps utilisé en arpentage et en astronomie. Il décrit plusieurs machines pratiques (pressoirs, vis sans fin, leviers, etc.).

3. Astronomie

• Aristote (384-322 av J.C.)

Sa conception de l'univers est basée sur trois principes :

- ✓ La terre est immobile au centre de l'univers ;
- ✓ Il y a séparation absolue entre le monde terrestre, imparfait et changeant, et le monde céleste, parfait et éternel ;

- ✓ Les seuls mouvements célestes possibles sont des mouvements circulaires uniformes.

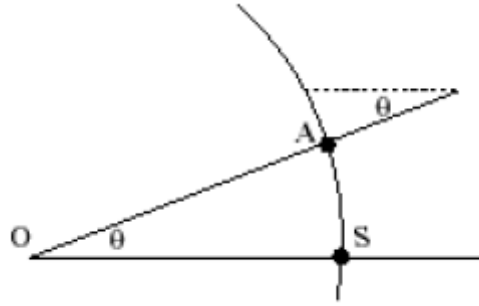
Il pense avoir « démontré » l'immobilité de la terre avec comme argument que si elle était en mouvement, nous devrions en ressentir directement les effets.

- Aristarque de Samos

Aristarque de Samos (–310/–230), élève de Straton, fut le premier à proposer clairement un système du monde héliocentrique : le Soleil est au centre du monde et tous les astres tournent autour de lui. La Terre est un astre comme les autres et tourne sur elle-même en une journée, ce qui explique le mouvement quotidien des autres astres. Nous ne connaissons malheureusement que peu de choses sur les idées d'Aristarque, car aucune de ses œuvres ne nous est parvenue. Ce n'est qu'indirectement, entre autres par un passage très bref d'Archimède, qu'on connaît son œuvre.

- Ératosthène

Ératosthène de Cyrène (–275/–175) est célèbre pour avoir donné la première estimation honnête du diamètre de la Terre. Sa méthode est expliquée à la figure. Il était de notoriété publique qu'à Syène¹⁸ (S), le jour du solstice d'été, le Soleil éclaire un puits jusqu'au fond à midi. C'est donc que Syène est sur le tropique du Cancer et qu'elle est sur la droite qui va du centre de la Terre (O) au Soleil à ce moment-là. Le même jour, Ératosthène mesura l'angle θ que fait l'ombre d'un objet vertical à midi, à Alexandrie (A) et obtint $7,2^\circ$. Connaissant la longueur de l'arc de cercle AS (5000 stades, sur le même méridien), il en déduisit que la circonférence C est $50 \times 5\,000 = 250\,000$ stades (les auteurs anciens disent 252000). Le stade égyptien vaut environ 159,7 m, ce qui donne une circonférence de 39690 km (la vraie circonférence est de 40 000 km). En fait, la précision de cette estimation est fortuite, car la distance AS est supérieure à 5 000 stades et les deux villes ne sont pas exactement sur le même méridien (les deux erreurs se compensent mutuellement).



• Hipparque

Hipparque (-161/ - 127) fut le plus grand astronome de l'Antiquité.

Il effectua des observations astronomiques précises et méthodiques, à l'aide d'instruments perfectionnés pour l'époque. Signalons quelques-unes de ses contributions.

- ✓ Hipparque construisit un catalogue d'au moins 800 étoiles, en notant leurs positions avec précision et en évaluant leurs magnitudes apparentes.
- ✓ Il fut le premier à reconnaître la précession des équinoxes.
- ✓ A partir de la périodicité des éclipses connues des Babyloniens, il estime la durée du mois à 29 jours, 12 heures, 44 minutes et 31 3 secondes.
- ✓ Hipparque, en observant les éclipses de Lune, estime la distance Terre-Lune à 67,7 rayons terrestres, alors que la valeur moyenne actuelle est de 60,3. Il estime par ailleurs le rayon de la Lune à 1/3 du rayon terrestre, alors que la valeur réelle est de 0,27 rayon terrestre.

• Ptolémée

L'astronome grec d'Alexandrie Claude Ptolémée (110-160 ap. J.-C) a repris tous les travaux de ses prédécesseurs, en particulier d'Hipparque et en fait une synthèse remarquable. Il a proposé notamment un système géocentrique qui s'est imposé pendant près de 14 siècles, jusqu'à la fin du moyen âge.

Ptolémée y décrit aussi son système géocentrique dérivé de celui d'Hipparque.

La terre est immobile au centre de l'univers et autour d'elle tournent dans l'ordre : la Lune, Mercure, Vénus, le soleil, Mars, Jupiter, Saturne et les étoiles accrochées à la 8^{ème} sphère. Tous les travaux astronomiques de Ptolémée sont quasiment tous regroupés dans le fameux ouvrage « La grande syntaxe mathématique » publié en l'an 140.

4. Chimie

L'industrie chimique fut aussi avancée chez les grecs, qui exploitaient les mines d'or, d'argent, de cuivre, de fer., et fabriquent les monnaies. Ils utilisaient un grand nombre de sels métalliques, fabriquaient les savons, les poteries, les verres, etc. Les marbres antiques, les stucs, les mortiers découverts dans les constructions sont les indications de leurs connaissances.

● Démocrite

Démocrite était un philosophe de l'Antiquité ayant vécu environ 400 ans av. J.-C. Il est à l'origine du premier modèle atomique étudié.

Démocrite affirmait que la matière était constituée de particules très petites et identiques qu'il était impossible de briser ou de diviser.

Il appelait atome (*atomos* en Grec) ces particules et d'ailleurs, la traduction exacte d'**atomos** signifie insécable (indivisible). Il pensait que ces particules indivisibles étaient séparées par du vide et c'est pourquoi sa représentation de la matière est appelée **le modèle de la discontinuité**.

Selon lui, la façon dont les atomes sont répartis dans la matière expliquerait pourquoi une substance aurait des propriétés différentes d'une autre substance. Par exemple, le fait que le plomb est plus lourd que le liège s'expliquerait par le fait que les atomes y sont plus entassés.

● Aristote (384-322 av J.C.)

Aristote, encore plus reconnu que Démocrite, s'opposait à tort à l'idée qu'il puisse exister du vide dans la matière. Selon lui la matière devait remplir totalement l'espace qu'elle occupe et c'est pourquoi on appela son idée **le modèle de la continuité**.

Il affirmait qu'il était possible de diviser la matière une infinité de fois contrairement à Démocrite qui pensait qu'on ne pouvait séparer une substance que jusqu'à ce qu'on arrive à la grosseur d'un atome. D'ailleurs, selon Aristote, les éléments fondamentaux de la matière n'étaient pas les atomes mais plutôt **le feu, l'eau, l'air et la terre**.

- **Anaxagore (500-428 av. J.-C)** voit le monde en perpétuel changement, sans création ni destruction mais avec des réarrangements des particules élémentaires. Sa phrase célèbre était « Rien ne naît ni ne

périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau. »

II. L'astronomie de Copernic à Galilée

Ces quatre hommes (Copernic, Kepler, Galilée et Newton) vont véritablement faire naître la physique moderne. Nicolas Copernic, à force d'observations, comprend qu'il est beaucoup plus simple de décrire le mouvement des planètes si l'on abandonne le géocentrisme au profit de l'héliocentrisme. Sa théorie est achevée en 1531 et imprimée en 1540.

Les travaux d'observations Tycho Brahe, le meilleur observateur à l'œil nu de tous les temps, très précis des positions de la planète MARS jouent un rôle décisif dans la découverte de Johannes KEPLER de la trajectoire des planètes et plus généralement les trois lois qui régissent le mouvement de celui-ci.

Johannes Kepler, vers 1604-1605 à 1618, découvre les trois lois qui portent : « les planètes décrivent des orbites planes elliptiques dont le soleil occupe l'un des foyers », « le segment qui joint le soleil à la planète balaie en des temps égaux des aires égales », « le carré de la période d'une planète est proportionnel au cube de sa distance moyenne au Soleil ».

Galilée a eu un double rôle dans l'évolution des idées. Tout d'abord, il perfectionne en 1609 la lunette astronomique fabriquée par des opticiens hollandais en 1604 et recueille une moisson d'observations qui confortent le modèle copernicien : existence de satellites de Jupiter, phases de Vénus, relief de la Lune et taches du Soleil. Mais surtout, il est à la fois le père de la physique expérimentale et celui de la mécanique. Il étudie à Pise les oscillations du pendule et surtout la chute des corps (1591) puis à Padoue (de 1592 à 1610) les mouvements sur un plan incliné et la trajectoire des projectiles. Tout cela le conduit à énoncer le principe d'inertie (un corps isolé conserve sa vitesse).

Isaac Newton réalise la synthèse entre la mécanique naissante de Galilée et les lois de Kepler en comprenant que la gravitation terrestre est de même nature que la force qui meut les planètes. Il rédige sa théorie en 1683 et la publie en 1687. Elle comporte deux volets : « la proportionnalité entre force et accélération » ainsi que « la loi d'action et réaction », « la loi d'attraction

inversement proportionnelle au carré de la distance ». La physique telle que nous la concevons aujourd'hui vient de naître.

III. La mécanique

Depuis l'antiquité, les hommes commencèrent à avoir des idées sur le mouvement des corps célestes, les phénomènes de marées, et la chute des corps. De nombreux savants ont largement contribué à l'avancé de ce domaine scientifique dont l'un des plus grands instigateurs à l'époque fut Isaac Newton dans son traité intitulé « Principe mathématique de la philosophie naturelle ».

La progression des idées en mécanique va de pair avec les progrès des mathématiques, spécialement ceux en calcul différentiel et intégral. Les notions qui ont été progressivement introduites et affinées sont celles de quantité de mouvement, d'énergie cinétique, de moment cinétique et dynamique, de lois de conservation, de mécanique du solide.

Ainsi les grands principes de la mécanique sont :

- ✓ Principe de conservation de l'énergie : pour tout objet physique ayant une masse, toute modification de son état entraîne une dépense ou une dissipation d'énergie.
- ✓ Principe de moindre action : tout changement de direction (de direction, de vitesse...) sera réalisé en transférant le moindre d'énergie possible d'un système à l'autre, pour réaliser le changement en question.

La mécanique newtonienne est l'étude des corps en mouvement ou des corps au repos. Elle a montré ses preuves avec la résolution de nombreux problèmes mécaniques grâce aux trois lois universelles de mouvement qui sont en fait des principes à la base de la grande théorie de Newton concernant le mouvement des corps à savoir :

- ✓ Le principe d'inertie
- ✓ Le principe des actions réciproques
- ✓ Le principe de la dynamique.

IV. Les XVIIIe et XIXe siècles : astronomie, mécanique, optique, électricité

Au cours du XVIIIe et XIXe siècle, le domaine de la physique s'agrandit considérablement. De nouvelles acquisitions viennent modifier les idées antérieurement reçues, mais, néanmoins, l'ensemble des faits observés se coordonne, les lois se précisent, les théories se généralisent, les applications se multiplient.

1. Astronomie

Les innovations techniques orientant la recherche astronomique du XVIIIe aux XIXe siècles vers un renouvellement complet des observations. Les débuts de la spectroscopie annoncent l'avènement d'une nouvelle discipline, l'astrophysique. La photométrie et la photographie vont contribuer au renouvellement des méthodes d'investigation. La carte du ciel, véritable point d'orgue de l'astronomie au XIXe siècle apparaît comme une tentative (vaine) de lier un projet classique (l'astrométrie) à une technologie nouvelle (la photographie).

En 1814, Joseph Fraunhofer conçoit un spectroscope en utilisant un théodolite sur lequel il place un prisme très pur. Il repère la place des raies et obtient ainsi la première carte du spectre solaire.

En 1843, Argelander (1799-1875) publie une *Uranometria Nova* qui compile les mesures de toutes les étoiles visibles à l'œil nu à la latitude de Bonn. Les observations ont été menées avec un télescope modeste de 7,8 cm de diamètre et en 1845 un télescope de 183 cm est construit.

2. Mécanique

L'invention du moteur à vapeur au XVIII^e siècle, puis la révolution industrielle et le développement des moteurs thermiques et électriques marquent un véritable tournant dans l'histoire des transports.

Les premiers véhicules à moteurs sont de gros navires à vapeur, dotés de larges roues à aube, capables de transporter d'énormes charges ou de nombreux

passagers sur des distances déjà importantes. Bientôt, les paquebots à vapeur, puis au Diesel, permettent de traverser les océans bien plus rapidement.

Le moteur à vapeur permet aussi la grande invention du XIX^e siècle en termes de transports : le chemin de fer. Les premières lignes, où circulent d'énormes locomotives à vapeur, sont inaugurées à la fin des années 1820 en Grande-Bretagne. Aussitôt, un immense effort d'aménagement est entrepris dans de nombreux pays du monde.

3. Optique

L'optique géométrique a pu expliquer les phénomènes de la réflexion et de la réfraction et s'est perfectionnée jusqu'aux XVIII^e siècles, où la découverte de nouveaux phénomènes, tels que la déformation de la lumière au voisinage d'obstacles ou le dédoublement de la lumière lors de la traversée de certains cristaux, a conduit aux XIX^e siècles au développement de l'optique physique ou ondulatoire.

Ainsi l'optique physique considère la lumière comme une onde grâce aux expériences des savants tels que Young, Fresnel.

Bien plus tard, pendant que les lois de l'électromagnétisme prennent forme, Young invente en 1810 un dispositif générant des interférences qui enterre le modèle corpusculaire au profit du modèle ondulatoire. Fresnel reprend en 1812 les idées de Huygens et propose une théorie de la diffraction.

L'optique physique prend en compte les phénomènes d'interférences (superposition de deux ondes), de diffraction (lors du passage par un trou, une fente étroite, près d'un bord...) et de polarisation.

Fizeau, Foucault et Cornu mesurent la vitesse de la lumière par des méthodes terrestres. Malus découvre la polarisation par réflexion. Fresnel s'immortalise en multipliant les expériences et les calculs, afin d'asseoir la théorie des ondulatoires; ses successeurs Biot, Arago, Hamilton, Brewster, Pasteur agrandissent graduellement le champ de l'optique physique. Fraunhofer observe les raies du spectre solaire; Bunsen et Kirchhoff créent la féconde méthode de l'analyse spectrale. Wollaston et Ed. Becquerel décèlent les radiations ultra-violettes, tandis que Fizeau (1847) et H. Rubens (1894-1901) portent leur attention sur la partie infrarouge du spectre. Signalons aussi

quelques applications importantes de l'optique que le XIX^e siècle vit éclore; d'abord la photographie, due à la collaboration de Niepce et de Daguerre (1839); puis la reproduction des objets avec leurs couleurs naturelles (Lippmann, 1891) et celle des personnages avec la succession de leurs mouvements par le cinématographe des frères Lumière. Grâce aux rayons X, Roentgen arrive à la photographie de l'invisible (1895).

4. Electricité

Moins brillant que l'âge précédent, le XVIII^e siècle ne fut cependant pas stérile pour la physique.

Dufay observe les attractions et les répulsions électriques, que Coulomb mesure plus tard au moyen de sa balance de torsion; Musschenbroek invente la bouteille de Leyde (1746); Franklin démontre l'analogie de la foudre et du fluide électrique (1752); Galvani remarque les actions que le contact de deux métaux fait naître entre les nerfs et les muscles d'une grenouille, et cette expérience amène Volta à la découverte de la pile (1800), origine de l'électricité dynamique.

Au moyen de la pile, Carlisle et Nicholson décomposent l'eau (1801); Davy isole le potassium et le sodium (1807). Puis, successivement, de nombreux chercheurs s'attachent à perfectionner ou à modifier l'invention de Volta (piles de Zamboni, de Daniell, de Grove et de Bunsen, accumulateur de Planté, etc.); Wollaston démontre l'identité des électricités statique et dynamique; Ørsted observe la déviation d'une aiguille aimantée par un courant (1819); peu après, Ampère découvre les actions mutuelles des courants et Seebeck les phénomènes thermoélectriques, auxquels A.-C. Becquerel assigne des lois. La relation existant entre l'intensité du courant d'une pile et la résistance de son circuit se trouve établie expérimentalement par Pouillet, et mathématiquement par Ohm. Faraday découvre l'induction (1831) et formule, peu après, les lois de l'électrolyse. W. Thomson (Kelvin) imagine un électromètre et un galvanomètre très sensibles.

Le lien entre électricité et magnétisme est fait au XIX^e siècle par le physicien écossais James Maxwell : l'électromagnétisme est né. La nature électromagnétique de la lumière est alors établie. C'est une véritable révolution

dans l'histoire de la physique : la lumière est une onde électromagnétique, qui naît des variations dans le temps et l'espace des champs électriques et magnétiques.

V. Le XXe siècle : relativité et théorie quantique

A la fin du XIXème siècle, la physique apparaît comme un monument reposant sur des piliers inébranlables. C'est la science la plus anciennement constituée, qui depuis Galilée et Newton a servi de modèle à toutes les sciences expérimentales et qui a constitué l'une des sources de la modernité et des Lumières.

Mais impuissante à l'explication des corps qui se déplacent à très grande vitesse ou des corps trop massifs, l'effet photoélectrique ainsi que la notion du temps absolue.

- La relativité (physique de l'infiniment grand)

Einstein osa accepter les dernières conséquences de ces équations (équations de l'électromagnétisme) et soutenir qu'elles imposent la relativité du temps et de l'espace : de sa théorie de la relativité restreinte, formulée de 1905 à 1912, résulta une mécanique nouvelle, dont la mécanique classique n'est qu'une première approximation, convenant aux corps animés de vitesses faibles par rapport à la vitesse de la lumière. Enfin, appliquant son idée fondamentale au domaine entier de la physique, Einstein affirma que toutes les lois de la nature doivent prendre une forme indépendante du système de référence choisi pour les énoncer; la théorie de la relativité générale (1917) basée sur ce réquisit se présente comme une théorie de la gravitation, et fait de celle-ci une action se propageant de proche en proche avec la vitesse de la lumière.

La relativité générale, qui permet de définir la structure de l'espace-temps en fonction de la distribution de matière, peut être appliquée à l'univers dans son ensemble. Elle apparaît un outil capable de fonder une cosmologie sur des bases scientifiques. En 1922, A. Friedmann résout les équations de la relativité générale basées sur quelques hypothèses simples et élabore ainsi un premier modèle cosmologique (géométrie globale de l'espace-temps). Il résulte de ce travail que l'univers doit être en expansion. Conclusion théorique confirmée en 1927-1929 par l'observation de la récession des galaxies par Edwin Hubble et Milton Humason.

● La théorie quantique (physique de l'infiniment petit)

La physique du XX^{ème} siècle est marquée par une autre révolution, au moins aussi importante que la révolution relativiste : la révolution quantique. La mécanique quantique nous propose en effet une vision du monde, tel qu'il se révèle à l'échelle atomique, radicalement différente de celle à laquelle nous sommes habitués dans le monde macroscopique.

Ainsi la théorie des quanta est une théorie physique qui tente de modéliser le comportement de l'énergie à très petite échelle à l'aide des quanta, quantités discontinues. Elle a servi de pont entre la physique classique et la théorie quantique, dont la pierre angulaire, la mécanique quantique, est née en 1925.

Elle a été initiée par Planck en 1900 puis développée essentiellement par Einstein, Bohr, Sommerfeld, Werner Heisenberg, Pauli et Louis de Broglie entre 1905 et 1924.

Avec eux s'installe un renouvellement de tous les principes d'une physique qui devient probabiliste. Ainsi le principe d'incertitude, formulé par Heisenberg (1926), qui énonce l'impossibilité de mesurer simultanément certaines grandeurs (par exemple la position et la quantité de mouvement) avec la même précision. Dès lors, la question de la mesure, de l'incidence de l'observation sur les phénomènes observés, vient-elle remettre en question de la notion même de causalité, qu'il faut désormais distinguer de celle de déterminisme et ouvre un débat l'interprétation de la physique quantique. Deux camps s'affrontent, celui des "réalistes", dans lequel se range notamment Einstein, et pour lequel le caractère probabiliste de la théorie quantique dénote seulement l'inadéquation de la théorie, et le camp partisan de l'interprétation proposée dès 1926 par Max Born et Pascual Jordan, mais dite "de Copenhague" (c'est-à-dire, en fait, de Bohr), pour lequel ce n'est pas la théorie qui est défectueuse, mais la nature qui possède intrinsèquement ce caractère probabiliste. C'est ce deuxième point de vue, qui a reçu un appui expérimental, qui est aujourd'hui admise.

Les avancées théoriques des années 1920, et des années 1930, s'accompagnent de découvertes expérimentales importantes. De nouvelles particules sont révélées, comme le neutron, par Chadwick (1932). Ces découvertes vont aussi, et de plus en plus souvent, être précédées de prévisions théoriques. Dirac prédit par exemple l'existence de deux particules ayant même masse que le proton et l'électron, mais qui devaient porter des charges opposées : l'antiproton et l'antiélectron ou positron (mis en évidence par Irène et Frédéric

Joliot-Curie avec la radioactivité artificielle), autrement dit de l'antimatière. Yukawa, qui cherche à comprendre la nature des forces qui assurent la cohésion du noyau, fait l'hypothèse d'une nouvelle particule, le méson (identifiée en 1937 par Anderson dans le rayonnement cosmique); en 1930, Fermi et Pauli, étudiant la désintégration bêta sont amenés à supposer l'existence d'un neutron de faible masse, le neutrino, qui sera, lui aussi, mis en évidence plus tard.

Chemin faisant, de nouvelles grandeurs associées aux objets quantiques s'imposent, qui sont comme des analogies de la charge électrique et qui prennent comme elle des valeurs discrètes. Tel est, par exemple le spin. Ainsi distinguera-t-on les particules à spin demi-entier ou fermions, qui obéissent à la statistique dite Fermi-Dirac (1925) et les particules à spin entier ou bosons, tributaires de la statistique de Bose-Einstein (1924). Une division justifiée par le principe d'exclusion, formulé par Pauli en 1925 : les fermions s'excluent mutuellement et ne peuvent se rencontrer dans le même état quantique, ce qui fournit l'explication de l'impénétrabilité des corps matériels; les bosons ont, au contraire, un comportement grégaire.