

# Chapitre 1 : la physique, définition et champs d'action

## 1 Définition de la physique (source : universalis et wikipedia)

### 1.1 Définition

La *physique* (du grec physiké « φυσική », la nature) est étymologiquement la « *science de la nature* ».

Pour progresser dans la connaissance d'un *phénomène physique* quelconque, il faut essayer d'avoir un point de vue *quantitatif* sur les grandeurs mises en jeu, c'est-à-dire les *mesurer*.

La physique n'accepte comme résultat que ce qui est *mesurable* et *reproductible par expérience*.

Les physiciens développent des *théories* en utilisant l'outil des *mathématiques* pour décrire et prévoir l'*évolution des grandeurs* caractéristiques des *systèmes*.

En conclusion, la physique a pour objet l'étude des propriétés de la matière et des lois qui la régissent, c'est-à-dire de l'ensemble des « règles du jeu » du monde matériel qui nous entoure.

Les physiciens observent, mesurent et modélisent le comportement et les interactions de la matière et des rayonnements à travers l'espace et le temps.

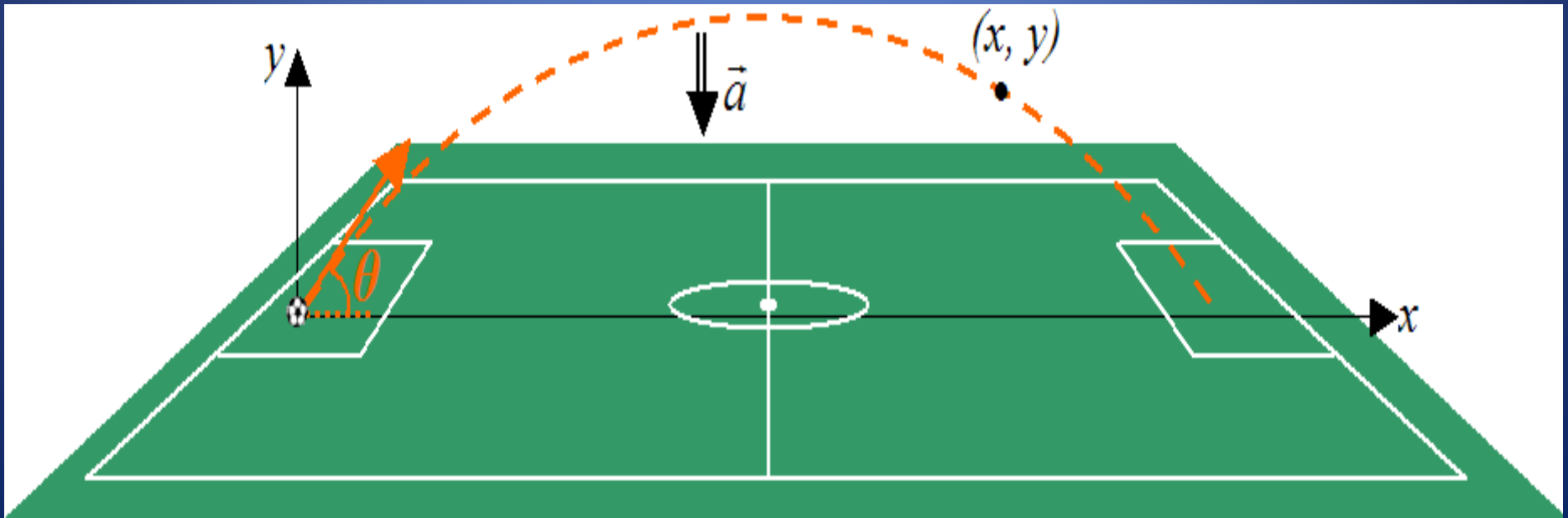
## 1.2 La physique, une science exacte

La physique est l'archétype de la *science exacte*. Il faut voir là une *hypothèse fondamentale*, qui peut être énoncée de la manière suivante :

« *les phénomènes naturels obéissent à des lois fixes* ».

Plus précisément, il apparaît que la *réalité* du monde physique peut être *décrite*, et ses processus prédits à l'aide de *représentations mathématiques*.

De telles représentations sont constituées par un *objet mathématique* plus ou moins complexe qui est *mis en correspondance* avec la *réalité*.



On peut se demander ce qui justifie une telle hypothèse.

Les raisons de croire en la validité de cette *adéquation* entre la réalité physique et la représentation mathématique sont les suivantes :

- elle peut être *vérifiée avec une précision égale à celle de nos meilleurs instruments de mesure*, c'est-à-dire, fréquemment, avec des incertitudes relatives inférieures au millionième ;

- elle a été *confirmée dans des millions d'expériences* qui couvrent pratiquement toutes les propriétés de la matière inerte (cf. infra, pour une liste succincte de ces domaines), et *aucune expérience ne semble, jusqu'à présent, l'avoir contredite* ;

- les *conséquences* tirées de l'analyse mathématique de la représentation ont très souvent conduit à la *prédiction d'effets inconnus* (cf. la découverte de la planète Neptune, prévue par le calcul, l'existence du quark top ou des antiparticules, etc.).

### 1.3 Champ d'action de la physique et rapport de la physique avec les autres sciences.

La définition de la physique est large. Il convient donc de préciser que la *matière vivante* est encore, en général, traditionnellement *exclue du domaine de la physique*, bien que, de plus en plus, des *ponts* soient jetés entre la *biologie* et la *physique* : la *biophysique* applique les principes et les procédés de la physique à l'analyse des structures et des mécanismes de la matière vivante.

Les *relations* entre *physique* et *chimie* sont beaucoup plus *étroites* et la *distinction* entre ces deux « *sciences physiques* » traitant de la matière et du rayonnement devient de plus en plus *floue*. Cette *distinction* réside plus dans les *habitudes*, le vocabulaire et les motivations que dans les objets et les phénomènes étudiés. Les *deux principaux chapitres* de la *chimie inorganique* (*chimie physique* et *chimie quantique*) *appartiennent* bien à la *physique*. La *chimie organique*, par contre, pour laquelle l'analyse et la synthèse naturelle ou artificielle des substances restent les problèmes clés, garde un peu plus de distance par rapport à la physique, et, à travers la *biochimie* et la *biologie moléculaire*, *s'attache à la biologie*.

Les *liens* entre la *physique* et les *sciences de la Terre et de l'espace* se *resserrent* : l'*astronomie* a pris, depuis quelques décennies, le tournant vers l'*astrophysique*, et les *sciences de la terre* (*géologie, géodésie, météorologie, climatologie*) prennent de plus en plus rapidement celui qui mène à la *géophysique*.

Quant aux *relations* de la *physique* avec les *mathématiques*, elles sont *privilegiées* : les progrès de ces deux disciplines ont toujours marché de pair. Cette profonde intrication d'une *construction de l'esprit* et d'une *science de la nature* pose un *problème philosophique* qui mérite réflexion.



## 2 Méthode de la physique

La Physique utilise des *notions*, s'aide de *modèles* et développe des *théories*. Examinons brièvement ce que signifie chacun de ces termes.

### 2.1 Les notions

Une *notion* est une *idée*, une *grandeur physique* utilisées pour analyser les phénomènes physiques.

Par exemple, l'*idée* abstraite d'*espace* est une notion, de même que la *grandeur physique* mesurable appelée *longueur*.

*Exemples* : la physique utilise les notions de masse, longueur, temps, accélération, force, énergie, température et charge électrique.

Certaines de ces notions peuvent être des *grandeurs mesurables* ; on peut définir une grandeur physique par la *méthode employée pour la mesurer*. Par exemple, on peut définir la *température* par la *lecture d'une valeur sur un thermomètre* « étalon » ou la *charge électrique* à partir de la *force* que des corps électrisés exercent l'un sur l'autre.

Certaines notions sont *faciles à appréhender intuitivement* car notre *compréhension intuitive* des ces *définitions opérationnelles* s'appuie souvent sur des *perceptions courantes*. Par exemple, la *notion de température* se base sur les *sensations de chaud et de froid*, une *force* s'assimile à une *poussée* ou à une *traction*, etc.

Mais certaines notions, l'*énergie* par exemple, sont *plus difficiles à définir avec précision par des mots*.

D'autres, comme la *charge électrique*, sont totalement *mystérieuses*. On peut *mesurer la charge* et expliquer ses *effets*, sans toutefois être capable de dire ce qu'elle est.

## 2.2 Les lois et les principes

Par l'*expérimentation* et l'*observation* ou par l'*analyse théorique*, le physicien essaie d'établir des *relations entre les grandeurs physiques*. Ces relations qui peuvent être mathématiques, sont appelées *lois*.

Les *mathématiques* forment le *langage naturel de la physique* parce qu'elles nous permettent d'énoncer ces relations de façon concise. Une fois établi, l'énoncé mathématique peut être manipulé selon les règles mathématiques. Si les équations initiales d'une analyse sont correctes, la *logique mathématique* peut alors déboucher sur de *nouvelles idées et de nouvelles lois*.

*Exemple* : la *deuxième loi de Newton* exprime la relation qui existe en Physique classique entre les grandeurs « force » et « accélération ».

Les lois peuvent être limitées à un certain domaine de la Physique (cf. l'exemple ci-dessus), *certaines d'entre elles ont une portée très générale* sur le fonctionnement de la Physique : ce sont des *principes*.

*Exemples :*

- ✓ le *principe de la conservation de l'énergie*,
- ✓ le *principe d'invariance des lois de la Physique selon le lieu et l'instant*.

Les termes « *loi* » et « *principe* » sont *parfois utilisés de manière interchangeable* ; par exemple, nous parlons souvent de la loi de conservation de l'énergie alors qu'il s'agit en réalité du principe de conservation de l'énergie. Ces écarts subtils de terminologie ont *peu d'importance*.



## 2.3 Les modèles

Un *modèle* est une *analogie* ou une *représentation pratique* d'un *système physique*.

Les phénomènes se produisant dans le système sont *analysés comme si* le système était conçu selon le modèle.

Parfois, le modèle demande simplement de *remplacer l'objet réel pour simplifier l'analyse*. Par exemple, on peut dans certains problèmes considérer la Terre et la Lune comme des objets ponctuels.

Un modèle est souvent une *représentation abstraite de la structure d'un système ou de son fonctionnement*. Par exemple, on a représenté la *lumière* comme un *écoulement de particules* discrètes et comme une *onde continue* ; la *chaleur* et les *charges électriques* étaient traitées comme des *fluides* ; la *matière* était considérée comme étant *composée de minuscules atomes indivisibles*, bien avant que l'on ait pu démontrer l'existence de ces atomes. Plus récemment, l'*atome* lui-même était représenté comme un *minuscule système planétaire*.

De grands théoriciens en physique se sont servis de modèles mécaniques pour relier des idées abstraites à des notions plus concrètes et familières : une fois la théorie complète, *le modèle peut être communiqué à autrui ou discrètement passé sous silence*.

Il existe aussi des *modèles purement mathématiques* dont les propriétés reflètent la réalité, bien que les entités mathématiques à leur base ne soient pas observées.

Dans certains cas, on peut deviner que le *modèle n'est pas seulement mathématique* et que, peut-être, *les entités mathématiques représentent des grandeurs physiques réelles*. Les *quarks*, par exemple, ont fait leur première apparition dans un *modèle mathématique de particules élémentaires*. Les preuves en faveur de leur existence sont maintenant si nombreuses que nous les considérons comme des *particules « réelles »*. Nous ne pouvons toutefois pas garantir le caractère réel des quarks puisque *nous n'avons pas la possibilité d'examiner l'intérieur d'un noyau*. C'est donc un *modèle de quarks* qui nous permet de rendre compte de manière satisfaisante de toute une gamme de phénomènes.

Les modèles sont parfois utiles comme des *étapes intermédiaires*, même s'il est *incomplet* ou s'il se révèle *incorrect* par la suite. Par exemple, dans le *modèle de l'atome d'hydrogène* proposé par Niels Bohr en 1913, un électron gravite autour d'un proton, tout comme une planète en orbite autour du soleil. Nous savons maintenant que *cette représentation n'est pas réaliste*, mais elle a tout de même permis à Bohr d'expliquer certaines caractéristiques du spectre optique de l'hydrogène et d'autres atomes.

Perfectionnée par la suite avec l'introduction de nouveaux concepts et utilisée pour expliquer les fondements du tableau périodique, elle fut *supplantée par la mécanique quantique* vers 1925, ses lacunes étant devenues peu à peu évidentes.

Bien qu'ils soient *incorrects*, les *modèles* qui représentaient la *chaleur* et la *charge électrique* comme des *fluides* ont néanmoins aidé les chercheurs à obtenir des résultats importants.

Malheureusement, *il n'est pas toujours possible de disposer de modèles concrets*. Si la théorie de la mécanique quantique rend effectivement compte du comportement étrange des atomes et des particules subatomiques, *rien dans notre environnement quotidien n'offre de ressemblance*, si lointaine soit-elle, *avec un système atomique*.

*Exemples de modèles :*

- ✓ le *modèle géocentrique* a perduré jusqu'à Copernic au XVI<sup>ème</sup> siècle,
- ✓ le *modèle planétaire de Bohr* pour l'atome d'hydrogène marque une étape intermédiaire avant la victoire de la théorie quantique,
- ✓ le *modèle des quarks* est initialement un *modèle purement mathématique*. Bien qu'ils n'aient jamais été isolés, dans les expériences, tout se passe comme si les quarks étaient des particules réelles,
- ✓ le *modèle standard de la physique des particules* donne depuis 30 ans une description des interactions des particules élémentaires qui n'a jusqu'à présent pas été prise en défaut.

## 2.4 Les théories

Une *théorie* rassemble les *notions*, les *principes*, un *modèle*, des *postulats* (hypothèses de départ) pour tirer des conclusions particulières ou des *lois* ; si les notions qu'elle a réunies proviennent de domaines différents, la théorie permet de relier ces divers phénomènes.

Par exemple, la *théorie de la gravitation* énoncé par Newton permettrait d'expliquer la chute d'une pomme vers la Terre, le mouvement des planètes autour du Soleil, le phénomène des marées, et même la forme de notre planète. Cette théorie montrait que *les mêmes lois physiques s'appliquent aussi bien aux corps célestes qu'aux objets terrestres*.

Une théorie doit être *descriptive* et *prédictive* et *sa validité dépend* en fin de compte *de la vérification expérimentale de ces prévisions*.

*Exemple :*

La *théorie de la gravitation de Newton* est très précise et permet, par exemple, de lancer des satellites jusqu'au confins du système solaire (capacité prédictive), comme d'expliquer les anneaux torsadés de Saturne (capacités descriptives).



Une théorie est considérée comme *plausible et acceptable* uniquement *si elle satisfait à tous les tests expérimentaux*. Et même si elle ne s'est jamais trouvée en désaccord avec l'expérience, *on ne peut être certain que la théorie est « absolument » correcte*.

En effet, pendant plus de deux siècles, la mécanique classique a suffi pour expliquer le mouvement des objets ponctuels. Puis, en 1905, la théorie de la relativité restreinte a montré que la mécanique classique n'était pas correcte dans le cas des particules animées de très hautes vitesses. La loi de la gravitation de Newton explique presque parfaitement le mouvement des planètes, mais la relativité générale fournit une explication plus approfondie de la gravitation. Il nous faut donc garder à l'esprit que *les théories sont toujours des représentations provisoires*.

Il n'en reste pas moins que la mécanique classique et la loi de la gravitation de Newton sont extrêmement utiles dans leurs *limites de validité* ; elles sont d'ailleurs suffisamment précises pour nous permettre d'envoyer une sonde au voisinage d'une autre planète.



Contrairement à une idée généralement répandue, *les théories ne découlent pas inexorablement des observations expérimentales*. Bien que *l'expérience favorise la construction de nouvelles théories* et serve aussi à les mettre à l'épreuve, *les « faits » ne mènent pas à eux seuls systématiquement aux théories*. Pour formuler une théorie, il faut un *esprit créatif* capable de voir au-delà des faits pour faire des bonds intuitifs et des suppositions justes. Si la science est un procédé rationnel d'observation de la nature, *la construction de théories n'est pas pour autant un processus rationnel*. C'est le seul moyen dont nous disposons pour transcender les limites des connaissances actuelles, et il fait parfois intervenir un *éclair imprévu de génie* que le scientifique lui-même ne parvient pas à expliquer. La formulation des théories physiques est souvent guidée par des *notions esthétiques* comme la *beauté*, la *simplicité* et *l'élégance mathématique*. Entre deux théories qui ont le même domaine d'application et la même puissance prévisionnelle, c'est en général la plus simple et la plus élégante que l'on choisira.

À strictement parler, une *théorie* peut *décrire* des phénomènes naturels, mais *ne peut toutefois les expliquer*. Cependant, lorsqu'une théorie partant d'un petit nombre d'hypothèses arrive à rendre compte d'une large gamme de phénomènes, il est naturel de dire qu'elle les a expliqués. Elle les explique effectivement, mais seulement *dans les termes des postulats et des principes fondamentaux*. Imaginons que l'on parte de la loi de Coulomb donnant la force entre deux charges et que l'on en déduise des résultats confirmés par l'expérience. On n'a pas élucidé pour autant la raison qui fait que les charges s'attirent ni expliqué ce qu'est une charge électrique. On peut seulement expliquer *comment les charges interagissent, mais non pas pourquoi elles interagissent*. Une théorie *rend compte des phénomènes* en fonction de *grandeurs* qui sont *inexpliquées*, comme la masse ou la charge.

## 2.5 La méthode scientifique

La *méthode scientifique* permet de *confirmer* ou d'*infirmer* les *hypothèses* et d'*établir les lois* d'une *théorie* donnée.

L'*établissement d'une loi* passe en général par *quatre étapes* :

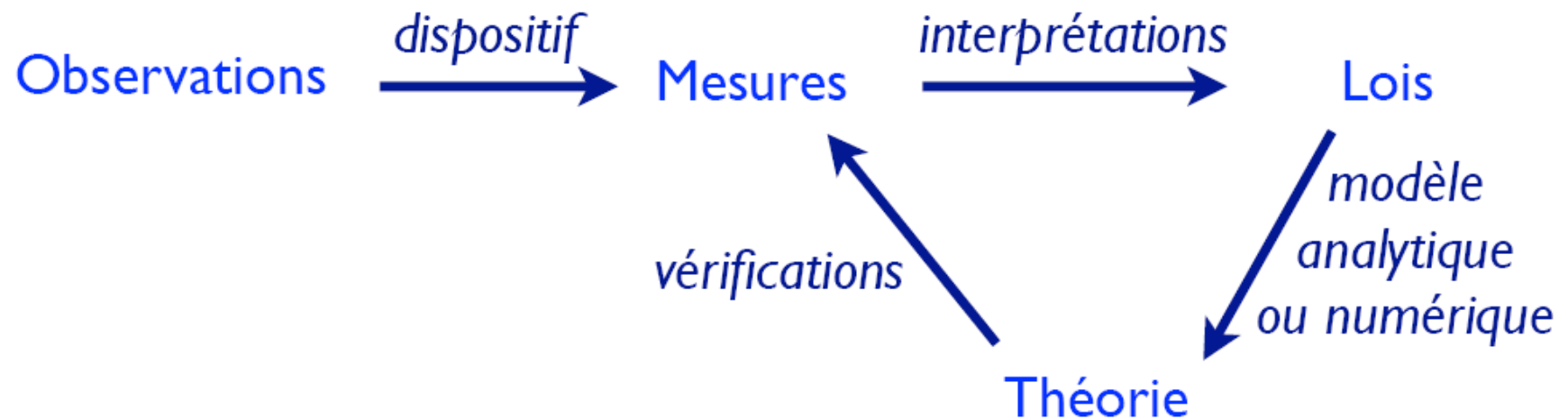
- la *réunion* de *données empiriques*, le plus souvent *quantitatives*, grâce à l'*expérience (mesures)* ; elles sont parfois reliées par des *règles empiriques* qui expriment certaines relations entre les données (*lois expérimentales*);

- l'invention d'un *schéma* ou *modèle*, c'est-à-dire, le plus souvent, d'un *objet mathématique* qui implique entre les données les *relations* qui sont *observées par l'expérience* ; à ce stade, il s'agit de la formation d'une *hypothèse* ;

- l'*analyse détaillée du schéma* mathématique conduite de manière à *prédire*, dans la mesure du possible, de *nouvelles relations* ; en d'autres termes, on détermine les *prédictions* contenues dans l'hypothèse (*lois théoriques*) ;

- la *vérification par l'expérience de ces prédictions* et *lois théoriques* ; une loi est considérée comme d'autant plus satisfaisante que les *vérifications* sont en plus *grand nombre*, davantage *indépendantes* les unes des autres et plus *précises*.

- Contrairement aux mathématiques,  
la physique est basée sur l'**observation**,  
l'**expérimentation**,  
et la **modélisation**.
- Démarche du physicien :



Ces *diverses étapes* sont *plus ou moins marquées* selon le cas, et certaines peuvent parfois être ramenées à l'évidence ou à la banalité, mais l'élaboration des théories complexes ou nouvelles, comme la *mécanique quantique* ou la *relativité restreinte*, est clairement passée par tous ces stades.

Le temps et l'effort nécessaires à la réalisation de ce travail peuvent varier notablement selon les questions considérées.

Malgré toutes les vérifications, *il ne peut y avoir de certitude absolue sur la validité des lois*, bien que le nombre énorme, la précision et la diversité des conséquences de la mécanique quantique, par exemple, ne puissent laisser au doute qu'une place minimale (ce qui ne signifie pas que d'autres formulations, d'autres interprétations ou bien un nouvel approfondissement soient inconcevables).

Contrairement aux trois autres, *la deuxième étape*, celle de *l'invention de l'hypothèse*, n'est *ni rationnelle ni codifiable*. Étymologiquement, elle constitue *l'acte de génie*, c'est-à-dire de *génération*.



## Un exemple simple de loi physique : la chute des corps

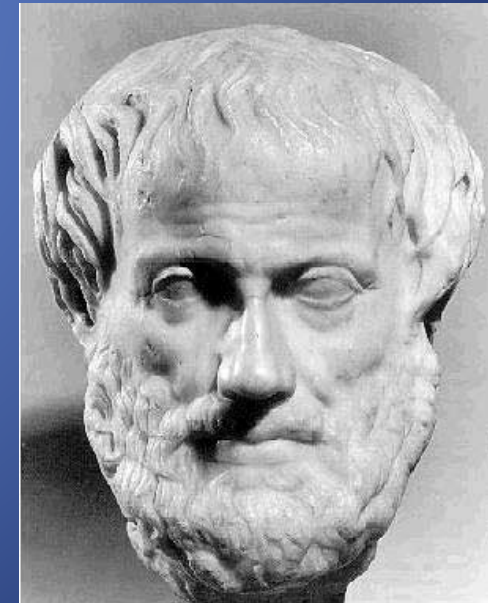
### Enigme

On lâche en même temps sur la Lune une plume et un marteau. Lequel arrive le premier au sol ?

- ✓ La plume
- ✓ Le marteau
- ✓ Les 2 en même temps
- ✓ Dans le vide ils ne tombent pas.

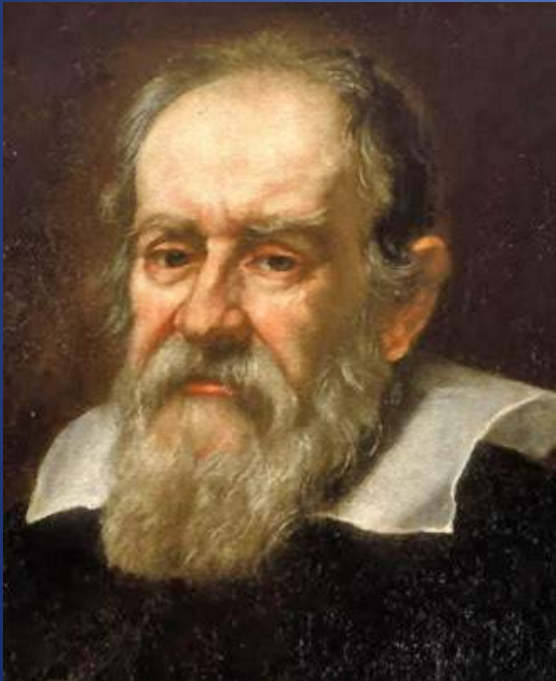
Depuis *Aristote* au IV<sup>ème</sup> siècle avant notre ère, on croyait que la *vitesse* à laquelle tombait un *objet en chute libre* dépendait de sa *masse* : une plume ne tombe-t-elle pas sur la Terre beaucoup plus lentement qu'une bille en acier ou un marteau ?

Aristote supposait une *relation de proportionnalité* entre la *vitesse de chute* et la *masse* puisqu'il déclarait notamment qu'une boule de fer aura parcouru une distance 100 fois plus grande qu'une boule de fer de masse 100 fois inférieure.





La légende raconte que *Galilée* (1564-1642) se décida à trancher la question de la chute des corps en profitant de la Tour de Pise haute de 54 mètres, pour y lancer différents poids du haut de la tour et en mesurer le temps de chute.



S'il n'a sans doute jamais réalisé cette expérience du haut de la Tour penchée mais probablement depuis une tour de Padoue, il s'aperçut, en jetant deux boules de fer dont l'une a une masse 100 fois supérieure que l'autre, que les 2 boules atterrissaient *quasiment en même temps*, puisqu'il ne percevait qu'un décalage en distance d'environ 2 doigts (bien loin des différences prévues par la théorie d'Aristote).

La conclusion était définitive, Aristote s'était trompé !

Galilée suppose alors que les *petits décalages* observés sont dus *non pas à la masse* des objets (comme le pensait Aristote) mais *à la résistance de l'air*.

Dans le *vide* Galilée propose que *tous les objets tomberaient à la même vitesse*.

En 1604, Galilée formule la *loi de la chute des corps* concernant *les espaces franchis par le mouvement naturel*.

Cette loi précise que *la hauteur de chute H est proportionnelle au carré du temps t écoulé* mais est *indépendante de la masse du corps* (de sa forme, etc.).

Mathématiquement :

$$H = g \cdot t^2$$

où  $g$  est une constante en un lieu donné, qu'on appelle « *accélération de la pesanteur* ».

Actuellement la valeur moyenne admise sur Terre (sous nos latitudes) de l'accélération de la pesanteur est  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ .

Son élève *Torricelli* réalisa, après sa mort, l'expérience dans un tube dans lequel on avait aspiré l'air et donc réalisé un vide relatif : la chute d' une pomme et d' une plume est alors en tous points identiques, en accord avec ce qu'avait énoncé Galilée durant son vivant.

Pour les plus sceptiques :

[Expérience réalisée en direct depuis la Lune lors de la mission Apollo 15 par l'astronaute Dave Scott en 1971](#)

D'autres questions opposent Aristote et Galilée, comme *la cause de la chute et la forme de la trajectoire*.

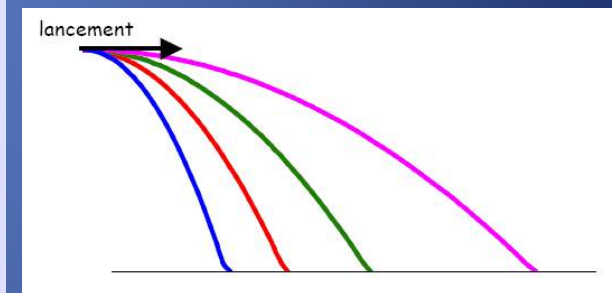
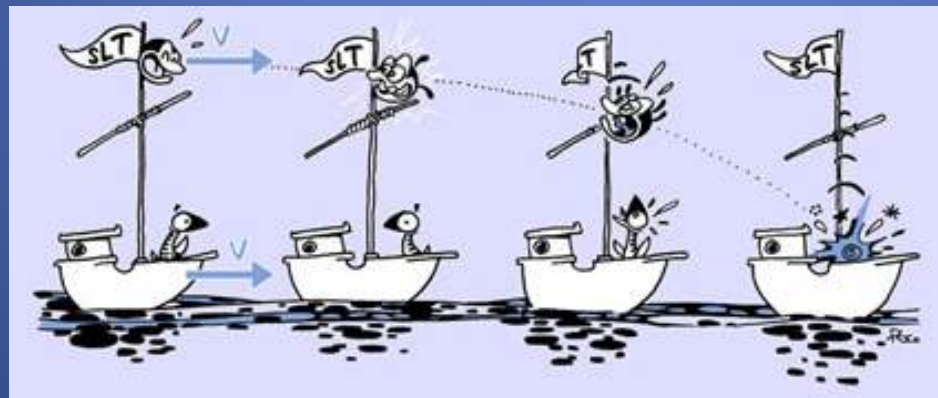
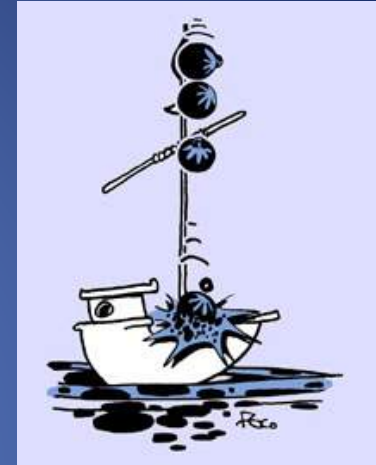
Pour Aristote, « le mouvement est l'acte de ce qui est en puissance en tant que tel » ; le *cosmos* est *ordonné*, en particulier il est muni d'un *centre* (la Terre) et de *directions privilégiées* (haut / bas). Un mouvement peut se faire autour du centre, vers le haut (objets légers) ou vers le bas (objets lourds). Le mouvement lorsqu'il est naturel est donc intrinsèquement lié à la nature du corps. En conséquence, un *corps pesant* libéré de tous liens, est « *naturellement* » *attiré par le sol* et doit donc décrire la *verticale*.

Pour Galilée, le cosmos n'est *plus ordonné* mais est *homogène* (identique en tout point) et *isotrope* (pas de direction privilégiée). Il s'ensuit que *la chute libre d'un corps libéré depuis un dispositif mobile par rapport au sol*, n'est *plus absolue*, elle dépend du *référentiel* dans lequel on l'observe.



Plus précisément, Galilée envisage une expérience où un corps se détache d'un objet en mouvement (appelé *mobile*) ; le corps n'est alors plus soumis qu'à l'action de la pesanteur et tombe en chute libre. Galilée met en évidence *l'influence du mouvement du mobile* depuis lequel on libère le corps *sur la trajectoire* de la chute :

- ✓ Observé dans le référentiel *du dispositif mobile*, le corps tombe à la *verticale* (la trajectoire est une *droite*)
- ✓ Observé dans le référentiel *lié au sol*, le corps tombe suivant une trajectoire *courbe* (arc de *parabole*) dépendant de la *vitesse* du mobile.



Il semble que Galilée ne réalisa pas lui-même cette expérience. Par contre en 1641, son correspondant et ami marseillais Gassendi obtint du Comte d'Alais de faire armer une galère qui, dans le Vieux Port, longea l'actuel Quai de la Mairie. Un marin du haut d'un mât lâcha un boulet, et les observateurs à quai purent constater que le boulet ne suivait pas la verticale du lieu mais décrivait un arc de parabole le maintenant à distance fixe du mât.

La loi de Galilée sur la chute libre est un exemple de *loi cinématique* ; cette loi relie les positions successives du corps aux instants de passage du corps en ces positions. Elle *décrit* le mouvement, sans s'intéresser à sa *cause*.

Pour obtenir une description complète du mouvement de chute libre, il faudra encore attendre Newton, créateur de la notion de *force* (cause capable de modifier l'état de mouvement d'un corps), et des *lois de la dynamique* (qui permettent de relier les forces à leurs effets sur le mouvement). La seule force en œuvre dans la chute libre est le *poids*, cas particulier de la *force de gravitation universelle* (le poids est la force gravitationnelle exercée par la Terre sur un corps massif au voisinage de sa surface).



### 3 Domaines de la physique

Source : Portail de la physique sur wikipedia : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Physique>

#### Physique de la matière

##### Physique des matériaux

Alliage · Corrosion · Déformation des matériaux · Diagramme de phase · Ductilité · Dureté · Écrouissage · Frittage · Matériau · Composite · Module de Young · Tribologie · »

##### Thermodynamique

Calorimétrie · Capacité thermique · Cycle de Carnot · Entropie · Équation d'état · Fonction d'état · Gaz parfait · Irréversibilité · Loi de Joule-Thomson · Principes de la thermodynamique · Physique statistique · Statistique de Maxwell-Boltzmann · Température · Théorie cinétique des gaz · Transition de phase · Paramètre d'ordre · »

##### Physique de la matière condensée

Cristallographie · Cristaux liquides · Espace réciproque · État de la matière · Ferroélectricité · Ferromagnétisme · Isolant · Liquide de Fermi · Magnon · Matière molle · Métal · Phonon · Piézoélectricité · Polymère · Quasi-cristal · Semi-conducteur · Superfluide · Supraconducteur · Théorie des bandes · Verre · »

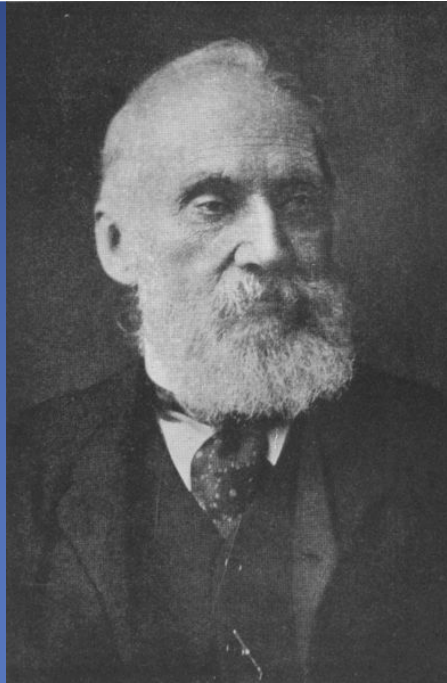
La *physique des matériaux* regroupe l'étude et la mise en œuvre des *matériaux* qui constituent les objets qui nous entourent. Elle est au cœur de beaucoup des grandes *révolutions technologiques* depuis un siècle (électronique, nanosciences, etc.).

La *thermodynamique* a pour objet l'étude du *comportement thermique* des corps, l'étude de l'*énergie* et de *ses transformations*. Avec la *physique statistique*, dont elle est désormais une partie, la thermodynamique est l'une des grandes théories sur lesquelles se fonde la compréhension actuelle de la matière.

La *physique de la matière condensée* étudie les *propriétés macroscopiques* de la *matière* que nous sommes susceptibles de rencontrer *à la surface de la Terre*. Plus précisément, elle s'intéresse aux *phases « condensées »* qui apparaissent dans les systèmes où le *nombre de constituants* est *grand* et les *interactions* entre eux sont *fortes*.



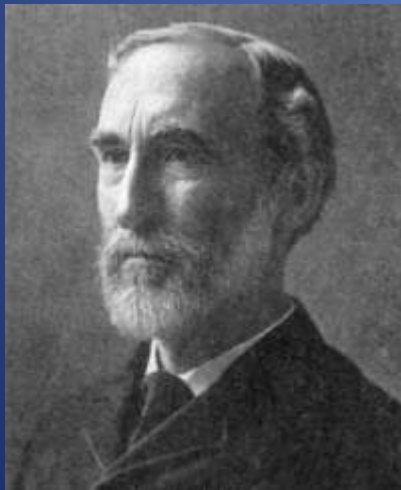
Sadi Carnot (1796-1832), physicien et ingénieur français.



William Thomson, dit Lord Kelvin (1824-1907), physicien britannique



Rudolf Clausius (1822-1888), physicien allemand



Josiah Willard Gibbs (1839-1903), physico-chimiste américain.



Thomas Young (1773-1829), physicien, médecin et égyptologue britannique... Un polymathe !



Max von Laue (1879-1960), physicien allemand

## Physique de la matière



### Physique atomique

Atome · Atome d'hydrogène · Condensat de Bose-Einstein ·  
Configuration électronique · Couche électronique · Diagramme de  
Klechkowski · Gaz de fermions dégénéré · HOMO/LUMO · Nombre  
quantique · Numéro atomique · Raie spectrale · »



### Physique nucléaire

Noyau · Neutron · Proton · Numéro atomique · Isotope · Table des  
isotopes · Demi-vie · Radioactivité ·  $\alpha$  ·  $\beta$  &  $\gamma$  · Protection · Thérapie ·  
Datation · Énergie de liaison · Réaction nucléaire · Fission · Fusion · »

La *physique atomique* étudie les *atomes* en tant que systèmes isolés. Un atome (du grec ancien ατομος [atomos], « que l'on ne peut diviser », même s'il s'est avéré que l'on pouvait fractionner l'atome) est la *plus petite partie d'un corps simple pouvant se combiner chimiquement* avec une autre. Il est généralement constitué d'un noyau composé de protons et de neutrons autour desquels se trouvent des électrons. La taille de l'atome est de l'ordre de l'angström, soit  $10^{-10}$  m ou 0,1 nm.

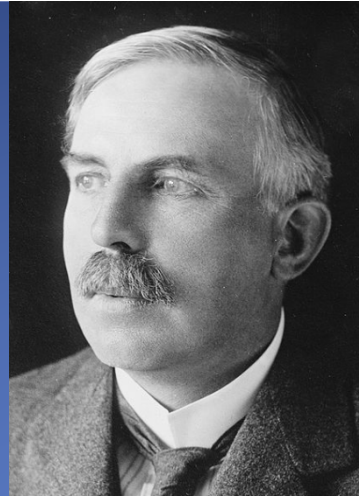
La physique atomique se concentre essentiellement sur l'*arrangement des électrons autour du noyau* et sur la façon dont celui-ci est modifié.

La *physique nucléaire* étudie non seulement le *noyau atomique* (élaboration d'un modèle théorique) mais aussi la *façon dont il interagit* lorsqu'une particule arrive « à proximité ». Ainsi, ses principaux thèmes sont de comprendre comment les *nucléons* (protons et neutrons) *interagissent* pour former le *noyau (structure nucléaire)* et de décrire les différentes façons qu'ont les noyaux d'*interagir* et de se *transformer (mécanismes des réactions nucléaires)*, notamment les processus de *fission* et de *fusion*, mais aussi les phénomènes de *diffusion* et de *radioactivités*)

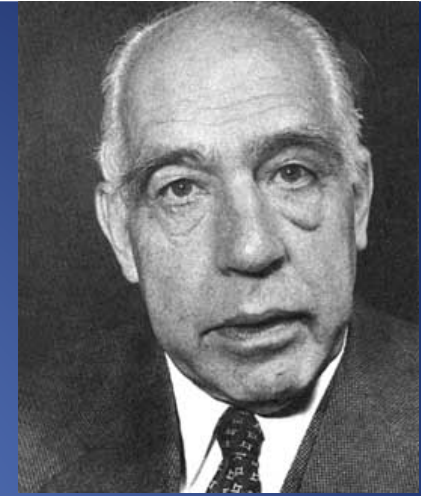




Joseph von Fraunhofer (1787-1826),  
physicien allemand



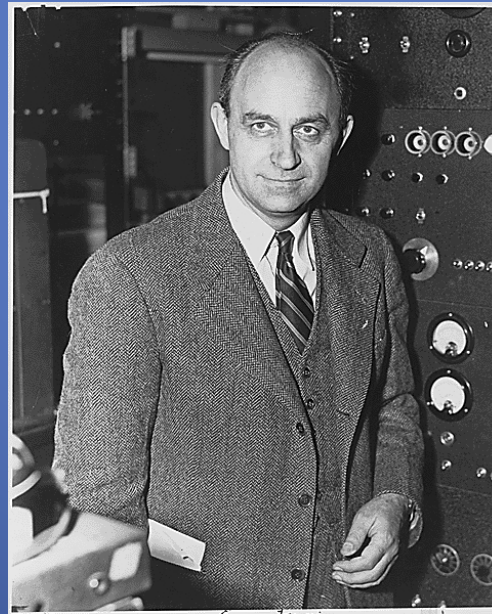
Sir Ernest Rutherford (1871-  
1937), physicien britannique



Niels Bohr (1885-1962), physicien danois



Hans Bethe (1906-2005), physicien  
américain d'origine allemande



Enrico Fermi (1901-1954), physicien italien



Frédéric Joliot (1900-1958) et son  
épouse Irène Curie (1897-1956),  
physiciens français



## Mécanique



### Mécanique newtonienne

Barycentre · Cinématique · Dynamique · Énergie cinétique & potentielle · Action mécanique · Force · Moment · Torseur · Lois de Newton · Masse · Mécanique du point · Oscillateur harmonique · Repère de Frenet · Référentiel · Statique · Vitesse · »



### Mécanique des fluides

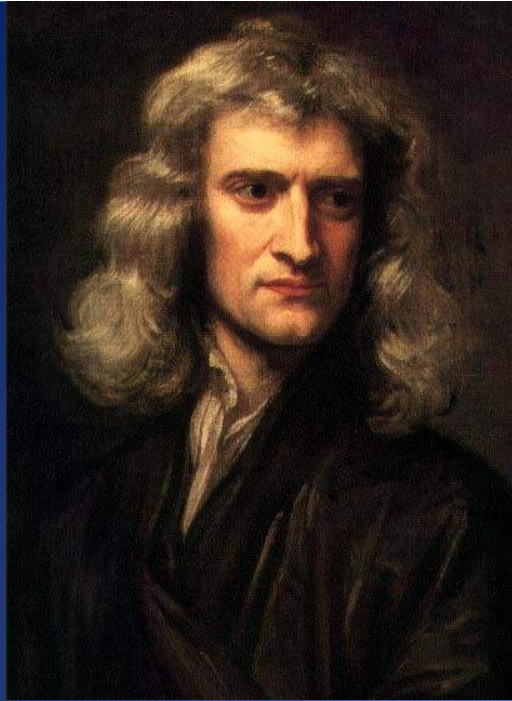
Couche limite · Dynamique · Vide · Écoulement de Poiseuille & laminaire · Effet Venturi · Équations de Navier-Stokes · Fluide incompressible · Hydrostatique · Hydrodynamique · Nombre de Reynolds · Poussée d'Archimède · Pression · Théorème de Bernoulli · Viscosité · »

De manière générale, la *mécanique* étudie les *mouvements*. Elle nécessite donc des hypothèses concernant la nature et les propriétés de l'*espace* et du *temps* ; celles de Newton sont l'existence d'un *temps absolu* et d'un *espace euclidien*.

Selon l'objet en mouvement étudié, on distingue la *mécanique du point matériel*, la *mécanique du solide (in)déformable*.

La *mécanique des fluides* constitue l'extension de la mécanique newtonienne à une classe de *milieux continus* dont les *déformations* peuvent prendre des valeurs aussi *grandes* que l'on veut. On désigne sous le nom général de *fluides* des corps matériels, *gaz*, *liquides* et *plasmas*, qui peuvent se mettre sous une *forme quelconque* lorsqu'ils sont soumis à un système de forces. Les lois de la mécanique des fluides se sont dégagées peu à peu à partir d'une technique plusieurs fois centenaire, l'*hydraulique* ; mais c'est la naissance de l'aviation qui a fait faire d'immenses progrès en ce domaine.

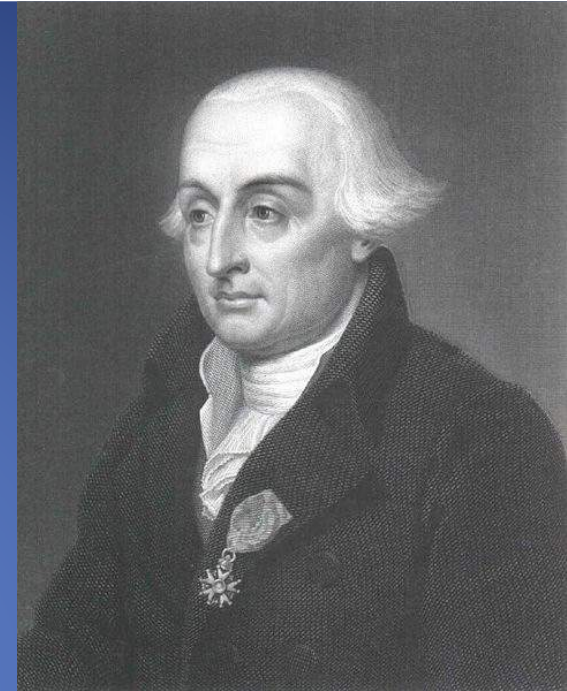
Le mouvement peut être étudié pour lui-même, *indépendamment de ses causes* (c'est la *cinématique*) mais aussi en *reliant les causes* des variations de mouvement *à leurs effets* sur le mouvement (c'est la *dynamique*). La *statique* étudie les corps *à l'équilibre*.



Sir Isaac Newton (1643-1727),  
mathématicien et physicien anglais.



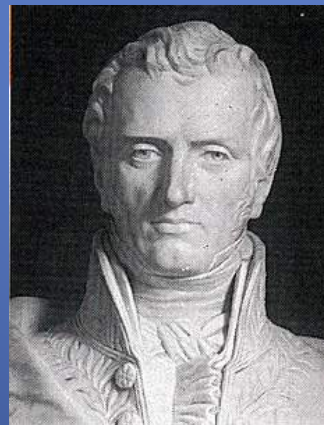
Leonhard Euler (1707-1783)  
mathématicien et physicien suisse



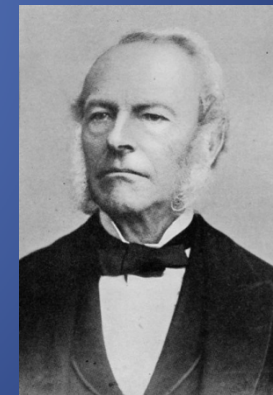
Joseph Louis, comte de Lagrange (1736-1813)  
mathématicien et astronome.



Sir William Hamilton (1805-1865)  
mathématicien, physicien et  
astronome irlandais.



Claude Navier (1785-1836), ingénieur et  
scientifique français.



George Stokes (1819-1903)  
mathématicien et physicien  
britannique.



## Physique ondulatoire

### Optique

Couleur · Diffraction · Dualité onde-particule · Interférence · Laser · Lois de Snell-Descartes · Lumière · Optique géométrique · impulsionnelle · métaxiale & ondulatoire · Optronique · Photon · Prisme · Réfraction · Réflexion · »

### Électromagnétisme

Aimant · Champ magnétique · Électrostatique · Équations de Maxwell · Force électromagnétique · Guide d'onde · Induction · Magnétorésistance géante · Onde · Photon · Radioélectricité · »

### Acoustique

Son · Effet Doppler-Fizeau · Fréquence fondamentale · Harmonique · Écho · Spectre sonore · Spectre harmonique · Diffusion des ondes · Vitesse du son · »

L'*optique* est la branche de la physique qui traite de la *lumière* et de ses relations avec la *vision*.

Historiquement, l'optique, apparue dès l'Antiquité, a d'abord été géométrique. L'*optique géométrique* propose une analyse de la propagation de la lumière basée sur l'idée de *rayon lumineux*. Elle a pu expliquer les phénomènes de la *réflexion* et de la *réfraction*. Elle s'est perfectionnée jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, où la découverte de nouveaux phénomènes a conduit au XIX<sup>e</sup> siècle au développement de l'optique physique ou *ondulatoire*.

L'*optique ondulatoire* considère la lumière comme une *onde* ; elle explique les phénomènes d'*interférence*, de *diffraction* et de *polarisation*. Dans le cadre de l'*optique quantique*, la lumière est considérée comme un objet quantique qui se comporte comme des *corpuscules* (les photons) dans ses *interactions* avec la matière et comme une *onde* lors de sa *propagation*. Le *laser* a été imaginé dans le cadre de l'optique quantique.

L'*acoustique* a pour objet l'étude des *sons* et des *ondes de vibration mécaniques*. Elle fait appel aux *phénomènes ondulatoires* et à la *mécanique vibratoire*.

L'*électromagnétisme* étudie le *champ électromagnétique* et son *interaction* avec les *particules* dotées d'une *charge électrique*.

Le concept de *champ électromagnétique* a été forgé au XIX<sup>ème</sup> siècle pour décrire de *manière unifiée* les *phénomènes électriques* et *magnétiques*.

Des phénomènes tels que l'*induction* montrent en effet que les champs électrique et magnétique sont liés : *un champ magnétique variable engendre un champ électrique*, et réciproquement *un champ électrique variable est source d'un champ magnétique*.

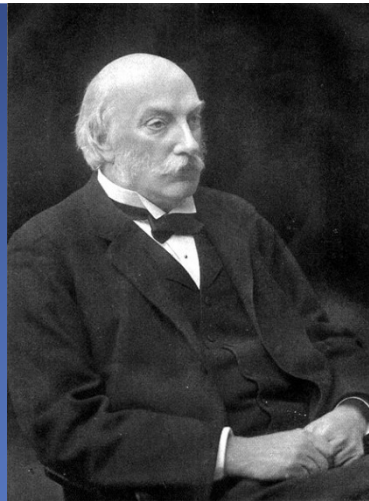
L'*électromagnétisme* a pour but d'*expliquer tous les phénomènes électriques et magnétiques* ; il rend compte de *toutes les applications de l'électricité* : *production d'énergie électrique* (alternateurs, dynamos...), *transport et distribution de l'énergie électrique*, *utilisation de l'énergie* (moteurs, éclairage), *ondes électromagnétiques* (qui regroupent le rayonnement gamma, les rayons X, l'ultraviolet, la lumière visible, l'infrarouge et les ondes radioélectriques).

La *matière* étant composée de *particules chargées* positivement (noyaux atomiques) et négativement (électrons), on peut dire que *l'électromagnétisme est présent au plus intime de la matière*. Il constitue une des parties les plus importantes de la physique.

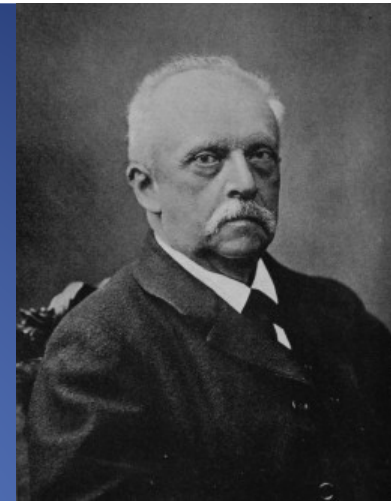




Augustin Fresnel (1788-1827),  
physicien français



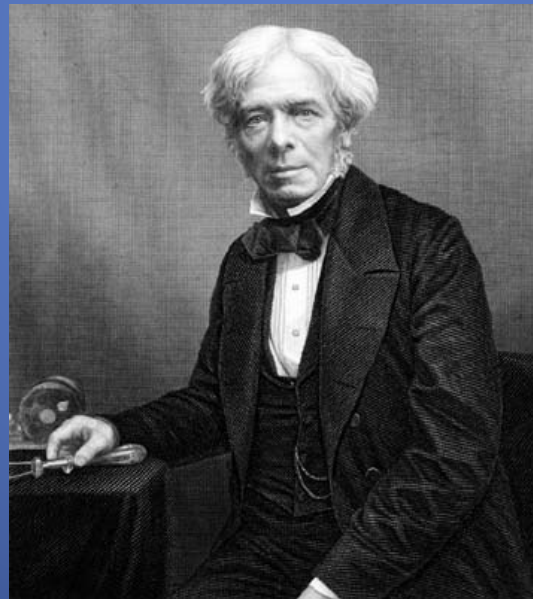
John William Strutt, dit Lord Rayleigh  
(1842-1919), physicien anglais



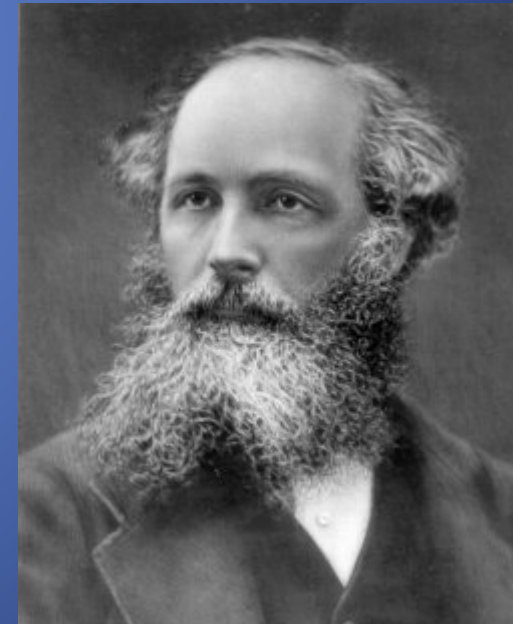
Hermann von Helmholtz (1821-  
1894), physicien allemand



André-Marie Ampère (1775-1836),  
mathématicien et physicien français



Michael Faraday (1791-1867),  
physicien et chimiste anglais



James Clerk Maxwell (1831-1879), physicien  
et mathématicien écossais.

## Physique théorique

### Physique quantique

Chat de Schrödinger · Équation de Schrödinger · Fentes de Young · Intégrale de chemin · Hamiltonien · Bra-ket · Opérateur · Particule dans une boîte · Principe d'exclusion de Pauli · Spin · Téléportation · Théorie des perturbations · »

### Physique des particules

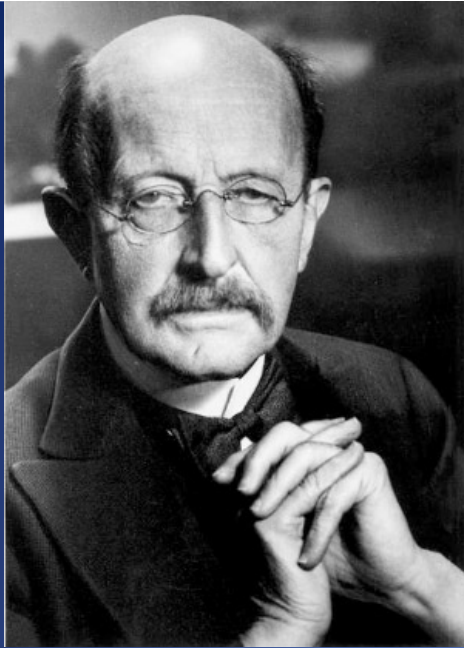
Accélérateur de particules · Boson · Boson de Higgs · Électrodynamique quantique · Électron · Fermion · Gluon · Modèle standard · Neutrino · Particule élémentaire · Photon · Quark · Théorie quantique des champs · nombre baryonique · nombre leptonique · »

Née avec le XX<sup>ème</sup> siècle, la *physique quantique* s'est imposée comme l'outil nécessaire pour décrire les *phénomènes à l'échelle atomique* (et même certains phénomènes à plus grande échelle). La physique quantique implique une *révision radicale des concepts habituels*, tirés de notre expérience à notre échelle ; elle représente une *véritable révolution* qui se fonde sur au moins *quatre principes*.

D'abord, des *grandeurs physiques*, que l'on imaginait *continues*, sont en fait *discrètes* (c'est-à-dire prennent des valeurs séparées les unes des autres) et *ne peuvent varier* que par « *sauts* » *discontinus* : ces grandeurs sont *quantifiées*. Ensuite, il est *impossible de mesurer simultanément toutes les grandeurs* attachées à un système physique (par exemple la *position* et la *vitesse*), la notion de *trajectoire* n'a *pas de sens* à l'échelle des particules. Troisièmement, le *déterminisme classique* est *remis en cause* par l'inévitable *interprétation probabiliste des résultats de mesures*. Enfin, des *systèmes physiques* peuvent apparaître comme *corrélés*, *même* s'ils sont *très distants* les uns des autres : il y a ainsi, dans certains cas, *non-séparabilité* entre plusieurs systèmes.

La *physique des particules* étudie les *constituants élémentaires* de la *matière* et les *rayonnements*, ainsi que leurs *interactions*. On l'appelle aussi parfois *physique des hautes énergies* car de nombreuses *particules élémentaires*, instables, n'existent pas à l'état naturel et peuvent seulement être détectées lors de *collisions à hautes énergies* entre particules stables dans les *accélérateurs de particules*.





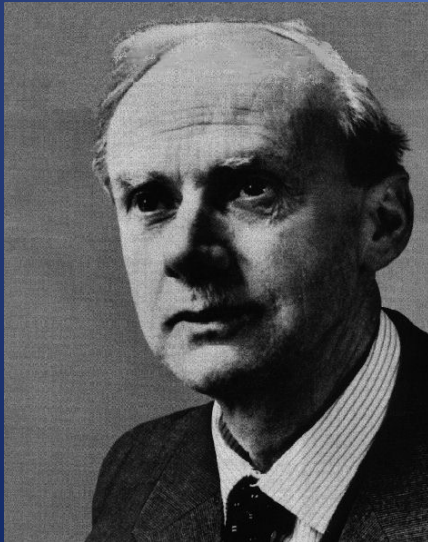
Max Planck (1858-1947), physicien allemand



Werner Heisenberg (1901-1976), physicien allemand



Erwin Schrödinger (1887-1961), physicien autrichien



Paul Dirac (1902-1984), physicien et mathématicien britannique



Wolfgang Pauli (1900-1958), physicien autrichien



Hideki Yukawa (1907-1981), physicien japonais

## Physique statistique

Extensivité · intensivité · Fonction de partition · Formule de Boltzmann ·  
Groupe de renormalisation · Mouvement brownien · Physique  
statistique hors d'équilibre · Statistique de Bose-Einstein & de  
Fermi-Dirac · Théorème d'équipartition · Transition de phase · »

La *physique statistique* a pour but d'expliquer le comportement et l'évolution de *systèmes* physiques comportant un *grand nombre de particules* (on parle de *systèmes macroscopiques*), à *partir des caractéristiques* de leurs constituants *microscopiques* (les particules, qui peuvent être des *atomes*, des *molécules*, des *ions*, des *électrons*, des *photons*. Même si les interactions de ces constituants sont en général décrites par la mécanique quantique, la *description macroscopique d'un ensemble* de tels constituants *ne fait pas directement appel à la mécanique quantique*. C'est pourquoi une part de la physique statistique, en particulier la *thermodynamique*, a été obtenue *avant* le développement de *la mécanique quantique*.





## Relativité

$E=mc^2$  · Expérience de Michelson-Morley · Espace-temps · Gravitation ·  
Onde gravitationnelle · Paradoxe des jumeaux · Paradoxe du train ·  
Principe d'équivalence · Relativité générale & restreinte · Ligne  
d'univers · Simultanéité · Vitesse de la lumière · Vitesse limite · »

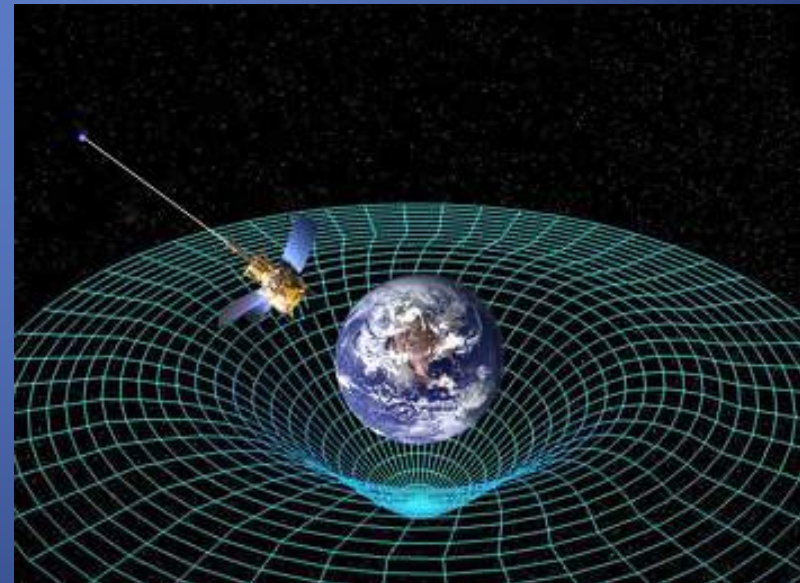
## Unification

Électromagnétisme · Gravitation · Gravitation quantique à boucles ·  
Interaction élémentaire · Interaction faible & forte · Supersymétrie ·  
Théorie des cordes & des supercordes · Théorie M · Corde · Espace de  
Calabi-Yau · Brane · »

Le vocable « *relativité* » recouvre *deux concepts* très différents. Celui de *relativité restreinte* (qui a remplacé la *relativité galiléenne* dans le cadre de la mécanique newtonienne) spécifie la *structure cinématique de l'espace-temps*.

Cette structure, d'abord suggérée par l'étude de l'électromagnétisme, a fourni un *cadre général pour la description de toutes les autres lois fondamentales de la nature*, à l'*exception* de la *gravitation*, dont la formulation constitue le domaine de la *relativité générale*.

La *relativité générale* apporte une *modification profonde au concept d'espace-temps*. Celui-ci *cesse* d'être une arène neutre, servant de simple *décor* à l'existence et à l'évolution de la matière, pour devenir une *entité dynamique*, influencée par et influençant la distribution d'énergie qu'il contient, et *évoluant* au même titre que les autres champs physiques.



D'une façon générale, il est naturel en physique de chercher à *unifier* la description des *interactions*. James C. Maxwell a été le premier à effectuer l'unification des phénomènes magnétique et électrique avec sa théorie de l'*électromagnétisme*.

À ce jour, *en plus de la gravitation*, il existe *trois interactions fondamentales* :

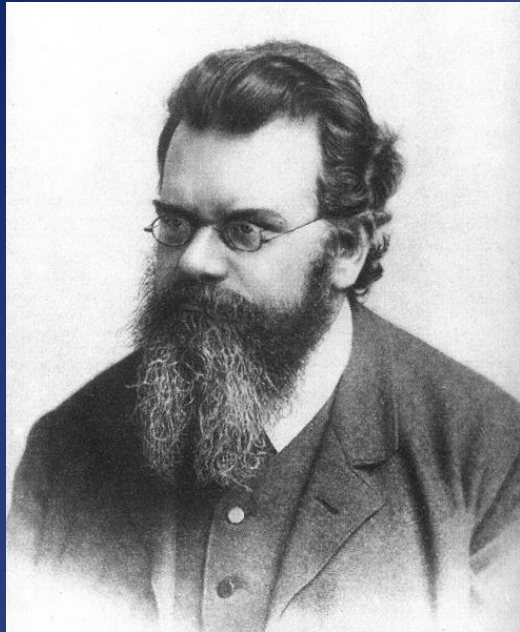
- ✓ l'interaction *électromagnétique*
- ✓ l'interaction *faible* ou force faible
- ✓ l'interaction *forte* ou force forte

Avec l'avènement de la mécanique quantique et le développement de la version quantique de l'électromagnétisme – plus précisément d'une « théorie quantique des champs » – appelée *électrodynamique quantique*, il a été possible de « mélanger » cette dernière avec l'*interaction faible* plus récemment découverte au sein de la *théorie électrofaible*.

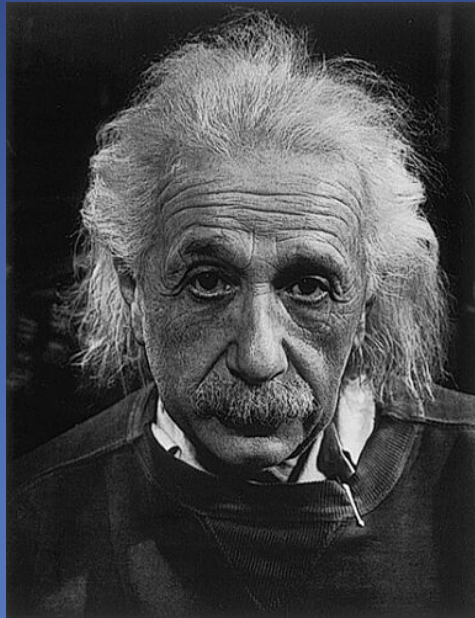
La découverte par la suite de la *chromodynamique quantique* expliquant la *structure du noyau atomique* en termes des *quarks* sera alors la dernière pièce de l'édifice constitué par le *modèle standard* qui incorpore les *trois interactions dans une théorie unifiée (théorie de grande unification)*.

Différentes théories tentent aussi de fournir une description de la *gravité quantique* c'est-à-dire d'unifier la *mécanique quantique* (inévitables pour décrire la physique aux petites échelles) et de la théorie de la *relativité générale* (nécessaire pour décrire la gravitation de manière relativiste). Certaines, comme la *théorie des cordes* prétendent réussir à unifier les quatre interactions élémentaires connues, on parle de *théorie du tout*.

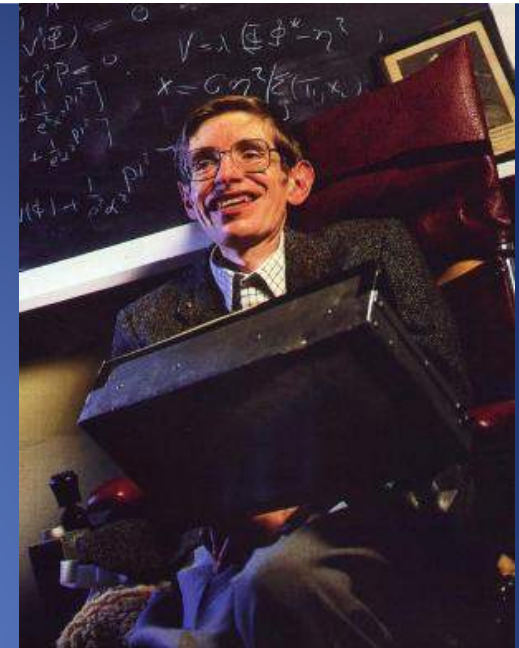




Ludwig Boltzmann (1844-1906), physicien autrichien



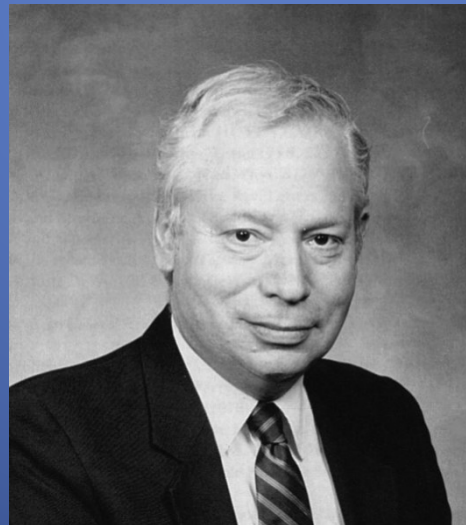
Albert Einstein (1879-1955), physicien germano-helvético-américain



Stephen Kawking (1942- ), physicien britannique



Richard Feynman (1918-1988), physicien américain



Steven Weinberg (1933- ), physicien américain



Chen Ning Yang (1922- ), physicien américain d'origine chinoise, et Robert Mills (1927-1999), physicien américain

## Physique interdisciplinaire

### Astrophysique

Big Bang · Ceinture de Van Allen · Cosmologie · Évolution des étoiles ·  
Fond diffus cosmologique · Lentille gravitationnelle · Limite de  
Chandrasekhar · Naissance des étoiles · Nucléosynthèse · Trou noir ·  
Vent solaire · »

### Biophysique

Biomimétisme · Biophotonique · Moteur moléculaire · »

### Géophysique

Sismologie · Gyromagnétisme · Magnétosphère · Géophysique interne ·  
Champ magnétique terrestre · Océanographie · »

### Chimie physique

Cinétique chimique · Électrochimie · Liaison chimique · Résonance  
magnétique nucléaire · Spectroscopie · Thermochimie · »

L'*astrophysique* est une branche interdisciplinaire de l'*astronomie* qui concerne principalement la physique et l'étude des propriétés des objets de l'*Univers* (*étoiles, planètes, galaxies, milieu interstellaire* par exemple), comme leur taille, leur luminosité, leur densité, leur température et leur composition chimique.

La *biophysique* est à l'interface de la physique et la biologie où les *outils d'observation des phénomènes physiques* sont *appliqués* aux *molécules d'origine biologique*.

La *géophysique* concerne l'*étude des caractéristiques physiques de la Terre*, ou d'autres planètes, utilisant des *techniques de mesures physiques* indirectes (gravimétrie, géomagnétisme, sismologie, etc.).

La *chimie physique* est l'*étude des bases physiques des systèmes chimiques et des procédés*. En particulier, la *description énergétique* des diverses *transformations* fait partie de la chimie physique. On y trouve des disciplines importantes comme la thermodynamique chimique (avec la thermochimie), la cinétique chimique, la spectroscopie et l'électrochimie.



*“ L'homme est l'espèce  
la plus insensée,  
il vénère un Dieu invisible et  
massacre une nature visible !  
Sans savoir que cette nature  
qu'il massacre  
est ce Dieu invisible  
qu'il vénère ! ”*

**Hubert Reeves**

