

Richard Taillet | Loïc Villain | Pascal Febvre

3^e édition

dictionnaire de physique

**+ de
6 000
termes**

**nombreuses
références
historiques**

**3 700
références
bibliographiques**



de boeck

dictionnaire de physique

Richard Taillet | Loïc Villain | Pascal Febvre

3^e édition

dictionnaire de physique

**+ de
6000
termes**

**nombreuses
références
historiques**

**3700
références
bibliographiques**



de boeck

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web: **www.deboeck.com**

© Groupe De Boeck s.a., 2013
Rue des Minimes, 39 B-1000 Bruxelles

3^e édition

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Imprimé en Belgique

Dépôt légal:

Bibliothèque Nationale, Paris: Février 2013

Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles: 2013/0074/078

ISBN : 978-2-8041-7554-2

Sommaire

Avant-propos	vii
Dictionnaire	1
Liste des figures.....	741
Liste des tables	745
Quelques longueurs typiques	747
Quelques masses typiques	748
Quelques températures typiques.....	749
Alphabet grec.....	750
Symboles mathématiques.....	751
Formulaire mathématique.....	753
Vecteurs.....	755
Constantes physiques.....	756
Unités.....	757
Multiples et sous-multiples.....	760
Liste des éléments.....	761
Prix Nobel de physique.....	764
Quelques prix Nobel de chimie.....	772
Chronologie.....	773
Lexique anglais-français	784
Index des noms	824
Liste des prix Nobel	824
Index	844

Avant-propos

Pourquoi ?

À l’heure des moteurs de recherche et des excellentes encyclopédies collaboratives en ligne, pourquoi consulter (et *a fortiori* pourquoi écrire) un dictionnaire de physique ? La réponse est multiple. D’une part, il est fréquent d’avoir besoin de définitions synthétiques de termes ou de concepts, utilisant des notations homogènes. D’autre part, l’utilisation régulière des outils que nous venons de citer révèle qu’il est parfois difficile de faire le tri parmi les multiples résultats d’une requête sur un moteur de recherche, et qu’il est tout aussi difficile de trancher entre plusieurs définitions qui semblent contradictoires. Ensuite, ces outils ne permettent pas, en général, d’estimer l’autorité scientifique de l’auteur ni la pertinence de l’information trouvée. Enfin, on pourrait évoquer le simple goût du papier, le plaisir d’une page tournée, la promenade du regard et la possibilité de découvertes fortuites.

Pour qui ?

Cet ouvrage a été écrit pour des étudiants de premier cycle universitaire, en Licence ou en Classes préparatoires aux Grandes Écoles, avec quelques prolongements destinés à des étudiants de Master. Il devrait aussi pouvoir intéresser les étudiants préparant les concours d’enseignement (CAPES et agrégation de sciences physiques), ainsi que les enseignants en physique. Les personnes désireuses de se rafraîchir la mémoire sur des concepts oubliés pourraient aussi lui trouver un intérêt. Enfin, nous espérons que le simple curieux puisse prendre quelque plaisir à sa lecture. L’intérêt que pourra y trouver le lecteur dépendra sans doute de sa formation, de son niveau et de ses goûts personnels, et nous avons choisi de ne faire figurer aucune indication de niveau de difficulté en regard des définitions, pour laisser ouvertes les perspectives de découvertes inattendues.

Nos choix

Cet ouvrage reflète en partie les biais thématiques des auteurs, leur formation et leurs goûts. Nous avons essayé de minimiser ce biais et de présenter une vue équilibrée des différents domaines de la physique auxquels sont confrontés les étudiants en sciences au niveau L1 à L3. Toutefois, la physique s’étend vers de nombreuses autres disciplines – la chimie, l’électronique, l’ingénierie, les mathématiques – avec lesquelles les frontières sont parfois floues, et nous avons dû décider arbitrairement des limites de ce dictionnaire. En particulier, l’électronique n’est que peu représentée, nous n’avons fait figurer que les

concepts de base et quelques montages très classiques, passages obligés des cours d'introduction à la discipline. De même, la physico-chimie n'est abordée que dans les cas où un point de vue de physicien peut être adopté franchement. Quant aux mathématiques, les définitions s'y rapportant sont données pour leur utilité dans le cadre de la physique et ne prétendent pas remplacer un dictionnaire de mathématiques. Enfin, de nombreux termes techniques ont été écartés, afin de garder à cet ouvrage une certaine légèreté et une certaine cohérence.

Voilà pour ce que ne contient pas ce dictionnaire. En revanche, nous avons délibérément choisi de faire figurer de nombreux concepts modernes, voire naissants, de la physique fondamentale. Des expériences en cours ou à venir sont décrites, afin de donner quelques clés au lecteur au moment où leurs résultats seront annoncés ou affinés. À l'inverse, ce dictionnaire comporte aussi des termes correspondant à des notions réfutées, appartenant plus à l'histoire des idées qu'à la physique telle qu'elle est généralement enseignée (théorie de Lesage, lumière fatiguée, Univers stationnaire, etc.). Nous pensons qu'il est tout aussi important (et intéressant) de comprendre comment ces notions ont pu naître, et pour quelles raisons elles ne sont aujourd'hui plus considérées. Enfin, nous avons aussi inclus quelques termes inclassables, qui nous ont amusés, étonnés ou intéressés à des titres divers.

Les définitions sont agrémentées de nombreuses précisions historiques. Il est parfois difficile d'attribuer une date précise et indiscutable à un événement, une découverte ou l'invention d'un concept, et le lecteur soucieux de rigueur historique est invité à ne prendre les dates mentionnées que comme des indications.

Ce dictionnaire n'est pas une encyclopédie, et ne prétend pas décrire de façon exhaustive chacun des termes définis. Nous avons essayé d'indiquer le maximum de pistes, pour que le lecteur désireux d'aller plus loin sache où commencer sa recherche. La contrainte de concision nous a obligés à faire des choix dans la présentation des concepts, et certains de ces choix pourraient certainement être remis en cause. Si ce dictionnaire pouvait conduire le lecteur au stade où il serait prêt pour cette remise en cause, notre but aura été atteint.

Comment trouver ce qu'on y cherche ?

L'utilisation d'un dictionnaire est généralement un exercice suffisamment simple pour se passer de mode d'emploi, mais le lecteur pourrait gagner du temps et de l'efficacité en suivant quelques conseils. Tout d'abord, l'index final est très fourni et devrait permettre de localiser rapidement certains termes apparaissant dans des définitions mais ne constituant pas une entrée en eux-mêmes. Ensuite, les expressions composées de plusieurs mots sont placées dans l'ordre alphabétique normal de l'expression toute entière (*dynamo de Bullard* se trouve dans les D), sauf dans quelques cas où un ordre différent nous a semblé plus pertinent (par exemple pour les effets associés à des noms, *effet Peltier* se trouvant à « Peltier (effet) »). Les entrées accompagnées d'une figure ou d'une table sont repérées par les symboles  et , respectivement.

Références bibliographiques (nouveau dans la troisième édition)

La grande nouveauté de cette troisième édition est l'ajout d'un grand nombre de références bibliographiques (plus de 3000), qui viennent compléter ou illustrer les définitions. Nous les avons sélectionnées de la manière suivante : nous avons choisi plusieurs revues de physique, en français ou en anglais, dont l'ambition est clairement pédagogique (*La Recherche*, *Pour la Science*, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, *Images de la physique*, *American Journal of Physics*, *Physics Today*, etc.) et nous avons parcouru l'ensemble des numéros sur les vingt dernières années ou plus. Quand un article nous semblait pouvoir compléter une définition, nous l'avons ajouté. Le lien avec l'entrée en question peut parfois être assez lâche, mais dès que nous avons eu l'impression que le lecteur pourrait être intéressé par une référence, nous l'avons incluse. Du fait de ce mode opératoire, certaines définitions n'ont pas de référence bibliographique, et inversement certaines entrées ont une liste assez conséquente de références. Nous avons fait le choix de ne pas rééquilibrer les listes, qui reflètent aussi l'importance historique de certains concepts et qui permettent de se faire une idée de l'évolution d'un domaine scientifique et de son image dans la presse scientifique. Le lecteur trouvera une liste de références étendue sur le site internet de l'ouvrage¹, avec des liens directs vers les articles sur les sites des éditeurs.

Erratum et compléments

Un erratum régulièrement mis à jour est disponible sur site internet de l'ouvrage¹. À la même adresse, des compléments divers pourront éventuellement être ajoutés, suivant les retours que nous aurons de la part des lecteurs de l'ouvrage.

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement Fabrice Chrétien, qui aux Éditions de Boeck nous a accordé sa confiance pendant toute la réalisation de ce projet. Pour leurs relectures, leurs remarques et leurs conseils, merci aussi à David Maurin, Marie Ginibre, Laurent Gallot, Luc Frappat, Éric Pilon, Frank Thuillier, Éric Ragoucy, Joaquín Fernández Rossier, Sean Bailly (merci et merci !), Alexandra Garrigue, Claire Dehos, Benjamin Golly, Elvire Bouvier, Sébastien Valat, aux étudiants de L1, de M1 et de préparation au CAPES de physique-chimie de l'université de Savoie. Nous remercions chaleureusement Christophe Gay et Michel Mouly pour avoir relu et commenté le manuscrit de la première édition. Merci aussi à Robert Fleckinger pour ses nombreux commentaires pour la préparation de la deuxième édition. Nous avons abondamment consulté le superbe site P²EACH (www.p2each.com) et nous tenons à remercier leurs deux auteurs, Sean Bailly et Anthony Hillairet. Plusieurs personnes ont eu la gentillesse de nous signaler des coquilles ou des erreurs, merci à eux, merci à Michel Rieutord, Silvano Bonazzola, Éric Gourgoulhon, Valérie Le Boulch, Amaury Mouchet et Kevin Morand. Loïc remercie spécialement Olivier Pène pour sa relecture et ses explications mésoniques (et pas seulement). Merci aussi au Laboratoire de Physique Nucléaire et des Hautes Énergies (Jussieu) et en particulier à Pierre Astier, pour avoir fourni les ressources informatiques

1. <http://http://www.dicodephysique.fr/joomla/>

utilisées pour écrire cet ouvrage (php, MySQL, stockage des bases et espace www). Au cours de l'écriture de cet ouvrage, Loïc Villain a bénéficié du soutien d'Ania, du LUTH (Observatoire Paris-Meudon/CNRS), du CAMK², du DFA³ ainsi que de ses collègues du Département de Physique de l'Université de Tours et du LMPT. Pascal Febvre exprime toute sa gratitude à Biljana, Anastasia et Gabriela pour leur compréhension durant sa participation à la rédaction de cet ouvrage. Enfin, Richard Taillet remercie son entourage personnel et professionnel pour la liberté qui lui a été accordée pour mener à bien ce chouette projet.

2. Polska Akademia Nauk, en particulier grâce au programme LEA Astro-PF.

3. Universidad de Alicante, grâce à une bourse Intra-Européenne Marie Curie sous le contrat MEIF-CT-2005-025498.

A

a ► 1. Symbole de l'année, unité de temps. ► 2. Symbole du préfixe atto (10^{-18}).

A ► 1. Symbole de l'ampère, unité de courant électrique. ► 2. [Phys. nucl.] Notation usuelle du nombre de masse. ► 3. [Thermo.] Notation de l'énergie libre dans les ouvrages anglo-saxons. ► 4. [Électromag.] Le vecteur $\vec{A}$ est traditionnellement utilisé pour désigner le potentiel vecteur en électromagnétisme.

Å Symbole de l'ångström, unité de longueur.

ab initio (angl. *ab initio*) Qualifie un calcul qui se base uniquement sur les principes d'une théorie, et non sur certains paramètres ou modèles empiriques simplifiés reposant sur des données expérimentales. Par exemple, un objectif important de la physique atomique est de calculer *ab initio* les niveaux d'énergie des atomes à plusieurs électrons à partir des lois de la physique quantique.

- ▷ *Computational Materials Science : The Era of Applied Quantum Mechanics* ; Jerzy Bernholc ; Physics Today **52** (1999) p. 30
- ▷ *Les matériaux virtuels* ; Pablo Jensen, Xavier Blase ; La Recherche **352** (2002) p. 40
- ▷ *Les calculs ab initio en physique du solide* ; X. Blase ; Images de la Physique (2003) p. 11
- ▷ *Chemistry on the computer* ; Martin Head-Gordon, Emilio Artacho ; Physics Today **61** (2008) p. 58

abampère [abA] (angl. *abampere*) Unité dans laquelle s'exprime l'intensité d'un courant électrique (symbole **abA**) dans le système d'unités CGS électromagnétiques (▷ *unités électromagnétiques*). Elle est reliée à l'ampère du Système International d'unités par $1 \text{ abA} = 10 \text{ A}$. L'abampère est aussi appelé le **Biot** (noté **Bi**).

abaque (angl. *abacus* ; *chart* ; *nomogram*) Ensemble de courbes de référence dans lequel chaque courbe représente la relation entre deux grandeurs pour une valeur donnée d'un certain paramètre. Les abaques ont longtemps été utilisés pour déduire graphiquement une grandeur d'une autre, ou pour déterminer un paramètre par la mesure des deux grandeurs en question. De nos jours, on a plutôt tendance à utiliser un ordinateur qui

permet également de faire des calculs dans des situations plus complexes, pour lesquelles plusieurs grandeurs et paramètres interviennent.

- ▷ [Histoire des Sciences] *Le mystérieux abaque de Gerbert d'Aurillac* ; Alain Schärli ; Pour la Science **414** (2012) p. 88

abaque de Smith [Électromag.] (angl. *Smith chart*) Diagramme permettant de représenter l'évolution de l'impédance complexe le long d'une ligne de transmission hyperfréquence. L'abaque de Smith permet d'identifier graphiquement de manière simple les zones pour lesquelles la ligne est inductive ou capacitive, ou encore pour lesquelles un point de la ligne se comporte comme un circuit ouvert ou un court-circuit, du fait des ondes stationnaires qui peuvent apparaître. Cet abaque permet également de visualiser graphiquement l'admittance, le coefficient de transmission ou le taux d'onde stationnaire en tout point de la ligne.

Abbe (Ernst) (1840–1905) Physicien allemand, rendu célèbre par ses nombreux travaux en optique. Ceux-ci ont permis des avancées fondamentales, grâce notamment à la compréhension du lien entre la formation des images et la diffraction (▷ *théorie d'Abbe*) ou encore grâce à la formulation de la condition des sinus d'Abbe, pour qu'un système centré ne présente ni aberration de sphéricité ni de coma. Abbe a aussi fait progresser l'optique appliquée, ayant dirigé la société Zeiss et ayant mis ses compétences au profit de la construction de lentilles de meilleure qualité.

Abbe (expérience d') [Opt.] (angl. *Abbe experiment*) Expérience dans laquelle on modifie l'apparence de l'image d'un objet par une lentille, ou un système optique plus général, en altérant la distribution de lumière dans le plan focal de cette dernière. Dans ce plan, la lumière est en effet distribuée selon la transformée de Fourier spatiale de l'objet (▷ *optique de Fourier*) et l'on peut donc filtrer les basses fréquences (accentuer les contrastes, ▷ *strioscopie*) ou les hautes fréquences spatiales (détramage ou atténuation des contrastes) en masquant certaines zones du plan focal. Le filtrage des hautes fréquences spatiales est par exemple mis en œuvre dans certains objectifs photographiques, pour adoucir les images. On peut aussi effectuer ainsi de spectaculaires manipulations d'image, comme transformer

celle d'une grille, constituée de lignes horizontales et verticales, en une série de lignes obliques.

Abbe (nombre d') [Opt.] (angl. *Abbe number*)

▷ *constringence*.

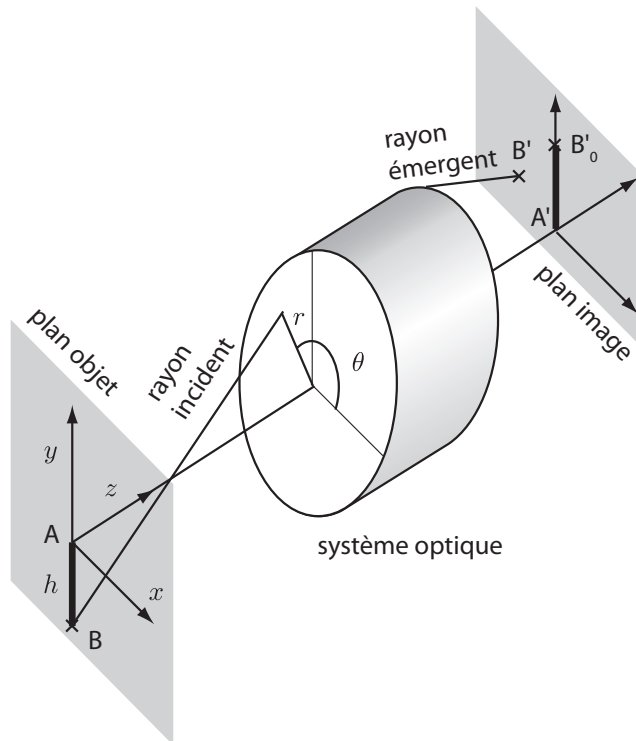


FIGURE 1 – aberration – Marche d'un rayon lumineux issu d'un point B et atteignant le plan de l'image paraxiale en B'. On peut repérer la direction du rayon incident par les coordonnées (r, θ) du point auquel il entre dans le système optique.

Abbe (théorie d') [Opt.] (angl. *Abbe theory*) Il ne s'agit pas d'une théorie à proprement parler, mais d'une manière d'interpréter la formation de l'image d'un objet par un instrument d'optique. Cette approche, proposée en 1872 par Ernst Abbe (1840–1905), se concentre sur la diffraction de la lumière provoquée par la traversée du système optique, notamment au niveau de ses ouvertures. En raison de ce phénomène, il se forme une figure de diffraction en tout plan situé derrière l'instrument, en particulier dans le plan focal image. La théorie d'Abbe s'appuie sur le principe de Huygens-Fresnel, en considérant que l'image finalement produite par l'instrument résulte de l'interférence de tous les rayons issus de ce plan. Grâce à cette approche, et en étudiant les propriétés de la distribution de lumière dans leur plan focal image, Abbe mit clairement en évidence l'origine des limitations du pouvoir de résolution des microscopes optiques.

▷ *The Abbe Theory of Microscopic Vision and the Gibbs Phenomenon*; G. L. Rogers; American Journal of Physics **22** (1954) p. 384

▷ *An Elementary Theoretical Approach to the Abbe Theory of Optical Image Formation*; Anthony Gerrard; American Journal of Physics **31** (1963) p. 723

abcoulomb [abC] (angl. *abcoulomb*) Unité de charge électrique (symbole abC ou aC) dans le système d'unités CGS électromagnétiques (▷ *unités électromagnétiques*). Elle est reliée au coulomb du Système International d'unités par $1 \text{ abC} = 10 \text{ C}$.

abélien [Math.] (angl. *Abelian*) ▷ *commutatif*.

aberration [Opt.] (angl. *aberration*) Dégradation de la qualité des images formées par un système optique, lorsque la condition de stigmatisme rigoureux n'est pas vérifiée. On distingue deux types d'aberrations. ► **1.** (angl. *geometric aberration*) **FIG** Le terme **aberration géométrique** désigne de façon générique les modifications des images résultant des écarts par rapport aux conditions de Gauss. Un pinceau lumineux issu d'un point objet B ne converge généralement pas exactement à la position de l'image paraxiale B'_0, mais les rayons qui le composent interceptent le plan image en un ensemble de points B' formant une tache. La distribution des rayons lumineux autour de B'_0 et l'écart entre B' et B'_0 dépendent de la direction du rayon lumineux considéré et de la distance à l'axe de B, et donc des paramètres h, r et θ indiqués sur la figure. L'expression générale de cet écart fait intervenir plusieurs termes qui dépendent de façon différente de ces paramètres (des polynômes en r, h, cos θ et sin θ), ce qui permet de définir plusieurs types d'aberrations géométriques. On appelle **aberrations primaires** ou **aberrations de Seidel** les termes en $r^m h^n$ pour lesquels $m + n = 3$ (pour des raisons de symétrie il n'y pas de terme de degré plus bas). Dans le cas d'un système optique présentant la symétrie de révolution autour de l'axe optique, on distingue parmi celles-ci :

- l'**aberration de sphéricité** en r^3 . Elle ne dépend que de la direction du pinceau lumineux (mais pas de h), c'est une **aberration d'ouverture**. C'est la seule qui subsiste lorsque l'objet se trouve sur l'axe optique ;
- l'**aberration de coma** en hr^2 . La tache lumineuse est constituée d'une superposition de cercles dont le rayon est proportionnel à la distance à B, elle ressemble à une comète, ce qui explique son nom ;
- l'**astigmatisme** en h^2r . Il est surtout important pour les objets assez éloignés de l'axe optique. Le pinceau lumineux se pince en un segment en deux endroits (pour une illustration, ▷ *astigmatisme*), et le système optique n'est pas stigmatique de la même manière pour des rayons appartenant aux deux plans perpendiculaires contenant la direction moyenne du pinceau ;
- la **courbure de champ** en h^2r , mais qui contrairement au cas précédent ne dépend pas de l'orientation de l'objet AB dans le plan perpendiculaire à l'axe optique. Cette aberration traduit le fait que la surface conjuguée au plan objet est courbe (l'image de B n'est pas située dans le plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par A') ;

- la **distorsion** en h^3 et qui ne dépend que de la position de B . Cet effet se traduit par une déformation des images.

Les trois dernières sont des **aberrations d'inclinaison** ou **aberrations de champ** car elles dépendent de h . Les termes $r^m h^n$ pour lesquels $m + n = 5$ sont appelées **aberrations secondaires**. On peut limiter certaines de ces aberrations en ajustant les paramètres du système optique (notamment la courbure des dioptries et l'indice de réfraction des matériaux utilisés). Par définition, s'approcher des conditions de Gauss limite toutes ces aberrations. Pour plus de détails : ▷ *aberration de sphéricité, coma, astigmatisme, courbure de champ, distorsion, image tangentielle, image sagittale*. ► 2. (angl. *chromatic aberration*) Le terme **aberration chromatique** désigne le fait que des rayons issus d'un même point objet, passant par les mêmes parties d'un système optique, mais correspondant à des fréquences différentes, ne convergent pas au même point. Ceci est dû à la variation avec la fréquence de l'indice de réfraction du milieu constituant la lentille (▷ *dispersion*). Du fait de cette aberration, la position du foyer image d'une lentille simple dépend de la fréquence de l'onde formant le rayon en question. Les systèmes optiques sont généralement conçus pour limiter cet effet gênant (▷ *doublet achromatique, oculaire de Huygens*).

▷ *Quelques richesses pédagogiques d'une idée simple : le test de Ronchi* ; Luc Dettwiller ; Bulletin de l'Union des Physiciens **901** (2008) p. 201

aberration d'inclinaison [Opt.] Nom générique des aberrations géométriques qui dépendent de l'inclinaison des rayons lumineux par rapport à l'axe optique (▷ *aberration*). Pour un système optique à symétrie de révolution, il s'agit essentiellement de l'aberration de coma, de la courbure de champ et de la distorsion.

aberration d'ouverture [Opt.] Nom générique des aberrations géométriques qui ne dépendent pas de la distance de l'objet à l'axe optique (▷ *aberration*). Pour un système optique à symétrie de révolution, il s'agit essentiellement de l'aberration de sphéricité.

aberration de sphéricité [Opt.] (angl. *spherical aberration*) Aberration géométrique qui ne dépend pas de la distance de l'objet à l'axe optique, mais seulement de la direction des rayons lumineux formant l'image (▷ *aberration*) ; c'est donc une aberration d'ouverture. C'est la seule aberration qui peut subsister lorsque l'objet se trouve sur l'axe optique. Le niveau d'aberration de sphéricité dans le plan image est déterminé par la caustique externe formée par les rayons lumineux émergeant d'un système optique (▷ *nappe tangentielle*). On peut concevoir des systèmes optiques s'affranchissant de cette dégradation des images en combinant des éléments dont les défauts se compensent, ou en utilisant des éléments asphériques dont le profil est ajusté dans ce but. Par exemple, le miroir primaire du télescope spatial Hubble présentait une aberration de sphéricité importante, suite à une erreur d'usinage de l'ordre du

micron. Celle-ci a été corrigée par l'adjonction d'un miroir asphérique supplémentaire (COSTAR pour « Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement ») dont l'aberration compensait celle du miroir primaire (▷ *télescope spatial Hubble*). Pour une lentille, on peut limiter cette aberration en l'utilisant selon la règle « plus plat plus près ». Cette aberration est aussi appelée **aberration sphérique**.

▷ [Notes and Discussions] *On the nature of spherical aberration* ; P. W. Hawkes ; American Journal of Physics **46** (1978) p. 433

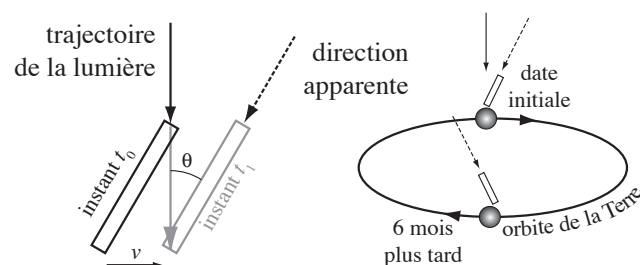


FIGURE 2 – aberration stellaire – Du fait de la vitesse de la Terre par rapport à celle d'une étoile qu'on observe, il faut pencher le télescope pour recueillir la lumière, qui semble provenir d'une direction légèrement différente (figure de gauche). Sur son orbite, la vitesse de la Terre prend des orientations différentes par rapport à celle de la lumière qui parvient de l'étoile, et la position apparente de l'étoile varie donc au cours de l'année (figure de droite).

aberration stellaire [Astro.] (angl. *stellar aberration*) [FIG] Variation annuelle de la position apparente des étoiles dans le ciel, due à la variation de la direction de la vitesse de la Terre sur son orbite. La position apparente d'une étoile est déterminée par la direction dont nous parvient la lumière, qui, pour un observateur terrestre, résulte de la composition vectorielle de la vitesse de la lumière avec celle de la Terre. En toute rigueur cet effet doit être analysé dans le cadre de la relativité restreinte, mais dans la limite des faibles vitesses, l'angle d'aberration est donné par $\theta = v/c$, où v désigne la vitesse de l'observateur dans la direction perpendiculaire à la direction de l'étoile observée et c la vitesse de la lumière. La variation annuelle de la direction de la vitesse de la Terre induit un mouvement apparent de l'étoile, le long d'une ellipse dont le grand axe est orthogonal à celui de l'orbite terrestre : il y a un déphasage permanent de $\pi/2$ entre la position de la Terre sur sa trajectoire réelle et celle de l'étoile sur sa trajectoire apparente. Pour des étoiles situées dans une direction perpendiculaire au plan orbital de la Terre, le mouvement est quasiment circulaire, avec un rayon angulaire de 20,6 secondes d'arc. Ce phénomène ne doit pas être confondu avec celui de parallaxe, qui conduit aussi à un mouvement elliptique de la position apparente relative des étoiles, mais en opposition de phase avec celui de la Terre. La parallaxe est un effet géométrique qui ne dépend que de la position relative de la Terre et de l'étoile observée, alors que l'aberration stel-

laire est un effet cinématique qui dépend aussi de leur vitesse relative (il serait absent si la vitesse de la lumière était infinie). En outre, l'aberration ne dépend pas de la distance entre la Terre et l'objet observé, contrairement à la parallaxe. L'aberration stellaire fut découverte vers 1728 par James Bradley (1693–1763), dont les mesures permirent de confirmer le caractère fini de la vitesse de la lumière (▷ *expérience de Roëmer*) et de préciser sa valeur. Elle fournit aussi une preuve du mouvement de la Terre autour du Soleil.

- ▷ [Notes and Discussions] *Stellar aberration and the hodograph for the Kepler problem* ; Peter D. Noerdlinger ; American Journal of Physics **45** (1977) p. 1229
- ▷ *Relativity and aberration* ; Thomas E. Phipps, Jr. ; American Journal of Physics **57** (1989) p. 549
- ▷ [Présence de l'histoire] *L'aberration stellaire* ; Roland Lehoucq, Denis Savoie ; Pour la Science **299** (2002) p. 20

abfarad [abF] (angl. *abfarad*) Unité de capacité (symbole abF) dans le système d'unités CGS électromagnétiques (▷ *unités électromagnétiques*). Elle est définie comme la capacité d'un condensateur pour lequel l'apport d'une charge d'un abcoulomb augmente la différence de potentiel à ses bornes d'un abvolt. Elle est reliée au farad du Système International d'unités par 1 abF = 10⁹ F.

abhenry [abH] (angl. *abhenry*) Unité d'inductance (symbole abH) dans le système d'unités CGS électromagnétiques (▷ *unités électromagnétiques*). Elle est définie comme l'inductance mutuelle de deux circuits dans lesquels une variation de courant d'un abampère par seconde conduit à une force électromotrice induite d'un abvolt. Elle est reliée au henry du Système International d'unités par 1 abH = 10⁻⁹ H.

abmho [abΩ] (angl. *abmho*) Unité de conductance (symbole abΩ) dans le système d'unités CGS électromagnétiques (▷ *unités électromagnétiques*). Elle est reliée au siemens du Système International d'unités par 1 abΩ = 10⁹ S. On l'appelle aussi l'**absiemens**, que l'on note alors avec le symbole abS.

abohm [abΩ] [Thermo.] (angl. *abohm*) Unité de résistance électrique (symbole abΩ) dans le système d'unités CGS électromagnétiques (▷ *unités électromagnétiques*). Elle est reliée à l'ohm du Système International d'unités par 1 abΩ = 10⁻⁹ Ω.

abondance (angl. *abundance*) Proportion dans laquelle on trouve un constituant donné dans un milieu, en particulier un isotope ou un élément chimique (▷ *abondance isotopique*). Cette définition englobe un grand nombre de situations distinctes, dans des domaines physiques très différents. Par exemple, l'abondance naturelle des isotopes dans la croûte terrestre donne des informations sur l'histoire de la formation de la Terre, alors que l'abondance chimique que l'on observe à la surface des étoiles nous renseigne sur la structure de ces étoiles et leur histoire.

abondance isotopique [Phys. nucl.] (angl. *isotopic abundance*) Rapport entre la quantité de l'isotope d'un élément et la quantité de tous les isotopes de cet élément présents dans un milieu. Par exemple, l'abondance de l'oxygène 18 serait $^{18}\text{O}/(^{16}\text{O} + ^{17}\text{O} + ^{18}\text{O})$. Cette notion est différente de celle de rapport isotopique.

Abraham–Lorentz (force d') [Électromag.] (angl. *Abraham-Lorentz force*) Force ressentie, en moyenne, par une particule chargée accélérée et résultant du rayonnement électromagnétique qu'elle émet elle-même. On peut la comprendre comme la force de recul associée à l'émission de ce rayonnement. Pour des vitesses faibles, elle s'écrit

$$\vec{F} = \frac{q^2}{6\pi\epsilon_0 c^3} \frac{d\vec{a}}{dt},$$

où q désigne la charge électrique de la particule, $\vec{a}$ son accélération, ϵ_0 la permittivité diélectrique du vide, c la vitesse de la lumière et d/dt la dérivée temporelle. C'est l'une des rares circonstances où l'on rencontre en physique une dérivée de l'accélération (▷ *jerk*), ce qui a des conséquences physiques *a priori* indésirables. Ainsi, il existe des solutions de l'équation du mouvement en présence de ce terme de force correspondant à un mouvement en auto-accélération continue et paraissant donc sans limite de vitesse, et d'autres où existe une pré-accélération, l'effet semblant précéder la cause. L'auto-interaction des charges électriques fut étudiée en 1904 par Hendrik Lorentz (1853–1928), puis en 1905 par Max Abraham (1875–1922). La généralisation relativiste de cette formule a été obtenue en 1938 par Paul Dirac (1902–1984) et porte donc le nom de **force d'Abraham-Lorentz-Dirac**.

- ▷ *A critical examination of the Abraham-Lorentz equation for a radiating charged particle* ; J. L. Jiménez, I. Campos ; American Journal of Physics **55** (1987) p. 1017
- ▷ *The dynamics of a charged sphere and the electron* ; F. Rohrlich ; American Journal of Physics **65** (1997) p. 1051
- ▷ *An approximate method for the direct calculation of radiation reaction* ; Jacques D. Templin ; American Journal of Physics **66** (1998) p. 403
- ▷ *Radiation reaction and runaway solutions in acoustics* ; Jacques D. Templin ; American Journal of Physics **67** (1999) p. 407
- ▷ *Self-force approach to synchrotron radiation* ; Lior M. Burko ; American Journal of Physics **68** (2000) p. 456
- ▷ *The self-force and radiation reaction* ; F. Rohrlich ; American Journal of Physics **68** (2000) p. 1109
- ▷ *Preacceleration without radiation : The nonexistence of pre-radiation phenomenon* ; José A. Heras ; American Journal of Physics **74** (2006) p. 1025

Abrikosov (Alexei) (1928–) Physicien théoricien russe, prix Nobel de physique en 2003 (avec V.L. Ginzburg et A.J. Leggett) pour ses « *contributions pionnières à la physique des superfluides et supraconducteurs* ». Abrikosov démontra que la théorie de Ginzburg-Landau de la supraconductivité prédisait l'existence d'un type particulier de supraconducteurs (▷ *supraconducteur de type II*), dans lesquels un champ magnétique

n'est pas nécessairement complètement expulsé par effet Meissner (▷ *réseau d'Abrikosov*).

abscisse [Math.] (angl. *abscissa*) Nom donné à la coordonnée utilisée pour repérer un point le long de l'un des axes d'un repère cartésien, qu'on appelle **axe des abscisses**. On la note souvent x . Par extension, l'axe des abscisses désigne aussi l'axe horizontal d'un graphe représentant une quantité en fonction d'une autre.

abscisse curviligne [Math.] (angl. *curvilinear abscissa*) Grandeur algébrique, souvent notée s , qui mesure la position d'un point le long d'une courbe par rapport à une origine elle-même située sur la courbe. Dans le cas d'une courbe paramétrée tracée dans un espace euclidien $\mathcal{C} = \vec{f}(t) = [x(t), y(t), z(t)]$, on peut écrire

$$s(T) = \int_{t_0}^T \left\| \frac{d\vec{f}}{dt} \right\| dt,$$

avec $s(t_0) = 0$. Si t est le temps, le vecteur tangent à la courbe,

$$\vec{v} = \frac{d\vec{f}}{dt} = \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt} \right)$$

est égal à la vitesse (▷ *paramètre, repère de Frenet*).

absolu (angl. *absolute*) Par opposition à relatif, qualifie ce qui est défini en soi et non par rapport à une référence ou à un observateur (▷ *température absolue, référentiel absolu*).

absorption (angl. *absorption*) ► **1.** [Ondes] Atténuation, partielle ou totale, d'une onde lorsqu'elle traverse un milieu. L'énergie absorbée peut être convertie sous forme de chaleur dans le milieu, ou exciter ses constituants microscopiques. Cet effet est décrit quantitativement par le coefficient d'absorption. ► **2.** [Quant.] L'absorption est aussi le nom consacré d'un phénomène quantique élémentaire par lequel un photon disparaît en provoquant l'excitation d'un système, un atome, une molécule ou un noyau, par exemple (▷ *coefficients d'Einstein*). Il lui cède son énergie, sa quantité de mouvement et son moment cinétique. ► **3.** De manière plus générale, l'absorption est le phénomène par lequel une substance fluide se retrouve incluse dans le volume d'un corps solide. Elle se distingue en cela de l'adsorption, un phénomène de surface.

absorption négative [Opt.] (angl. *negative absorption*) Augmentation du flux lumineux qui peut se produire par émission stimulée à la traversée de certains milieux, en particulier des milieux amplificateurs obtenus en y réalisant une inversion de population. Ce phénomène fut prédit en 1924 par Richard Tolman (1881–1948), et observé pour la première fois en 1928 par Rudolf Ladenburg (1882–1952).

abvolt [abV] (angl. *abvolt*) Unité de tension électrique (symbole abV) dans le système d'unités CGS élec-

trornagnétiques (▷ *unités électromagnétiques*). Reliée au volt du Système International d'unités par $1 \text{ abV} = 10^{-8} \text{ V}$.

Ac Symbole de l'élément actinium ($Z = 89$).

AC Abréviation de « alternating current » (▷ *alternatif*).

Académie des sciences (angl. *French Academy of Sciences*) Une des académies de l'Institut de France, créée en 1795. Elle rassemble des scientifiques de toutes nationalités, reconnus pour la qualité de leurs travaux, et regroupés en Membres, Associés étrangers et Correspondants. Sa mission générale consiste à :

- étudier les questions de société liées au développement des sciences et de formuler des recommandations ;
- participer au développement des relations scientifiques internationales et de la représentation à l'étranger de la recherche faite en France ;
- veiller à la qualité de l'enseignement des sciences ;
- encourager la diffusion de la science dans le public ;
- veiller au maintien du rôle et de la qualité du langage scientifique français.

Pour cela :

- elle aide à définir la politique de la recherche scientifique et technique par l'établissement et la publication de rapports ;
- elle publie dans ses « comptes rendus » des articles brefs et des articles de synthèse ;
- elle attribue des prix aux chercheurs et auteurs qu'elle souhaite récompenser ou encourager ;
- elle décerne annuellement une grande médaille d'or internationale ;
- elle présente, lors de ses séances publiques, des travaux originaux ou des exposés de synthèse ;
- elle organise des colloques ou des conférences, sur des thèmes d'actualité, éventuellement en coopération avec d'autres Académies ;
- elle conserve des plis cachetés pouvant servir à établir l'antériorité d'une découverte ;
- elle assure, dans ses archives, la conservation de documents contribuant à la connaissance de l'histoire des sciences et des progrès de la pensée scientifique.

▷ *Académie royale ou parisienne ?* ; Alice Stroup ; Cahiers de Science et Vie **45** (1998) p. 22

▷ *Une science d'état est née* ; Nicolas Chevassus-au-Louis ; Cahiers de Science et Vie **119** (2010) p. 18

accélérateur circulaire [Phys. des part.] (angl. *ring accelerator*) Accélérateur de particules dans lequel le faisceau est circulaire. L'énergie maximale qu'ils permettent d'atteindre est limitée par deux phénomènes. D'une part, les pertes dues au rayonnement synchrotron (▷ *cyclotron, synchrocyclotron*) augmentent avec l'énergie. Cet effet est d'ailleurs utilisé pour réaliser des sources de rayonnement synchrotron. D'autre part, le champ magnétique nécessaire pour courber la trajectoire augmente aussi avec l'énergie, et l'intensité des champs magnétiques que l'on sait produire est limitée.

Une sous-classe d'accélérateurs circulaires importante est celle des collisionneurs.

accélérateur linéaire [Phys. des part.] (angl. *linear accelerator*; *linac*) Accélérateur de particules dans lequel le faisceau est rectiligne. On l'appelle aussi **linac** ou **lineac**, abréviation de « linear accelerator ». L'énergie maximale qu'ils permettent d'atteindre est limitée par la longueur totale de l'accélérateur. L'accélérateur linéaire de Stanford (Californie, USA), long de 3 km, permet d'accélérer des électrons à une énergie de 60 GeV. Le projet ILC (International Linear Collider à Fermilab, Chicago) envisage d'accélérer des électrons à une énergie de l'ordre de 500 GeV, grâce à une longueur d'environ 35 km. Le principe de l'accélérateur linéaire fut proposé en 1925 par Gustaf Ising et fut mis en œuvre en 1928 par Rolf Widerö (1902–1996).

- ▷ *A TeV Linear Collider* ; Ian Hinchliffe, Marco Battaglia ; Physics Today **57** (2004) p. 49
- ▷ *Le développement des accélérateurs linéaires* ; Élémentaire **4** (2006) p. 42

accélérateur de particules [Phys. des part.] (angl. *particle accelerator*) Dispositif destiné à accélérer des particules chargées, par l'action d'un champ électromagnétique. Plusieurs types se sont succédés au fil de l'histoire (▷ *tube de Crookes*, *bevatron*, *accélérateur linéaire*, *générateur de van de Graaff*, *cyclotron*, *synchrocyclotron*, *synchrotron*), deux classes principales ayant toutefois émergé. Ainsi, dans un **accélérateur en anneau**, ou **accélérateur circulaire**, le faisceau reste confiné le long d'un cercle que les particules décrivent un grand nombre de fois, alors que dans un **accélérateur linéaire**, elles ne passent qu'une fois par chaque point. Les capacités de ces derniers sont donc fortement contraintes par leur dimension. En ce qui concerne les accélérateurs circulaires, ils permettent certes d'accélérer les particules de façon plus graduelle et en leur apportant une plus grande énergie, mais celle-ci se trouve également limitée en raison des pertes que les particules subissent par rayonnement synchrotron du fait de leur accélération centripète. Certains accélérateurs, appelés des **synchrotrons**, sont d'ailleurs dédiés à la production de ce rayonnement, dans le domaine des rayons X. D'autres accélérateurs sont quant à eux utilisés pour observer des réactions de physique des particules à haute énergie (pour une exception, ▷ *rhodotron*). En particulier, les **collisionneurs** permettent de produire deux faisceaux (de particules identiques ou différentes) accélérés qui se croisent en des points choisis où sont situés des détecteurs. Grâce aux progrès de la technologie, l'énergie disponible dans les accélérateurs est de plus en plus élevée (▷ *diagramme de Livingston*). Un nouveau type d'accélérateur beaucoup plus compact commence ainsi à être exploité dans des gammes d'énergie allant du MeV au GeV, l'accélération y étant réalisée par une onde de choc dans un plasma (▷ *accélérateur à plasma*).

- ▷ *Advanced Accelerator Concepts* ; Jonathan S. Wurtele ; Physics Today **47** (1994) p. 33
- ▷ *Does Accelerator-Based Particle Physics Have a Future ?* ; Maury Tigner ; Physics Today **54** (2001) p. 36

- ▷ *Les débuts des accélérateurs linéaires et circulaires* ; Élémentaire **2** (2005) p. 33
- ▷ [Resource Letter] *PBA-1 : Particle beams and accelerators* ; Alexander W. Chao ; American Journal of Physics **74** (2006) p. 855
- ▷ *Electron Sources for Accelerators* ; Carlos Hernandez-Garcia, Marcy L. Stutzman, Patrick G. O'Shea ; Physics Today **61** (2008) p. 44
- ▷ *The beam business : Accelerators in industry* ; Robert W. Hamm, Marianne E. Hamm ; Physics Today **64** (2011) p. 46
- ▷ [Quick Study] *Accelerated ion beams for art forensics* ; Philippe Collon, Michael Wiescher ; Physics Today **65** (2012) p. 58
- ▷ [Resource Letter] *AFHEP-1 : Accelerators for the Future of High-Energy Physics* ; William A. Barletta ; American Journal of Physics **80** (2012) p. 102

accélérateur à plasma [Phys. des part.] (angl. *plasma wakefield accelerator*) Accélérateur de particules dans lequel l'accélération est due à un champ électrique intense créé par le sillage d'une onde de choc dans un plasma, elle-même générée par un faisceau laser puissant. Ce type d'accélérateur est très compact et connaît aujourd'hui un développement rapide. On peut ainsi obtenir des faisceaux d'électrons à une énergie de 1 GeV, avec un dispositif mesurant seulement 1 cm de longueur. On l'utilise aussi pour augmenter l'énergie d'un faisceau de particules issu d'un accélérateur conventionnel.

- ▷ [Actualité] *Accélérer des particules avec un plasma* ; François Amiranoff, Philippe Miné, Patrick Mora ; La Recherche **249** (1992) p. 1443
- ▷ *Électrons surfeurs pour mini-accélérateurs* ; Victor Malka, Jérôme Faure, Erik Lefebvre ; La Recherche **385** (2005) p. 48
- ▷ *Surfer sur des ondes de plasma* ; Chandrashekar Joshi ; Pour la Science **341** (2006) p. 38
- ▷ *Accélération de faisceaux d'électrons par interaction laser-plasma* ; Jérôme Faure ; Images de la Physique (2007) p. 23
- ▷ *Laser-driven plasma-wave electron accelerators* ; Wim Lee-mans, Eric Esarey ; Physics Today **62** (2009) p. 44

accélération (angl. *acceleration*) ► 1. [Méca.] TAB
Dans un référentiel $\mathcal{R}$ donné, dérivée première du vecteur vitesse $\vec{v}$, ou de façon équivalente dérivée seconde du vecteur position $\vec{r}$, par rapport au temps,

$$\vec{a} = \left. \frac{d\vec{v}}{dt} \right|_{\mathcal{R}} = \left. \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \right|_{\mathcal{R}}$$

(▷ *accélération normale*, *accélération tangentielle*). Les accélérations ont la dimension physique LT^{-2} et s'expriment en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ dans le Système International d'unités. En mécanique newtonienne, l'accélération dans un référentiel galiléen est déterminée par les forces qui agissent sur le système (▷ *relation fondamentale de la dynamique*), l'accélération dans un référentiel non galiléen lui étant reliée de manière non triviale (▷ *composition des accélérations*). On parle également d'**accélération de la pesanteur** pour désigner l'accélération à laquelle est soumis un corps en chute libre dans un champ de pesanteur (terrestre en particulier). La notion d'accélération fut introduite en 1700 par Pierre Varignon (1654–1722), avec des différences finies plutôt qu'en terme de dérivée.
► 2. Ce terme désigne aussi la norme du vecteur du même nom, et, par extension, parfois la dérivée seconde temporelle de toute grandeur et pas seulement celle du

vecteur position. Par exemple, on appelle **accélération angulaire** la dérivée seconde $\ddot{\theta} = d^2\theta/dt^2$ de la position angulaire ou la dérivée première $d\vec{\Omega}/dt$ du vecteur vitesse angulaire. De même, l'**accélération de l'expansion de l'Univers** est définie comme la dérivée seconde $\ddot{a}$ du facteur d'échelle cosmologique (le fait que $\ddot{a} > 0$ indique que cette expansion a lieu à un taux de plus en plus rapide, $\triangleright$ *énergie noire*). **► 3.** Action d'accélérer un système, en particulier de fournir de l'énergie à une particule ($\triangleright$ *accélérateur de particules*).

base	expression
cartésienne	$\ddot{x}\vec{e}_x + \ddot{y}\vec{e}_y + \ddot{z}\vec{e}_z$
cylindrique	$(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\vec{e}_r + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\vec{e}_\theta + \ddot{z}\vec{e}_z$
sphérique	$(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2 - r\dot{\phi}^2\sin^2\theta)\vec{e}_r$ $+ (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} - r\dot{\phi}^2\sin\theta\cos\theta)\vec{e}_\theta$ $+ (r\ddot{\phi}\sin\theta + 2\dot{r}\dot{\phi}\sin\theta + 2r\dot{\theta}\dot{\phi}\cos\theta)\vec{e}_\phi$
Frenet	$\dot{v}\vec{T} + \frac{v^2}{R}\vec{N}$

TABLE 1 – Expressions du vecteur accélération dans divers systèmes de coordonnées. La colonne de gauche indique à la fois la base et le système de coordonnées choisis.

accélération de Coriolis [Méca.] (angl. *Coriolis acceleration*) Dans le cadre de la mécanique newtonienne, terme intervenant dans la loi de composition des accélérations et qui n'existe que si le système étudié est en mouvement dans le second référentiel considéré ($\mathcal{R}'$), par opposition au terme d'accélération d'entraînement. Elle s'écrit

$$\vec{a}_C = 2\vec{\Omega}_{\mathcal{R}'/\mathcal{R}} \wedge \vec{v}_{\mathcal{R}'},$$

où $\vec{\Omega}_{\mathcal{R}'/\mathcal{R}}$ est le vecteur rotation de $\mathcal{R}'$ par rapport à $\mathcal{R}$ et $\vec{v}_{\mathcal{R}'}$ la vitesse du système dans $\mathcal{R}'$. L'existence de ce terme dans la loi de composition des accélérations est responsable de l'apparition de la force de Coriolis lorsque l'on écrit la relation fondamentale de la dynamique dans un référentiel non-galiléen.

accélération d'entraînement [Méca.] Dans le cadre de la mécanique newtonienne, terme intervenant dans la loi de composition des accélérations et dû au mouvement relatif des deux référentiels $\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}'$ considérés, par opposition au terme d'accélération de Coriolis qui dépend aussi de la vitesse, dans le référentiel $\mathcal{R}'$, du corps étudié. L'accélération d'entraînement s'écrit de manière générale

$$\vec{a}_e = \vec{a}_{O'|\mathcal{R}} + \frac{d\vec{\Omega}_{\mathcal{R}'/\mathcal{R}}}{dt} \wedge \vec{O'M} + \vec{\Omega}_{\mathcal{R}'/\mathcal{R}} \wedge (\vec{\Omega}_{\mathcal{R}'/\mathcal{R}} \wedge \vec{O'M}),$$

où le premier terme est l'accélération de l'origine O' de $\mathcal{R}'$ par rapport à $\mathcal{R}$, le second terme dépend de la dérivée temporelle du vecteur de rotation $\vec{\Omega}_{\mathcal{R}'/\mathcal{R}}$ de $\mathcal{R}'$ par rapport à $\mathcal{R}$ ainsi que du vecteur position, dans $\mathcal{R}'$, du point matériel M dont on étudie la vitesse, alors que le dernier terme est parfois appelé **accélération centrifuge**. Cette accélération d'entraînement est celle qu'a le point M dans $\mathcal{R}$ s'il est fixe par rapport à $\mathcal{R}'$. On distingue les cas particuliers suivants :

- lorsque les deux référentiels sont en translation rectiligne l'un par rapport à l'autre, seul le premier terme subsiste, celui-ci étant même nul si la translation est uniforme ;
- lorsque le mouvement réciproque des deux référentiels est une rotation à vitesse constante (un manège par exemple), seul subsiste le dernier terme, dit centrifuge, que l'on écrit alors parfois sous la forme $-\Omega^2 \vec{PM}$, où P est le projeté orthogonal du point M sur l'axe de rotation.

L'existence de ce terme dans la loi de composition des accélérations est responsable de l'apparition de la force d'inertie d'entraînement lorsque l'on écrit la relation fondamentale de la dynamique dans un référentiel non-galiléen.

accélération de Fermi [Électromag.] (angl. *Fermi acceleration*) Ce terme rassemble deux types de processus d'accélération des particules chargées se propageant dans un plasma magnétisé. Tous deux reposent sur un mécanisme semblable à celui de l'effet miroir magnétique. **► 1.** (angl. *first order Fermi acceleration*) L'**accélération de Fermi du premier ordre** désigne le gain d'énergie d'une particule qui diffuse de part et d'autre d'une onde de choc dans un plasma. Chaque interaction de la particule avec une inhomogénéité magnétique, présente d'un côté ou de l'autre de l'onde de choc, augmente son énergie d'un facteur linéaire en $\beta = v/c$, où v désigne la vitesse du choc et c la vitesse de la lumière, d'où le terme « premier ordre ». **► 2.** (angl. *second order Fermi acceleration*) L'**accélération de Fermi du second ordre** désigne le gain d'énergie d'une particule qui se réfléchit sur des inhomogénéités magnétiques en mouvement dans des directions aléatoires. Les chocs avec les inhomogénéités s'éloignant de la particule considérée sont moins fréquents que ceux avec les inhomogénéités se rapprochant, ce qui explique que la particule gagne de l'énergie au cours du temps. L'énergie gagnée est proportionnelle à v^2/c^2 , où v désigne la vitesse des inhomogénéités et c la vitesse de la lumière, d'où le terme « second ordre ». Ce mécanisme fut introduit en 1949 par Enrico Fermi (1901–1954) afin d'essayer d'expliquer l'origine des rayons cosmiques.

accélération normale [Méca.] (angl. *normal acceleration*) Composante de l'accélération qui est orthogonale au vecteur vitesse. On peut l'écrire

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{N},$$

où v est la norme de la vitesse, R le rayon de courbure de la trajectoire et $\vec{N}$ le vecteur unitaire normal à celle-ci (▷ *repère de Frenet*). Pour une trajectoire circulaire à vitesse constante, l'accélération est purement normale et centripète.

accélération de la pesanteur [Méca.] (angl. *acceleration of gravity*) Force par unité de masse (une accélération, donc) subie par un corps placé dans le champ de pesanteur de la Terre (ou d'un autre objet massif). Elle est principalement due à l'attraction gravitationnelle de cette dernière, mais possède aussi une composante qui provient de la force centrifuge associée à la rotation de la Terre sur elle-même, ainsi qu'une autre qui résulte des effets de marée liés au Soleil et à la Lune. Si l'on modélise la Terre par une sphère de masse $M_\oplus$ et de rayon $R_\oplus$ au niveau moyen de la mer, la première contribution g^* est donnée par

$$\vec{g}^* = \frac{G_N M_\oplus}{R_\oplus^2} \vec{u}_r,$$

où G_N désigne la constante de Newton et où $\vec{u}_r$ est un vecteur unitaire pointant vers le centre de masse de la Terre. La Terre n'étant ni parfaitement sphérique, ni parfaitement homogène (▷ *réplétion*), la valeur de g^* varie d'un point de la surface terrestre à l'autre. Du fait de l'aplatissement polaire, elle croît de $9,78$ à $9,83 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ environ, lorsqu'on passe de l'équateur aux pôles, ce qui représente une variation relative d'environ $0,5 \%$. L'accélération de la pesanteur $\vec{g}$ est obtenue en ajoutant à $\vec{g}^*$ la contribution due à la force centrifuge, correction qui dépend de la latitude mais n'excède jamais 10^{-3} en valeur relative, ainsi que les forces de marée dues à la Lune et au Soleil, dont la contribution est de l'ordre de 10^{-7} seulement, en valeur relative. La verticale, définie comme la direction de $\vec{g}$, ne passe donc en général pas par le centre de masse de la Terre. Les variations de g se manifestent notamment par des perturbation des corps en orbite autour de la Terre. La mesure de $\vec{g}$ en chaque point du globe constitue une discipline appelée **gravimétrie**. On définit une valeur de référence, appelée **accélération de la pesanteur normale**, qui est donnée par

$$g_0 = 9,806\,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

et correspond à la valeur moyenne au niveau de la mer. C'est Jean Bernoulli (1667–1748) qui adopta la notation g pour l'accélération de la pesanteur.

- ▷ *Why is g larger at the poles?*; Mario Iona; American Journal of Physics **46** (1978) p. 790
- ▷ *A rapid, convenient, and precise method for the absolute determination of the acceleration of gravity*; Emanuel P. Manche; American Journal of Physics **47** (1979) p. 542
- ▷ *The effect of the earth's density on g at the poles and equator*; C. Barratt; American Journal of Physics **47** (1979) p. 1096
- ▷ *Anatomy of a fall: Giovanni Battista Riccioli and the story of g* ; Christopher M. Graney; Physics Today **65** (2012) p. 36

accélération tangentielle [Méca.] (angl. *tangential acceleration*) Composante de l'accélération qui est

colinéaire au vecteur vitesse. On peut l'écrire

$$\vec{a}_t = \dot{v} \vec{T},$$

où $\dot{v}$ est la dérivée temporelle de la norme v de la vitesse et $\vec{T}$ le vecteur unitaire tangent à celle-ci défini dans le repère de Frenet.

accéléromètre [Méca.] (angl. *accelerometer*) Dispositif permettant de mesurer une accélération. D'après le principe fondamental de la dynamique, il peut s'agir d'un système de masse connue mesurant la force à laquelle il est soumis. Une masse au bout d'un ressort constitue un exemple simple d'accéléromètre, certains d'entre eux étant toutefois plus complexes, tels ceux qui consistent en un dispositif piézo-électrique mesurant la contrainte subie lors d'une accélération à partir de la différence de potentiel à ses bornes. Les accéléromètres sont présents, par exemple, dans les disques durs et les ordinateurs, où ils servent à détecter une éventuelle chute et ranger la tête de lecture avant le choc. On les trouve aussi dans les systèmes de déclenchement des airbags des voitures, ou encore dans des expériences de physique fondamentale (▷ *Microscope*). Enfin, ils sont utilisés en géodésie comme gravimètres.

- ▷ *Gravimètres et accéléromètres*; Jean Hinderer, Martine Amalvict; Dossier Pour la Science **34** (2003) p. 80
- ▷ [*Idées de physique*] *Accéléromètres en mission*; Jean-Michel Courty, Édouard Kierlik; Pour la Science **357** (2007) p. 98
- ▷ *Modélisation d'un accéléromètre MEMS*; Bruno Velay; Bulletin de l'Union des Physiciens **920** (2010) p. 3
- ▷ *Étude d'un pendule (into the Wii!)*; Marcel Carrère, Thierry Chave; Bulletin de l'Union des Physiciens **937** (2011) p. 1051

acceptance (angle d') (angl. *acceptance angle*) Ouverture angulaire du cône à l'intérieur duquel un dispositif, en particulier un détecteur ou une fibre optique, peut recevoir un signal (des particules dans le cas d'un détecteur, de la lumière dans le cas de la fibre). Cet angle est aussi appelé plus simplement l'**acceptance**.

accepteur [Phys. du solide] (angl. *acceptor*) Dans le cadre du dopage d'un semi-conducteur, on appelle **atome accepteur**, ou **impureté acceptrice**, un atome possédant sur sa couche externe moins d'électrons que ceux du semi-conducteur d'origine. La présence de ces atomes crée de nouveaux niveaux d'énergie, nommés **niveaux accepteurs**. Les porteurs de charge majoritaires sont alors des trous, et l'on dit que le dopage est de type p (pour « positif »). Dans le cas de semiconducteurs tétravalents comme le silicium ou le germanium, des accepteurs possibles sont les atomes d'aluminium, de bore ou de gallium. Antonyme : ▷ *donneur*.

accès (théorie des) [Opt.] (angl. *theory of fits*) Théorie proposée par Sir Isaac Newton (1643–1727) dans son ouvrage « *Optiks* » (1705) pour expliquer l'apparition de couleurs lorsque la lumière se réfléchit sur une lame mince ou la traverse. Dans le cadre de son approche corpusculaire des phénomènes lumineux, Newton fit l'hypothèse que les corpuscules de lumière pos-

sèdent une propriété intrinsèque périodique, des **accès**, survenant à intervalles de temps réguliers. Selon ce modèle, un corpuscule traverse complètement la lame s'il subit un accès à la première et à la seconde interface, mais il est réfléchi s'il arrive sur la seconde interface au milieu de son cycle d'accès. Cette hypothèse fut ensuite abandonnée lorsque l'on comprit la nature ondulatoire de la lumière, Thomas Young (1773–1829) se disant néanmoins très influencé par la lecture de Newton. La notion de périodicité est ainsi au cœur de la compréhension moderne des phénomènes lumineux, mais sous une forme très différente de celle proposée par Newton (▷ *optique ondulatoire*).

▷ *La lumière selon Newton* ; Michel Blay ; Cahiers de Science et Vie **65** (2001) p. 4

accommodation [Opt.] (angl. *accommodation*) Modification des caractéristiques optiques d'un œil sous l'action de muscles pour former sur la rétine l'image d'objets situés à distance finie, afin de les voir nets. Pour l'œil humain, il s'agit d'une déformation de la forme du cristallin, mais, pour certains autres organismes, l'accommodation s'effectue par une variation de la distance entre le cristallin et la rétine. L'accommodation n'est pas toujours parfaite, et les principaux défauts sont :

- la **myopie**, quand le punctum remotum se trouve à distance finie (▷ *myopie*). L'œil est trop convergent et ne peut pas voir net les objets trop lointains ;
- la **hypermétropie**, quand le punctum remotum est virtuel, situé derrière l'œil (▷ *hypermétropie*). L'œil n'est pas assez convergent, il doit faire un effort d'accommodation pour voir les objets lointains et ne peut pas voir net les objets trop proches ;
- la **presbytie**, quand le punctum proximum est trop éloigné de l'œil (▷ *presbytie*). Dans ce cas aussi, l'œil n'est pas assez convergent ;
- la **astigmatie**, due à une déformation non axisymétrique du cristallin, et qui conduit à la perte de la propriété de stigmatisme.

Le phénomène d'accommodation fut décrit pour la première fois en 1604 par Johannes Kepler (1571–1630).

▷ [Actualité] *L'œil du caméléon : un système optique particulièrement performant* ; Matthias Ott ; La Recherche **277** (1995) p. 682

accrétion [Astro.] (angl. *accretion*) Processus par lequel un système devient de plus en plus massif sous l'action continue d'un flux de matière entrant. En astrophysique, ce terme désigne plus particulièrement deux phénomènes physiquement distincts. ► **1.** Processus par lequel un système attire gravitationnellement de la matière initialement située dans ses environs. Lors de ce processus, l'énergie gravitationnelle de la matière est convertie en chaleur et incidemment en rayonnement. Du fait de la force centrifuge résultant de son moment cinétique, la matière entourant l'objet accrétant adopte une forme plane et axisymétrique située aux environs de l'équateur de ce dernier : on parle de **disque d'accrétion**. De tels disques sont observables autour de divers astres, en particulier à la mort d'une étoile (autour

d'une naine blanche, d'une étoile à neutrons ou d'un trou noir), ou bien encore dans un système binaire si l'une des étoiles est devenue une géante rouge et que ses couches externes dépassent de son lobe de Roche, tombant ainsi vers la seconde étoile. ► **2.** Agglomération de particules de poussière lorsqu'elles entrent en collision inélastique et restent solidaires, sous l'action de forces de contact. C'est ce qui se produit notamment dans les disques protoplanétaires, comme première étape de la formation des planètes à partir de ces poussières.

▷ *Accretion onto a rotating compact object in general relativity* ; Vladimír Karas, Rastislav Mucha ; American Journal of Physics **61** (1993) p. 825

accumulateur électrique [Électric.] (angl. *storage battery*) Dispositif servant à stocker de l'énergie électrique par accumulation de charges, sous forme électrochimique (piles) ou bien électrostatique (condensateurs). Son but principal étant de délivrer un courant quand on le branche aux bornes d'un circuit, on le remplace de nos jours dans certaines applications par des circuits supraconducteurs dans lesquels sont directement stockés des courants électriques, l'aspect supraconducteur permettant de limiter les pertes (▷ *SMES*).

▷ *Batteries and electrochemical capacitors* ; Héctor D. Abruña, Yasuyuki Kiya, Jay C. Henderson ; Physics Today **61** (2008) p. 43

accutron (angl. *accutron*) Horloge développée dans les années 1950 par Max Hetzel (1921–) et qui repose sur le comptage des oscillations mécaniques d'un diapason. Ces oscillations sont entretenues à la fréquence de résonance du diapason (quelques centaines de hertz) par un circuit électronique, et sont comptées grâce à l'entraînement mécanique, par les vibrations du diapason, d'une roue dentée. Il existe plusieurs modèles de montres basés sur ce principe.

achromat [Opt.] (angl. *achromat*) Association de lentilles dont les caractéristiques sont ajustées pour minimiser l'aberration chromatique (▷ *doublet achromatique*, *triplet apochromatique*, *achromat de Fraunhofer*).

achromat de Fraunhofer [Opt.] (angl. *Fraunhofer achromat*) Doublet achromatique constitué d'une lentille en crown biconvexe et d'un verre flint plan concave, et dont la constringence totale est nulle. Ce doublet permet de réaliser des objectifs et des oculaires limitant l'aberration chromatique.

achromatique [Opt.] (angl. *achromatic*) Qualifie un phénomène dont les caractéristiques ne dépendent pas de la longueur d'onde. Par exemple, le phénomène de lentille gravitationnelle est achromatique. En optique, la réalisation de lentilles achromatiques, au moins de manière approchée, permet de s'affranchir des aberrations chromatiques. ▷ *apochromatique*.

acier Alliage à base de fer et d'une faible quantité de carbone. L'ajout de carbone permet d'obtenir des propriétés de dureté et de résistance plus intéressantes

que celles du fer pur. Il existe un très grand nombre d'aciers différents, selon le pourcentage de carbone et la méthode de fabrication. Quand ce pourcentage est supérieur à 2 %, on parle de **fonte**.

acoustique (angl. *acoustics*) Domaine de la physique qui s'intéresse à la production et à la propagation du son. Le terme « acoustique » est utilisé dans des sens plus ou moins restreints, pouvant se limiter aux ondes sonores audibles, ou inclure les longueurs d'onde infrasonores ou ultrasonores. On parle par exemple d'**acoustique industrielle** pour désigner les techniques de décapage et de découpe à l'aide d'ultrasons.

▷ *Time Reversed Acoustics* ; Mathias Fink ; Physics Today **50** (1997) p. 34

▷ *Auralization of spaces* ; Michael Vorländer ; Physics Today **62** (2009) p. 35

acre (angl. *acre*) (nom féminin) Unité de superficie, dont il existe plusieurs définitions et dont l'usage est fortement déconseillé en physique. L'**acre française** est définie comme un arpent carré (▷ *arpent*), ce qui conduit déjà à une ambiguïté, l'arpent ayant lui-même plusieurs définitions. L'**acre anglo-saxonne** est définie comme 43 560 pieds anglais carrés soit $4,046\,86 \times 10^3 \text{ m}^2$. L'acre se divise en quatre vergées.

actinides [Atom.] (angl. *actinide series*) Nom générique des 15 éléments chimiques ayant un numéro atomique Z compris dans l'intervalle $89 \leq Z \leq 103$ (de l'actinium au lawrencium). Tous les actinides sont radioactifs, et la plupart ont des demi-vies assez courtes. Ainsi, seuls le thorium (90) et l'uranium (92) sont naturellement présents de manière significative sur Terre, des traces de neptunium (93) et de plutonium (94) ayant toutefois été observées dans des mines d'uranium. Tous les autres actinides ont été produits artificiellement, soit dans des réacteurs nucléaires, soit dans des collisionneurs de particules. On distingue parfois les **actinides mineurs** des **actinides majeurs**, les seconds étant utilisables comme combustibles nucléaires. Les actinides mineurs sont des déchets radioactifs importants.

actinium (angl. *actinium*) Élément (symbole Ac) de numéro atomique $Z = 89$ (structure électronique [Rn]7s²6d¹) découvert en 1899 par André-Louis Debierne (1874–1949). Il se présente sous la forme d'un métal blanc mou et radioactif qu'on utilise comme marqueur en radiothérapie ou bien comme source de neutrons. Il donne son nom aux actinides.

actinomètre (angl. *actinometer*) Radiomètre destiné à mesurer l'énergie du rayonnement émis dans la gamme des ondes visibles ou infrarouges par le Soleil, la surface de la Terre ou l'atmosphère. Il en existe différents types, basés sur des effets physiques différents. Par exemple, le rayonnement peut chauffer une surface absorbante, dont la température d'équilibre est mesurée à l'aide de thermocouples ou d'autres dispositifs thermosensibles. On déduit le flux lumineux reçu de la température en utilisant la loi du rayonnement de

corps noir. Le premier actinomètre fut conçu en 1839 par Alexandre-Edmond Becquerel (1820–1891).

action (angl. *action*) ► **1.** Grandeur dont la dimension physique est ML^2T^{-1} et qui peut s'exprimer en J·s dans le Système International d'unités. Il s'agit typiquement d'une impulsion multipliée par une longueur ou d'une énergie multipliée par une durée, mais également de l'unité physique dans laquelle s'exprime le moment cinétique (en particulier le spin). Cette dimension physique est probablement apparue pour la première fois suite à l'introduction, dans le cadre de la mécanique analytique, d'une quantité homonyme associée à la cinématique d'un système (voir deuxième sens), mais son importance va bien au-delà, surtout depuis l'avènement de la physique quantique. Ainsi, le rapport entre une valeur typique de l'action mise en jeu et la constante de Planck est un critère pertinent pour juger de la nécessité ou non d'avoir recours à une modélisation quantique d'un système physique : les effets quantiques sont importants si l'ordre de grandeur de l'action n'est pas très grand devant la constante de Planck. ▷ voir encadré.

► **2.** Quantité fondamentale souvent notée S (parfois I), initialement introduite en 1744 dans le cadre de la mécanique analytique par Pierre Louis de Maupertuis (1698–1759), et désormais utilisée dans presque tous les domaines de la physique. C'est une grandeur scalaire calculée en fonction du chemin suivi par un système au cours de son évolution entre un instant initial t_i et un instant final t_f . On la définit comme l'intégrale du lagrangien entre ces deux instants,

$$S = \int_{t_i}^{t_f} L \, dt,$$

ou bien, dans le cadre de la théorie des champs, comme l'intégrale, sur le volume d'espace-temps délimité par ces instants, de la densité lagrangienne $\mathcal{L}$,

$$S = \int \mathcal{L} \, d^4x.$$

Dans le cadre de la physique classique, le chemin effectivement suivi par le système est celui pour lequel S est stationnaire (▷ *principe de moindre action*). Notons que la reformulation de la physique quantique en termes d'intégrales de chemin par Richard Feynman (1918–1988) donne une importance nouvelle à cette quantité, en faisant l'élément-clef pour passer de la description classique à la description quantique. D'un point de vue mathématique, l'action est une fonctionnelle, l'intégrale de chemin étant quant à elle une intégrale fonctionnelle à valeurs complexes.

action à distance (angl. *action at a distance*) Action d'un système sur un autre se faisant de manière instantanée, les changements du premier système se répercutant simultanément sur le second, indépendamment de la distance qui les sépare. La gravitation newtonienne en fournit un exemple. Cette notion peut être pertinente dans certaines conditions, mais en toute ri-

action Initialement introduite dans le cadre de la mécanique analytique, l'action est devenue un ingrédient fondamental de la physique moderne, en particulier par le rôle qu'elle a joué dans la généralisation du principe variationnel, énoncé dans le cadre de l'optique, non seulement à la mécanique, mais aussi par exemple à l'électrodynamique (▷ *principe de moindre action*). L'action est par ailleurs cruciale en physique quantique, celle-ci reposant en grande partie sur :

- l'existence d'un quantum d'action, la constante de Planck réduite $\hbar$. On peut ainsi juger de la pertinence d'une approche quantique d'un problème en comparant à $\hbar$ les valeurs typiques de l'action pour ce problème ;
- les relations d'indétermination d'Heisenberg qui font intervenir des grandeurs physiques dont le produit a la dimension d'une action, ce qui découle de la présence de la constante de Planck réduite dans les relations de commutation canoniques.

Ces dernières résultent d'ailleurs elles-mêmes du fait que les variables qui interviennent sont conjuguées dans le formalisme hamiltonien classique (▷ *moment conjugué*), ce qu'utilise la quantification canonique. L'action est d'autre part reliée au volume de l'espace des phases associé à un système, la dimension de ce volume étant égale à celle d'une action à la puissance n , où n désigne le nombre de degrés de liberté du système. Dans ce cadre, l'existence d'un quantum d'action s'interprète comme une quantification de l'espace des phases, les états occupant une cellule dont le volume dans l'espace des phases est inférieur à $\hbar^n$ étant indiscernables, au sens quantique du terme. Ce point de vue sur la nature quantique est le point de départ de l'une des procédures de quantification (▷ *quantification de Weyl*), la notion d'action jouant aussi un rôle central dans la formulation de Feynman de la physique quantique (▷ *intégrale de chemin*).

gueur les lois de la relativité interdisent toute action à distance. Il faut alors la remplacer par une action de proche en proche. En particulier, dans les théories modernes c'est un champ dynamique qui véhicule les interactions entre les systèmes (▷ *champ électromagnétique, champ gravitationnel*).

▷ *Le dogme de l'action à distance* ; Philippe Descamps ; Cahiers de Science et Vie **67** (2002) p. 6

action euclidienne [Quant.] (angl. *Euclidean action* ; *Euclidean quantum gravity*) Action écrite à l'aide d'une métrique euclidienne et obtenue à partir de l'action usuelle (écrite avec une métrique lorentzienne) via l'introduction d'un temps imaginaire pur (▷ *rotation de Wick*). Elle est l'outil fondamental d'une approche de la gravitation quantique (dite **gravitation quantique euclidienne**) dans laquelle les calculs sur une variété pseudo-riemannienne sont remplacés par des calculs sur une variété riemannienne. Cette approche, particulièrement développée par Stephen Hawking (1942–) et Gary Gibbons (1946–), est par exemple utile pour l'étude de la thermodynamique des trous noirs.

action mécanique [Méca.] (angl. *mechanical action*) Dans le cadre de la mécanique classique, nom donné à l'ensemble des causes capables de modifier ou de maintenir l'état de mouvement ou d'équilibre d'un système ou de certains de ses constituants. On distingue généralement les actions à distance des actions de contact, les actions surfaciques des actions volumiques, ainsi que les forces des moments, la notion de torseur permettant de traiter ces deux derniers concepts d'une manière unifiée. L'usage du terme « action » peut prêter à confusion, celui-ci étant aussi utilisé de manière plus précise dans un sens très différent.

activation [Phys. nucl.] (angl. *activation*) Création d'un élément radioactif par transmutation, produite en

bombardant un élément stable avec des projectiles (protons, neutrons, noyaux alpha, ions plus lourds, etc.). Lorsque les projectiles sont les protons ou des neutrons, on parle respectivement d'**activation protonique** et d'**activation neutronique**. Il peut s'agir d'un phénomène artificiel provoqué en laboratoire, ou naturel, résultant par exemple de collisions avec des rayons cosmiques fortement énergétiques.

activation neutronique [Phys. nucl.] (angl. *Neutron activation analysis*) Méthode d'analyse consistant à bombarder un échantillon par un flux de neutrons pour y produire des réactions nucléaires, conduisant à la formation d'isotopes radioactifs que l'on peut ensuite identifier.

- ▷ *Modern physics concepts taught via a neutron activation analysis laboratory* ; Stephen C. McGuire, David D. Clark, Donald F. Holcomb ; American Journal of Physics **64** (1996) p. 1384
- ▷ *Neutron activation analysis of a penny* ; Richard E. Stevens ; American Journal of Physics **68** (2000) p. 385

corps	activité (Bq · kg ⁻¹)
eau de mer	10
corps humain	100
substance dite « radioactive »	10 ⁵
minerai d'uranium	10 ⁷

TABLE 2 – *Quelques valeurs de l'activité, exprimée en becquerels par kilogramme. L'activité du corps humain est principalement due à l'isotope ⁴⁰K du potassium contenu dans les os.*

activité (angl. *activity*) ► 1. [Phys. nucl.] TAB Nombre de désintégrations ayant lieu dans un corps radioactif par unité de temps. Dans le Système International d'unités, l'activité s'exprime en becquerels, une

activité d'un becquerel correspondant donc à une désintégration par seconde. On l'appelle aussi de manière impropre la **radioactivité**. ► **2.** [Thermo.] Quantité sans dimension souvent notée a et définie à partir du potentiel chimique μ par

$$\mu(T, p) = \mu_0(T) + RT \ln a,$$

où R désigne la constante des gaz parfaits, T la température et μ_0 une valeur de référence du potentiel chimique. Pour un gaz, l'activité est liée à la fugacité.

► **3.** On emploie aussi ce terme pour désigner la variation temporelle d'une caractéristique d'un système physique, par exemple pour une étoile dont la luminosité varie au cours du temps. En particulier, on parle d'activité solaire ou de l'activité d'un quasar (► **activité solaire**).

activité optique [Électromag.] (angl. *optical activity*) Propriété de certains milieux transparents anisotropes de faire tourner le plan de polarisation de la lumière qui les traverse. L'activité optique peut être due à une anisotropie intrinsèque du milieu ou induite par la présence d'un champ magnétique (► **effet Faraday**).

► *Optical Rotatory Power in a Classical One-Electron Model*; G. E. Desobry, P. K. Kabir; American Journal of Physics **41** (1973) p. 1350

► *On the natural optical activity in an isotropic medium: An exactly solvable model*; G. E. Vekstein; American Journal of Physics **64** (1996) p. 607

activité solaire [Astro.] (angl. *solar activity*) Ce terme rassemble un ensemble de phénomènes corrélés du point de vue observationnel : la variation du nombre de taches solaires, de l'émission électromagnétique et du vent solaire. On mesure l'émission électromagnétique grâce à des héliostats, sur Terre ou embarqués à bord de satellites. On mesure le vent solaire grâce à l'observation des rayons cosmiques, et l'on peut aussi reconstruire son évolution passée en étudiant la quantité de noyaux radioactifs (en particulier le carbone 14 ou le béryllium 10) créés par spallation du vent solaire sur la haute atmosphère et déposés au sol à différentes époques. L'activité solaire évolue selon plusieurs cycles (► **cycles solaires**).

► *Éjections coronales et tempêtes spatiales*; James Burch; Pour la Science **284** (2001) p. 46

► *Éruptions solaires et météorologie de l'espace*; Pierre Lantos, Tahar Amari; Pour la Science **284** (2001) p. 54

adaptation d'impédance [Ondes] (angl. *impedance matching*) Modification de l'interface entre deux systèmes, au travers desquels se propagent des ondes ou des signaux, dans le but de limiter ou d'éliminer le phénomène de réflexion lors du passage d'un système à l'autre. Dans le domaine électrique, cette technique est utilisée pour transmettre efficacement l'énergie transportée par un signal entre deux dispositifs. L'impédance de sortie Z_1^s du premier doit alors être égale au complexe conjugué de l'impédance d'entrée Z_2^e du second, soit $Z_1^s = (Z_2^e)^*$. Quand elles sont réelles, cela revient à rendre égales les deux impédances. Ce principe est aussi mis en œuvre dans d'autres domaines et permet

par exemple de comprendre l'intérêt des pavillons en acoustique et le principe des couches anti-reflets en optique.

► *Approche expérimentale de la notion d'adaptation d'impédance électrique*; J.-M. Baudé, Daniel Sache; Bulletin de l'Union des Physiciens **777** (1995) p. 1599

adiabaticité du son [Thermo.] (angl. *adiabaticity of sound*) Hypothèse selon laquelle les transformations thermodynamiques qui se produisent dans un gaz au passage d'une onde sonore sont adiabatiques. Cette hypothèse peut être testée expérimentalement par la mesure de la vitesse du son (► **vitesse du son**). Elle se justifie par le fait que les transferts de chaleur entre les régions comprimées et les régions dilatées n'ont généralement pas le temps de se produire de façon appréciable pendant une demi-période. Cette hypothèse est d'autant mieux vérifiée que l'on considère des ondes sonores de basse fréquence. En effet, même si dans ce cas la période plus importante laisse *a priori* plus de temps pour que les échanges de chaleur se fassent, les gradients de température sont en revanche moins importants, ce qui conduit globalement à un transfert de chaleur par conduction moins efficace (► **loi de Fourier**). On peut considérer que l'onde sonore est adiabatique pour des fréquences

$$f \ll \frac{nc_v v^2}{\lambda}$$

où n désigne le nombre de moles par unité de volume, c_v la capacité calorifique molaire, v la vitesse du son et λ la conductivité thermique du gaz. Pour de l'air à température ambiante, cette condition s'écrit $f \ll 4$ GHz. Cette hypothèse a été proposée et vérifiée en 1816 par Pierre-Simon Laplace (1749–1827), pour expliquer le désaccord entre la valeur mesurée pour la vitesse du son et la vitesse calculée en se basant sur l'hypothèse proposée par Sir Isaac Newton (1643–1727) selon laquelle les transformations de l'air sont isothermes au passage d'une onde sonore.

► *Adiabatic Assumption for Wave Propagation*; N. H. Fletcher; American Journal of Physics **42** (1974) p. 487

► *[Notes and Discussions] Adiabatic assumption for wave propagation*; N. H. Fletcher; American Journal of Physics **44** (1976) p. 486

adiabatique [Thermo.] ► **1.** [Thermo.] (angl. *adiabatic*) Qualifie une transformation au cours de laquelle un système n'échange pas de chaleur avec l'extérieur. Une transformation adiabatique et réversible est isentropique. En général, une transformation rapide peut être considérée adiabatique si elle se fait sur une échelle de temps beaucoup plus courte que celle correspondant à l'échange de chaleur avec l'extérieur (► **adiabaticité du son**). Un gaz parfait subissant une transformation adiabatique réversible obéit aux lois de Laplace (► **loi de Laplace**). ► **2.** Qualifie une paroi ou un récipient qui ne permet pas les échanges de chaleur.

► *An adiabatic reversible process*; Raul Rechtman; American Journal of Physics **56** (1988) p. 1104

► *Thermodynamique : description microscopique des transferts énergétiques dans les transformations adiabatiques*; Yves Cha-

nut, J.-C. Poizat ; Bulletin de l'Union des Physiciens **767** (1994) p. 1329

adimensionné (angl. *non-dimensional*) Qualifie une quantité physique sans dimension obtenue en multipliant ou divisant une quantité initiale par des facteurs possédant les dimensions appropriées. Par exemple, on introduit plusieurs nombres adimensionnés en mécanique des fluides (▷ *nombre de Reynolds*, *nombre de Strouhal*, *nombre de Prandtl*, etc.). Leur utilisation permet d'étudier de manière générale des systèmes physiques dont les comportements sont semblables malgré des échelles qui peuvent être très différentes. Un autre intérêt est de mettre en évidence plus facilement les importances relatives des phénomènes physiques impliqués.

adjoint [Math.] (angl. *adjoint*) L'adjoint d'un opérateur $\hat{A}$, souvent noté $\hat{A}^\dagger$, est défini comme l'opérateur vérifiant, pour tous les vecteurs $|\psi_1\rangle$ et $|\psi_2\rangle$,

$$|\psi_1\rangle \cdot (\hat{A}|\psi_2\rangle) = (\hat{A}^\dagger|\psi_1\rangle) \cdot |\psi_2\rangle,$$

où la notation $\cdot$ représente le produit scalaire. Dans le cas où l'opérateur est représenté par une matrice de dimension finie, on nomme **matrice adjointe** de la matrice A , la matrice obtenue en prenant le nombre complexe conjugué de chaque élément de la transposée de A . On dit qu'une matrice ou un opérateur est **auto-adjoint** quand $\hat{A}^\dagger = \hat{A}$. Attention, cette notion est différente de celle d'hermitien (▷ *opérateur hermitien*).

admittance (angl. *admittance*) Souvent représentée par la lettre Y , l'admittance est l'inverse de l'impédance Z , $Y = 1/Z$. C'est en général un nombre complexe (▷ *conductance*, *susceptance*). Selon le domaine de la physique auquel on s'intéresse, on distingue l'admittance électrique, qui s'exprime en siemens dans le Système International d'unités, et l'admittance acoustique, qui s'exprime en $\text{m} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Les admittances de différentes parties d'un système montées en parallèle s'ajoutent. Ce terme fut introduit en 1887 par Oliver Heaviside (1850–1925).

adsorption (angl. *adsorption*) Fixation de molécules liquides ou gazeuses à la surface d'un solide. Le phénomène inverse se nomme la **désorption**. Quand le phénomène est volumique, on parle d'absorption.

advection [Méca. des fluides] (angl. *advection*) Transport d'une quantité dû à son entraînement par le mouvement d'un milieu. À ne pas confondre avec la diffusion et à distinguer de la convection. Par exemple, si l'on dépose une goutte d'encre dans un fluide en écoulement, son entraînement par le courant est de nature advective, tandis que l'étalement de la goutte est diffusif. D'autre part, on parle de **convection** quand l'advection est causée par une instabilité locale du milieu. Par exemple, le mouvement de masses d'air dans l'atmosphère se traduit par un transport convectif d'énergie

thermique : les masses d'air emportent leur énergie thermique avec elles.

advection (équation d') [Math.] (angl. *advection equation*) Nom traditionnellement donné à une équation aux dérivées partielles qui décrit le transport d'une quantité par advection. Dans le cas d'une grandeur scalaire ρ advectée par un courant de vitesse $\vec{v}$, elle s'écrit

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} \rho = 0.$$

On peut l'obtenir à partir de l'équation de continuité avec l'hypothèse supplémentaire $\text{div } \vec{v} = 0$.

aérodynamique (angl. *aerodynamics*) Domaine de la physique concernant le mouvement des corps dans l'air et celui de l'air autour d'obstacles. Cette discipline joue un rôle important dans la conception des avions, des fusées, mais aussi des voitures et des trains, ou encore celle des grands bâtiments architecturaux (tours ou barres d'immeubles). Elle s'appuie essentiellement sur la dynamique des fluides.

aérolithe [Astro.] (angl. *aerolith*; *aerolite*) Terme autrefois employé pour désigner un météore et qui est désormais réservé pour parler des météorites pierreuses (moins de 35 % de métal), par opposition aux météorites métalliques.

aéronomie [Astro.] (angl. *aeronomy*) Domaine de la physique s'intéressant aux propriétés physico-chimiques de l'atmosphère terrestre et de celle des autres planètes.

aérosol (angl. *aerosol*) Fines particules (solides ou liquides) en suspension dans un gaz. C'est par exemple ce que produisent les vaporisateurs à parfum. Par extension le terme désigne dans le langage courant le dispositif servant à réaliser cette suspension.

affichage à cristaux liquides (angl. *Liquid Crystal Display*; *LCD*) Système permettant d'afficher des images sur une surface (l'écran), en utilisant les propriétés opto-électriques particulières de cristaux nématiques (ou cristaux liquides). Le principe est le suivant : un milieu nématique est placé entre deux polariseurs croisés. L'épaisseur du milieu est ajustée pour que, grâce à son activité optique, il fasse tourner de 90° la direction de polarisation de la lumière qui le traverse. L'ensemble polariseur-milieu-polariseur transmet alors une proportion appréciable de celle-ci. En revanche, lorsqu'on applique un champ électrique au milieu, ses propriétés optiques changent et l'activité optique ne permet plus la transmission correcte de la lumière : le dispositif devient opaque. Un ensemble de petites cellules de ce type, commandées par des tensions indépendantes, constitue des pixels qui permettent d'afficher une image.

affichage à diodes électroluminescentes (angl. *LED display*) Dispositif d'affichage constitué d'un ensemble de diodes électroluminescentes, contrôlées par

un circuit électronique. Les afficheurs à 7 segments sont les plus célèbres, composés de 7 diodes dont les parties lumineuses dessinent un segment et sont organisées pour afficher tous les chiffres de 0 à 9. On rencontre aussi de plus en plus des écrans à LED, constitués d'une matrice de LED microscopiques formant des pixels. Ces dispositifs concurrencent les affichages à cristaux liquides. On trouve par exemple des afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (OLED) dans certains écrans de téléphones portables ou de baladeurs mp3.

affinité [Thermo.] (angl. *affinity*) Quantité utilisée en thermodynamique des processus irréversibles pour traduire l'écart à l'équilibre d'un système. L'affinité, que l'on appelle aussi **force généralisée**, est d'une manière générale définie comme le gradient $\vec{\text{grad}} \gamma$ d'une variable intensive γ traduisant l'écart à l'équilibre. Par exemple, dans le cas où un gradient de température existe au sein d'un milieu, l'affinité thermique est définie comme le gradient de l'inverse de la température, $\gamma = 1/T$. Pour un conducteur électrique isotherme, il s'agit du gradient du potentiel électrique. La théorie de la réponse linéaire relie les affinités aux flux des quantités dont le transport est dû à l'écart à l'équilibre (▷ *réponse linéaire*).

affinité électronique [Atom.] (angl. *electron affinity*) Pour un atome ou une molécule, énergie mise en jeu lors de la capture d'un électron menant à la formation d'un ion chargé négativement. Cette quantité peut être positive ou négative, selon que l'atome gagne ou perd de l'énergie lors de la capture. Les gaz rares ont tous une affinité électronique positive, en raison de leur couche électronique supérieure complète. Cette énergie est égale, au signe près, au premier potentiel d'ionisation de l'ion obtenu.

AFNOR [Métr.] Acronyme pour « Association Française de Normalisation ». Organisme chargé de normaliser au niveau national les unités et les symboles physiques, en veillant à leur conformité avec les normes internationales (▷ *ISO*). Par exemple, la normalisation des symboles des grandeurs physiques est donnée dans les normes françaises NF X 02.201 à 213.

afocal [Opt.] (angl. *afocal*) Qualifie un système optique qui transforme un faisceau de lumière parallèle en un autre faisceau de lumière parallèle. Comme le nom l'indique, les systèmes afocaux n'ont ni foyer objet, ni foyer image. C'est le cas par exemple d'une lunette astronomique réglée sur l'infini ou d'un élargisseur de faisceau.

Ag Symbole de l'élément argent ($Z = 47$).

AGAPE [Astro.] Acronyme de « Andromeda Galaxy Amplified Pixel Experiment ». Expérience française destinée à rechercher des objets compacts dans notre galaxie ou dans son entourage, grâce à l'effet de microlentille gravitationnelle. Cette expérience a été menée de

1994 à 1999, et reposait sur des observations faites depuis l'Observatoire du Pic du Midi (France) et celui de Kitt Peak, Arizona (États-Unis). Elle consistait à observer la galaxie d'Andromède et à détecter l'augmentation de lumière dans certains pixels qui serait due à l'effet de microlentille. Elle a détecté plusieurs événements.

âge du Soleil (angl. *age of the Sun*) Temps écoulé depuis la formation du Soleil. Au XIX^e siècle, on pensait que l'énergie rayonnée par le Soleil était d'origine gravitationnelle (▷ *contraction de Kelvin-Helmholtz*), ce qui permettait d'estimer l'âge du Soleil à quelques dizaines de millions d'années. Ceci était beaucoup plus court que certaines estimations géologiques, sur lesquelles Charles Darwin (1809–1882) se reposait pour conforter sa théorie de l'évolution des espèces. La découverte de la radioactivité, au tout début du XX^e siècle, permit d'envisager que le Soleil ait pu briller pendant beaucoup plus longtemps que ce qu'on pensait. En 1938, la compréhension des cycles nucléaires par Carl Friedrich von Weizsäcker (1912–2007) et Hans Bethe (1906–2005) fournit une estimation correcte de l'âge du Soleil (▷ *cycle proton-proton*, *cycle CNO*). La datation radioactive des météorites qui se sont formées en même temps que le Système solaire indique que l'âge du Soleil est de 4,6 milliards d'années.

âges sombres [Astro.] (angl. *dark ages*) En cosmologie, désigne la période de l'histoire de l'Univers située avant l'allumage des premières étoiles, c'est-à-dire quand l'Univers était âgé de moins de 100 à 250 millions d'années (cette limite est encore mal connue).

▷ *L'Univers à l'âge des ténèbres*; Abraham Loeb; Pour la Science **351** (2007) p. 58

âge de la Terre (angl. *age of Earth*) Temps écoulé depuis la formation de la planète Terre, en même temps que le reste du Système solaire. Cet âge peut être estimé à partir des abondances de certains isotopes radioactifs (par exemple l'uranium 235) dans les roches terrestres, comme le suggérèrent Arthur Holmes (1890–1965) et Friedrich Houtermans (1903–1966) en 1946. En 1953, Clair Patterson (1922–1995) fournit la première mesure reposant sur des mesures d'abondance radioactive dans des météorites s'étant formées en même temps que la Terre. L'ensemble de ces méthodes, auxquelles s'ajoutent les mesures de roches lunaires, donnent un âge de 4,55 milliards d'années.

▷ *La Terre, le temps et l'histoire*; Pascal Richet; Dossier Pour la Science **42** (2004) p. 22

▷ *Les âges de la Terre*; Bernard Bourdon; Dossier Pour la Science **42** (2004) p. 30

▷ *[Histoire de science] Mais quel âge a donc la Terre ?*; Yves Gingras; La Recherche **434** (2009) p. 92

▷ *L'âge de la Terre : la démarche de Clair Cameron Patterson*; Florence Trouillet; Bulletin de l'Union des Physiciens **923** (2010) p. 413

âge de l'Univers [Astro.] (angl. *age of the Universe*) Durée, exprimée en temps cosmologique, qui sépare le moment présent de la singularité initiale dans le

modèle du Big-Bang extrapolé à des densités arbitrairement grandes. La cosmologie donne une limite inférieure à l'âge de l'Univers, en fonction des paramètres cosmologiques. La comparaison des modèles théoriques avec l'âge des objets les plus vieux que l'on sait dater permet donc de mettre des contraintes sur les valeurs de ces paramètres, et ainsi sur les modèles dont certains donnent des univers trop jeunes. Cette question a par exemple joué un rôle important aux débuts de la cosmologie, la valeur alors admise pour la constante de Hubble étant trop importante, ce qui conduisait à un univers plus jeune que la Terre. Aujourd'hui, l'âge de l'Univers est estimé à environ 13,7 milliards d'années, ce qui est en accord avec l'âge des populations d'étoiles les plus anciennes. Cette notion est toutefois à considérer avec précaution car, dans les instants les plus reculés de l'histoire de l'Univers, la gravitation doit être décrite de manière quantique, ce qui rend probablement caduc le concept usuel de temps.

- ▷ *When did the universe begin ?* ; Joe Rosen ; American Journal of Physics **55** (1987) p. 498
- ▷ *[Actualité] âge de l'Univers : la cosmologie au pied du mur* ; Fabienne Casoli ; La Recherche **273** (1995) p. 178
- ▷ *Computing accurate age and distance factors in cosmology* ; Jodi L. Christiansen, Andrew Siver ; American Journal of Physics **80** (2012) p. 367

agilité fréquentielle [Électron.] Capacité d'un système électronique à fonctionner à différentes fréquences, par exemple grâce au changement de la tension de polarisation d'un des composants.

agitation thermique [Phys. stat.] (angl. *thermal motion*) Nom donné aux mouvements microscopiques désordonnés des constituants d'un système physique. L'énergie cinétique associée à ces mouvements est directement reliée à la température (▷ *théorème de l'équipartition, température*). L'agitation thermique est par exemple responsable du mouvement brownien. On l'utilise pour mesurer la constante de Boltzmann dans l'expérience de Kappeler.

- ▷ *Brownian Motors* ; R. Dean Astumian, Peter Hänggi ; Physics Today **55** (2002) p. 33
- ▷ *[Notes and Discussions] Paradoxical games and a minimal model for a Brownian motor* ; R. Dean Astumian ; American Journal of Physics **73** (2005) p. 178

Aharonov–Bohm (effet) [Quant.] (angl. *Aharonov-Bohm effect*) Phénomène selon lequel la phase de la fonction d'onde d'une particule chargée est affectée par la présence d'un potentiel vecteur $\vec{A}$, même si le champ magnétique $\vec{B}$ associé est nul en tout point de l'espace accessible à la particule. L'effet Aharonov-Bohm peut être mis en évidence par une expérience d'interférence de type trous d'Young, dans laquelle la particule se déplace dans des régions où $\vec{B} = \vec{0}$, les chemins suivis se situant de part et d'autre d'une région à l'intérieur de laquelle le champ magnétique est non nul (par exemple un solénoïde infini). Le long d'un chemin C intervenant dans la détermination de la figure d'interférence,

la phase est augmentée de

$$\phi = \int_C \vec{A} \cdot d\vec{\ell}.$$

Le déphasage relatif pour des ondes de matière est donc donné par

$$\Delta\phi = \frac{q}{\hbar} \Phi,$$

où Φ désigne le flux magnétique traversant la surface définie par deux trajectoires arrivant en un même point, q la charge de la particule et $\hbar$ la constante de Planck réduite. On vérifie bien ainsi que le résultat observable ne dépend pas du choix de jauge fait sur le potentiel vecteur même si ce phénomène illustre l'importance de celui-ci dans le cadre quantique. On peut observer l'effet Aharonov-Bohm de manière macroscopique dans le SQUID, pour lequel le courant électrique de paires de Cooper circulant dans la boucle est modulé par la présence d'un champ magnétique la traversant, même si le champ n'est pas présent sur la boucle elle-même. L'effet Aharonov-Bohm fut prédit en 1949 par Raymond Eldred Siday (1912–1956) et W. Ehrenberg, puis redécouvert en 1959 par Yakir Aharonov (1932–) et David Bohm (1917–1992). Il fut mis en évidence en 1960.

- ▷ *Misinterpretation of the Aharonov-Bohm Effect* ; Timothy H. Boyer ; American Journal of Physics **40** (1972) p. 56
- ▷ *Variations on the Aharonov-Bohm effect* ; Barry R. Holstein ; American Journal of Physics **59** (1991) p. 1080
- ▷ *The Aharonov-Bohm effects : Variations on a subtle theme* ; Herman Batelaan, Akira Tonomura ; Physics Today **62** (2009) p. 38

AIGO [Astro.] Acronyme de « Australian International Gravitational Observatory ». Détecteur d'ondes gravitationnelles installé à Gingin en Australie et constitué d'un interféromètre de Michelson dont les bras font 4 km de long. Ce détecteur est le fruit d'une collaboration avec LIGO. Il est actuellement en phase de développement.



FIGURE 3 – aigrette de diffraction – Exemples d'aigrettes de diffraction sur une image du télescope spatial Hubble (crédit : NASA, ESA, et H. Richer).

aigrette de diffraction [Opt.] (angl. *diffraction spike*)  Dans un télescope, figure de diffraction formée par les supports du miroir secondaire. Elle a la forme d'une croix dont les caractéristiques dépendent de la géométrie des supports.

aiguille de Buffon [Math.] (angl. *Buffon needle*) Méthode de détermination expérimentale du nombre π . Elle consiste à laisser tomber de manière aléatoire une aiguille de longueur ℓ sur un sol recouvert de droites parallèles espacées de la distance d . Lorsque l'on procède à un nombre de lancers N suffisamment élevé, il y aura eu en moyenne $2N\ell/(\pi d)$ fois où l'aiguille aura intercepté l'une des droites. La relation entre la probabilité et le nombre π fut déterminée en 1777 par Georges-Louis Leclerc (1707–1788), comte de Buffon, et c'est Pierre-Simon Laplace (1749–1827) qui pensa à l'utiliser pour déterminer le nombre π . Il faut noter cependant que d'autres méthodes de calcul des décimales de π existaient déjà, et l'intérêt de l'idée de Laplace réside essentiellement dans le fait d'utiliser des tirages aléatoires pour déterminer un nombre.

aimant [Magnét.] (angl. *magnet*) Système (généralement solide) possédant une aimantation ($\triangleright$ *magnétisme*, *ferromagnétisme*). On distingue les aimants permanents des électro-aimants, dans lesquels l'aimantation, qui est produite par le phénomène d'induction, disparaît dès que le courant responsable de celle-ci ne circule plus.

- $\triangleright$ *Complex Dynamics of Mesoscopic Magnets* ; David D. Awschalom, David P. DiVincenzo ; *Physics Today* **48** (1995) p. 43
- $\triangleright$ *Everyone's Magnetism* ; Andrey Geim ; *Physics Today* **51** (1998) p. 36
- $\triangleright$ *Half Metallic Magnets* ; Warren E. Pickett, Jagadeesh S. Moodera ; *Physics Today* **54** (2001) p. 39
- $\triangleright$ *Patterned Nanomagnets* ; C. L. Chien, Frank Q. Zhu, Jian-Gang Zhu ; *Physics Today* **60** (2007) p. 40

aimant permanent [Magnét.] (angl. *permanent magnet*) Corps présentant une aimantation même en l'absence de champ magnétique appliqué. Un aimant permanent est constitué d'un matériau ferromagnétique dur dont l'aimantation rémanente est suffisamment importante pour qu'un champ magnétique externe notable soit produit et dont l'excitation coercitive est suffisante pour que l'aimantation ne soit pas réduite après application d'un champ externe. Les aimants sont utilisés pour faire régner un champ magnétique dans une région de l'espace ou pour exercer des forces. On en trouve dans de nombreux dispositifs, par exemple dans certains générateurs électriques, dans certains moteurs électriques, dans certains transducteurs électromécaniques ($\triangleright$ *haut-parleur*). Les aimants les plus puissants sont constitués d'alliages, les aimants à néodyme pouvant par exemple avoir un champ rémanent de l'ordre du tesla et une excitation magnétique coercitive de 10^3 kA · m.

aimantation [Magnét.] (angl. *magnetization*) $\blacktriangleright$ 1. [Magnét.] (angl. *spontaneous magnetization*) Propriété qu'ont certains milieux d'acquies un moment magnétique macroscopique en présence d'un champ magné-

tique externe, ou de posséder un tel moment magnétique même en l'absence de champ externe. Dans ce dernier cas, on utilise aussi le terme d'**aimantation spontanée** ou d'**aimantation permanente** ($\triangleright$ *magnétisme*). $\blacktriangleright$ 2. [Électromag.] L'aimantation désigne aussi la densité volumique de moment magnétique $\vec{\mu}$ dans un tel milieu. On la note souvent $\vec{M}$, et l'on a donc $\vec{M} = d\vec{\mu}/dV$. Dans le Système International d'unités, l'aimantation s'exprime en A · m⁻¹ et la quantité $\mu_0\vec{M}$, appelée **polarisation magnétique**, en teslas (T). L'aimantation d'un échantillon dépend en général du champ magnétique externe appliqué, de la nature du milieu considéré et de la forme de l'échantillon ($\triangleright$ *champ démagnétisant*).

aimantation rémanente [Électromag.] (angl. *remanent magnetization*) Aimantation $\vec{M}$ acquise par un milieu magnétique après application d'un champ magnétique $\vec{H}$ externe et une fois ce dernier disparu. L'induction magnétique $\vec{B}_r$ associée à cette aimantation est nommée **champ rémanent**.

air (angl. *air*) Gaz formant l'atmosphère terrestre. Au niveau du sol, l'air sec (qui ne contient pas d'eau) est constitué d'environ 78 % de diazote, 21 % de dioxygène, 1 % d'argon, 0,035 % de CO₂, ainsi que de diverses autres molécules en quantités beaucoup plus faibles. La masse molaire moyenne de l'air sec est de 28,966 g · mol⁻¹, et sa masse volumique vaut environ 1,2 kg · m⁻³ à 0 °C et 1,3 kg · m⁻³ à 20 °C.

aire (angl. *area*) Mesure de l'étendue d'une surface. Les aires ont la dimension physique [L²] et s'expriment en m² dans le Système International d'unités. Par abus de langage, on utilise aussi le terme **surface** pour désigner l'aire.

aire de cohérence [Opt.] (angl. *coherence area*) Aire de la partie d'un front d'onde issu d'une source étendue sur laquelle l'onde peut être décrite en bonne approximation par une onde sphérique provenant d'un point source. Pour une onde quasimonochromatique de longueur d'onde λ , cette aire est donnée par

$$\mathcal{A} = \frac{R^2 \lambda^2}{S},$$

où S et R désignent respectivement la superficie de la source et la distance entre celle-ci et le front d'onde. L'aire de cohérence indique la taille maximale que doit avoir un dispositif interférentiel pour que la perte de cohérence spatiale ne se manifeste pas.

aires (constante des) [Méca.] Quantité conservée au cours du mouvement d'un corps soumis à une force centrale et qui intervient dans la loi des aires. Elle est définie par $C = r^2 \dot{\theta}$ où r et θ sont les coordonnées polaires du corps considéré par rapport au centre de force, et $\dot{\theta}$ désigne la dérivée temporelle de θ . Elle est reliée à la norme du moment cinétique $L = \|\vec{r} \wedge \vec{p}\| = m r^2 \dot{\theta}$ par $C = L/m$.

aires (loi des) [Méca.] (angl. *law of equal areas*)

FIG Loi relative au mouvement d'un corps sous l'action d'une force centrale. Il s'agit par exemple de la force gravitationnelle exercée par une distribution sphérique de masse ou de la force électrostatique exercée par une distribution sphérique de charge électrique. Cette loi, qui provient de la conservation du moment cinétique, indique que l'aire balayée par le rayon vecteur croît linéairement au cours du temps. Plus précisément, l'aire parcourue pendant un temps Δt vaut

$$\Delta S = \frac{r^2 \Delta \theta}{2} = \frac{C \Delta t}{2},$$

où C désigne la constante des aires et $\Delta \theta$ l'angle duquel a tourné le rayon décrivant la trajectoire pendant Δt . Elle fut énoncée de façon empirique en 1609 par Johannes Kepler (1571–1630) pour décrire le mouvement des planètes autour du Soleil ($\triangleright$ *lois de Kepler*), puis démontrée en 1687 par Sir Isaac Newton (1643–1727) qui détermina la constante C en se basant sur l'expression de la force gravitationnelle.

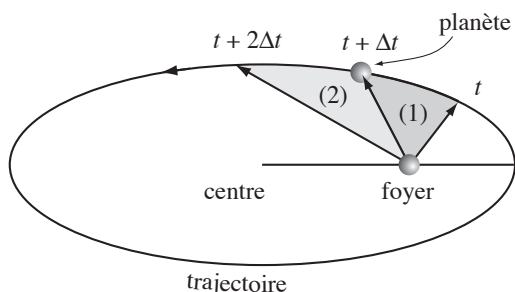


FIGURE 4 – loi des aires – Les aires grisées indiquées (1) et (2), délimitées par les rayons vecteurs séparés par des temps égaux, sont égales.

Airy (expérience d') [Opt.] (angl. *water-filled telescope experiment*; *Airy experiment*)

Expérience réalisée par George Airy (1801–1892) en 1871 et 1872, consistant à mesurer l'aberration stellaire avec un télescope rempli d'eau. Cette expérience était destinée à mesurer la vitesse de la lumière dans l'eau, à une époque où l'on considérait que la lumière se propageait dans l'éther. Elle indiqua une aberration identique à celle obtenue avec des télescopes remplis d'air.

Airy (fonction d') [Math.] (angl. *Airy function*)

► 1. Fonction intervenant dans le calcul de la diffraction d'une onde plane par une ouverture circulaire, et définie comme $(2J_1(x)/x)^2$ où J_1 désigne la fonction de Bessel d'ordre 1. ► 2. Fonction introduite en 1838 par George Airy (1801–1892) lors de son étude de l'arc-en-ciel. Elle est définie par

$$\text{Ai}(x) \equiv \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \cos\left(\frac{u^3}{3} + xu\right) du.$$

Elle est solution de $y'' - xy = 0$ avec $y(0) = (3^{2/3}\Gamma(2/3))^{-1}$ et $y'(0) = -(3^{1/3}\Gamma(1/3))^{-1}$, où Γ est la

fonction gamma.

- *Nonspreading wave packets*; M. V. Berry, N. L. Balazs; American Journal of Physics **47** (1979) p. 264
- *Comment on "Nonspreading wave packets"*; Daniel M. Greenberger; American Journal of Physics **48** (1980) p. 256
- *[Reference Frame] Why are special functions special ?*; Michael Berry; Physics Today **54** (2001) p. 11

Airy (modèle d') [Opt.] (angl. *Airy model*)

Description de la diffusion de la lumière par une goutte sphérique basée sur une approche ondulatoire, permettant de rendre compte de l'existence des arcs surnuméraires dans l'arc-en-ciel. L'intensité diffusée dans une direction donnée résulte de l'interférence des rayons diffractés par la surface de la goutte dans cette direction. On trouve que, lorsque la goutte est éclairée par un faisceau parallèle monochromatique de longueur d'onde λ , la distribution angulaire de l'intensité est donnée par la fonction d'Airy Ai ($\triangleright$ *fonction d'Airy*),

$$I(\theta) \propto \text{Ai}^2\left(\sqrt[3]{\frac{4D^2\pi^2}{3h\lambda^2}}(\theta - \theta_g)\right),$$

où θ_g désigne la position donnée par l'optique géométrique, D le diamètre des gouttes et $h \equiv 3\sqrt{(4-n^2)/(n^2-1)^3}$, n étant l'indice de réfraction de la goutte. Cette description fut introduite en 1838 par George Airy (1801–1892).

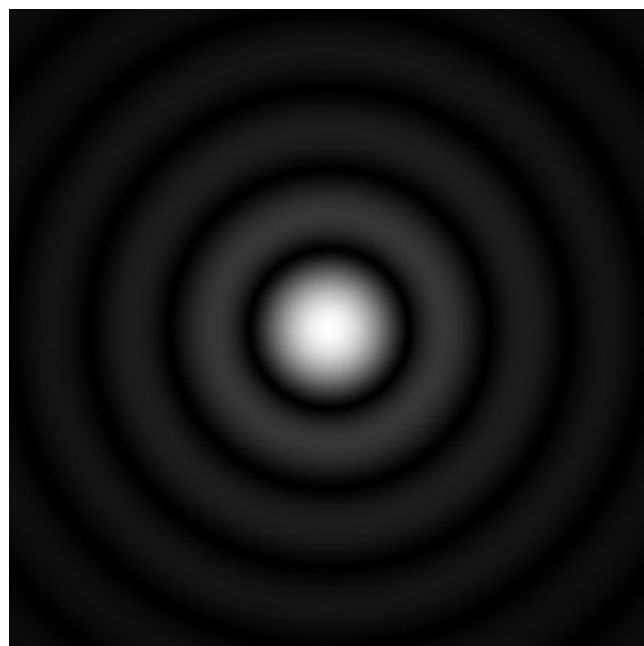


FIGURE 5 – tache d'Airy – La tache d'Airy est constituée d'une succession d'anneaux sombres et brillants, de moins en moins visibles.

Airy (tache d') [Opt.] (angl. *Airy disk*) **FIG**

Nom donné à la figure de diffraction d'une onde plane par une ouverture circulaire. Elle est constituée d'une tache brillante (le **disque d'Airy**, lui-même aussi nommé « tache d'Airy ») et d'une succession d'anneaux sombres

et brillants. Le rayon angulaire du premier anneau sombre est donné par

$$\theta \approx 1,22 \frac{\lambda}{d},$$

où d est le diamètre de l'ouverture et λ la longueur d'onde de la lumière utilisée. La tache d'Airy intervient dans la formation des images par un instrument d'optique doté d'une ouverture circulaire, en particulier les télescopes, les lunettes astronomiques et les microscopes ($\triangleright$ *critère de Rayleigh*). On peut voir le premier anneau de la tache d'Airy en observant de nuit un lampadaire lointain à travers un petit trou soigneusement percé dans un écran opaque (par exemple un couvercle plastique percé avec une épingle). Le nom fait référence à George Airy (1801–1892) qui calcula cette figure de diffraction en 1834.

ajustement [Math.] (angl. *fit*) Détermination des paramètres décrivant une courbe de manière à la rendre le plus proche possible d'un ensemble de points. Par exemple, la méthode des moindres carrés permet d'ajuster une droite à des points de données ($\triangleright$ *méthode des moindres carrés*). Par extension, on parle aussi d'ajustement lorsque l'on cherche les paramètres d'un modèle ou d'une théorie qui permettent de rendre compte au mieux de données expérimentales. L'anglicisme **fit** est très couramment utilisé, ainsi que le verbe « fitter ».

Al Symbole de l'élément aluminium ($Z = 13$).

albédo [Astro.] (angl. *albedo*) Grandeur sans dimension qui caractérise la capacité d'un corps soumis à un rayonnement (en particulier de la lumière) à ré-émettre des ondes électromagnétiques, par réflexion spéculaire ou diffuse. Elle est définie comme le rapport entre le flux réémis et le flux incident, l'albédo d'un miroir parfait valant ainsi 1 alors que celui d'un corps noir est nul (l'émission thermique n'est pas considérée comme une réflexion). L'albédo dépend en pratique non seulement de la composition du corps, de sa régularité surfacique, mais également de l'angle d'incidence du rayonnement et de sa fréquence. Dans son utilisation courante, le terme albédo désigne souvent l'albédo moyenné sur la partie visible du spectre électromagnétique. Par exemple, l'albédo de la Lune est de 7 %. Pour les objets solides ou liquides, l'albédo ainsi défini est avant tout fonction de la composition chimique. La mesure de l'albédo d'une planète ou d'un autre corps céleste permet donc d'obtenir des informations sur la composition chimique de sa surface. Ce terme fut introduit en 1760 par Johann Lambert (1728–1777).

alcalin [Atom.] (angl. *alkali*) Nom générique des éléments situés dans la première colonne de la classification périodique des éléments (lithium Li, sodium Na, potassium K, rubidium Rb, césium Cs et francium Fr). L'hydrogène, avec son unique électron, jouit d'un statut particulier et on le considère plutôt comme un halogène.

alcalino-terreux (angl. *alkaline earth metals*) Nom générique des éléments de la seconde colonne de la classification périodique (béryllium Be, magnésium Mg, calcium Ca, ...).

aléatoire (angl. *random*) Soumis au hasard. Dans le cadre de la physique, on rencontre divers processus aléatoires ($\triangleright$ *marche au hasard*), dans la modélisation desquels interviennent des variables elles-mêmes aléatoires. De même, la notion de milieu aléatoire est très utile, par exemple pour représenter des systèmes désordonnés contenant des défauts répartis au hasard.

$\triangleright$ *Throwing nature's dice* ; Ricardo Aguayo, Geoff Simms, P. B. Siegel ; *American Journal of Physics* **64** (1996) p. 752

Alfvén (Hannes Olof Gösta) (1908–1995) Physicien théoricien suédois, prix Nobel de physique en 1970 pour « son travail fondamental et ses découvertes en magnéto-hydrodynamique ayant débouché sur d'importantes applications dans différents domaines de la physique des plasmas » ($\triangleright$ *ondes d'Alfvén*).

Alfvén (onde d') [Méca. des fluides] (angl. *Alfvén waves*) Ondes de déformation des lignes de champ magnétique dans un plasma, associées à une onde de densité du milieu ionisé. On les observe notamment dans le plasma électronique présent dans les solides. Leur vitesse est de l'ordre de $v_a \sim B/\sqrt{\mu_0 \rho}$, où B désigne le champ magnétique, ρ la masse volumique du milieu et μ_0 la perméabilité magnétique du vide. Par exemple, la vitesse d'Alfvén associée au vent solaire est de l'ordre de $v_a \sim 50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ au voisinage de la Terre. L'existence de ces ondes fut proposée en 1942 par Hannes Alfvén (1908–1995), et elles furent mises en évidence en 1949 par son étudiant-collègue Stig Lundquist (1922–) dans du mercure.

$\triangleright$ [*Resource Letter*] *PWI-1 Plasma waves and instabilities* ; Crockett L. Grabbe ; *American Journal of Physics* **52** (1984) p. 970

algèbre [Math.] (angl. *algebra*) Espace vectoriel E (de corps de base K) muni d'une opération supplémentaire qui est une multiplication interne bilinéaire. Celle-ci associe donc, à deux vecteurs v et w de E , un troisième vecteur noté vw , et vérifie :

- $\forall (v, w, x) \in E^3, (v + w)x = vx + wx$;
- $\forall (v, w, x) \in E^3, v(w + x) = vw + vx$;
- $\forall (v, w) \in E^2, \forall (a, b) \in K^2, (av)(bw) = (ab)(vw)$, où $(ab) \in K$ et $vw \in E$.

Deux exemples courant d'algèbres rencontrées en physique sont celle des fonctions et celle des matrices carrées, toutes deux munies de leur loi de multiplication usuelle. Les algèbres ainsi définies sont parfois dites **associatives** pour caractériser le fait que la loi multiplicative est associative tout en les différenciant de structures assez semblables telles les algèbres de Lie.

algèbre de Lie [Math.] (angl. *Lie algebra*) Algèbre dont la loi de multiplication, souvent notée $[\cdot, \cdot]$, est antisymétrique ($[x, y] = -[y, x]$) et vérifie la relation de

Jacobi

$$[x, [y, z]] + [y, [z, x]] + [z, [x, y]] = 0.$$

On démontre qu'à toute algèbre associative on peut associer une algèbre de Lie, le crochet de Lie étant alors défini comme l'anticommutateur par rapport à la loi de multiplication définie sur l'algèbre initiale. En physique, il est souvent suffisant de se représenter les algèbres de Lie comme des algèbres de matrices carrées. Les algèbres de Lie interviennent principalement, *via* la théorie des groupes, dans l'étude des symétries d'un problème physique : on montre en effet que près de son élément neutre, tout groupe de Lie est localement semblable à une algèbre de Lie dont les éléments sont appelés les générateurs du groupe (en termes plus techniques, l'algèbre de Lie est l'espace tangent au groupe de Lie au point associé à l'élément neutre). Les représentations des algèbres de Lie permettent ainsi de simplifier l'étude de diverses situations que ce soit en physique quantique (elles permettent de relier la notion de moment cinétique aux représentations du groupe des rotations), en matière condensée ou encore en physique des particules ou en relativité générale où apparaissent des algèbres de Lie pour décrire les interactions fondamentales mais également les symétries de l'espace-temps (▷ *groupe de Poincaré*, *vecteur de Killing*).

algébrique [Math.] (angl. *oriented*) Qualifie une grandeur orientée, munie d'un signe (+ ou -) indiquant le sens de cette grandeur, relativement à un sens positif choisi de manière conventionnelle. Par exemple, les angles et les distances peuvent être mesurés de manière algébrique, une fois défini un sens de rotation positif ou une orientation positive sur une courbe (▷ *distance algébrique*).

Alhazen (965–1039) Ibn al-Haytham, appelé Alhazen en Europe, est un mathématicien et physicien persan qui réalisa notamment de grandes avancées dans le domaine de l'optique, tant du point de vue expérimental que du point de vue théorique. Il montra que la lumière se propage en ligne droite et étudia en détail la chambre noire, sans toutefois en comprendre le fonctionnement (▷ *Kepler*). Il s'intéressa aux phénomènes de réflexion et de réfraction, et expliqua ce dernier par une analogie mécanique en supposant que la lumière se propage plus rapidement dans les milieux denses, une explication similaire à celle que fournira René Descartes (1596–1650) plusieurs siècles plus tard. En particulier, Alhazen énonça clairement le fait que, dans le phénomène de vision, la lumière se dirige des objets vers l'œil et non l'inverse. Ses travaux furent connus en Europe grâce à l'ouvrage « *Perspectiva* » de Vitellion, écrit vers 1275 mais publié en 1535, qui reprend plusieurs des travaux d'Alhazen.

▷ *Un rayon peut en cacher un autre* ; Bernard Ribémont, Max Lejbowicz ; Cahiers de Science et Vie **63** (2001) p. 53

▷ [*Présence de l'histoire*] Alhazen, un génie protéiforme au Moyen âge ; Roshdi Rashed ; Pour la Science **315** (2004) p. 22

allées de von Karman [Méca. des fluides] (angl. *von Karman streets*) Structures tourbillonnaires régulières se formant de manière périodique dans un écoulement à l'arrière d'un obstacle. Le mécanisme de leur formation fut décrit pour la première fois en 1911 par Theodore von Kármán (1881–1963).

▷ [*Quick Study*] Vortices and tall buildings : A recipe for resonance ; Peter A. Irwin ; Physics Today **63** (2010) p. 68

Allen–Jones (expérience d') [Quant.] (angl. *Allen-Jones experiment*) Expérience mettant en évidence l'effet fontaine dans l'hélium superfluide (▷ *effet fontaine*). Elle a été réalisée en 1938 par John F. Allen (1908–2001) et Harry Jones.

alliage (angl. *alloy*) Métal dans lequel on a ajouté un ou plusieurs autres éléments. Il peut s'agir d'une solution de plusieurs solides s'ils sont solubles, ou de l'ajout d'une faible quantité d'un élément dans un métal pur. Par exemple, le **bronze** est un alliage de cuivre et d'étain, le **laiton** est un alliage de cuivre et de zinc, l'**acier** et la **fonte** sont des alliages de fer et de carbone. L'incorporation d'un élément dans un métal modifie la microstructure cristalline (notamment en introduisant des défauts cristallins), ce qui joue un rôle important sur ses propriétés mécaniques, chimiques et électriques.

allongement [Méca.] (angl. *extension*) Différence entre la longueur d'un corps élastique soumis à une contrainte et sa longueur au repos. On parle en particulier de l'**allongement d'un ressort**.

allotropie [Cristallo.] (angl. *allotropy*) Propriété de certains corps pouvant se trouver sous plusieurs formes cristallines distinctes. C'est le cas par exemple du carbone, que l'on peut trouver sous la forme de graphite ou de diamant. Ce terme fut introduit en 1840 par Jöns Berzelius (1779–1848).

Almageste [Astro.] (angl. *Almagest*) Ouvrage de Claude Ptolémée (90–168) regroupant les connaissances astronomiques et cosmologiques du II^e siècle. Il contient notamment les seules références aux travaux du mathématicien grec Hipparque (-190–120), par exemple sa découverte de la précession des équinoxes. Cet ouvrage fut perdu en Europe mais traduit en arabe, au Moyen âge. Il fut ensuite redécouvert en Europe grâce à des traductions des versions arabes.

alpha [α] (angl. *alpha*) Première lettre de l'alphabet grec. Prononcer « alfa ». ► **1.** [Phys. nucl.] (angl. *alpha particle*) Nom originalement donné en 1900 par Ernest Rutherford (1871–1937) à un type de particules émises par certains éléments radioactifs. On sait depuis, grâce à ce même Rutherford, qu'il s'agit de noyaux d'hélium. Les particules alpha sont donc constituées de deux neutrons et deux protons. ► **2.** [Phys. nucl.] Mode de désintégration radioactive dans lequel une particule alpha (c'est-à-dire un noyau d'hélium) est émise (▷ *radioactivité*). ► **3.** Symbole conventionnel pour la constante de

structure fine. ► **4.** [Thermo.] Notation usuelle pour le coefficient de dilatation isobare (► *coefficient thermoélastique*).

ALPHA [Phys. des part.] Expérience de physique des particules située au décélérateur d'antiprotons du CERN et dédiée à l'étude de l'antihydrogène. Elle a notamment permis d'obtenir une mesure grossière de son spectre, la précision n'étant cependant pas encore suffisante pour le comparer à celui de l'hydrogène. Cette comparaison constitue le but ultime de ce type d'expériences, afin de tester une éventuelle asymétrie des lois de la physique entre matière et antimatière. ► *ATRAP*, *ATHENA*.

► *ALPHA collaboration gets antihydrogen in the trap*; Jeffrey Hangst; (2011)

alternateur [Électric.] (angl. *alternator*) Dispositif produisant un courant électrique alternatif à partir d'une pièce rotative. Un alternateur est généralement composé d'une partie fixe, le **stator**, et d'une partie rotative, le **rotor**. L'un est muni d'aimants (ou d'électroaimants) et l'autre de bobinages. La rotation provoque le mouvement relatif des bobinages par rapport aux aimants, ce qui crée, par induction électromagnétique, une force électromotrice induite, c'est-à-dire une tension électrique, qui permet ensuite de fournir un courant. On trouve des alternateurs dans les centrales électriques (les centrales nucléaires, les centrales thermiques, les centrales hydro-électriques, les éoliennes, etc.) et dans les moteurs automobiles, où ils servent à fournir une partie du courant utilisé dans les divers circuits électriques ainsi qu'à recharger la batterie. Les dynamos installées sur les bicyclettes sont également des alternateurs. Les alternateurs furent développés dans la seconde moitié du XX^e siècle.

alternatif [Électric.] (angl. *alternating*) Qualifie une grandeur physique dont la valeur change de signe au cours du temps. On parle par exemple de courant alternatif (noté AC sur les appareils, abréviation de « *alternating current* ») ou de tension alternative, en électricité. Ces termes sous-entendent parfois que les grandeurs sont aussi périodiques. On oppose souvent le terme « alternatif » au terme « continu », en particulier en électricité.

alterné [Math.] (angl. *alternating*) Qualifie une application multi-linéaire qui s'annule si deux des vecteurs pour lesquels on l'évalue sont identiques, $f(v_1, v_2, \dots, v_n) = 0$ s'il existe un couple (i, j) pour lequel $v_i = v_j$ ($i \neq j$). Dans les cas les plus pertinents pour la physique, cela signifie que la fonction est antisymétrique : elle change de signe si deux des vecteurs sont échangés. L'application peut alors être représentée par un tenseur antisymétrique.

altimètre (angl. *altimeter*) Dispositif servant à mesurer l'altitude. Il s'agit généralement d'un baromètre, l'altitude étant déduite de la pression par la loi barométrique. Il existe cependant des altimètres basés sur

des radars, comme ce fut le cas par exemple de ceux embarqués sur les modules lunaires des missions Apollo ou ceux utilisés dans les satellites d'observation de la Terre, comme TOPEX/POSEIDON et JASON.

altitude (angl. *altitude*) ► **1.** Distance entre un point et une surface de référence, par exemple le niveau moyen de la mer. On peut mesurer l'altitude avec un altimètre. ► **2.** [Astro.] Pour un corps céleste donné, l'**altitude angulaire** désigne, en coordonnées horizontales, l'angle entre sa position sur la voûte céleste et l'horizon. L'altitude peut donc prendre des valeurs comprises entre 0° (le corps se trouve sur l'horizon) et 90° (il se trouve au zénith). On l'appelle aussi **hauteur** ou **élévation**.

aluminium (angl. *aluminum*) Élément (symbole Al) de numéro atomique $Z = 13$ (structure électronique [Ne]3s²3p¹) découvert en 1827 par Hans Christian Ersted (1777–1851). L'aluminium est un métal léger qui est extrait de la bauxite. Il est utilisé dans un très grand nombre de domaines, du fait de sa malléabilité, sa faible densité, sa résistance à la corrosion, son inertie chimique et ses excellentes propriétés mécaniques. Masse volumique : 2 700 kg · m⁻³.

► *Quand l'aluminium était un métal rare*; Catherine Paquot; Bulletin de l'Union des Physiciens **816** (1999) p. 1161

Alvaeger (expérience d') (angl. *Alvaeger experiment*) Expérience réalisée au CERN en 1964 par T. Alvaeger et ses collaborateurs, mettant en évidence le caractère universel de la vitesse de la lumière. Elle consiste à produire des mésons se déplaçant à une vitesse très proche de c , la vitesse de la lumière dans le vide, puis à mesurer la vitesse des photons gamma obtenus par désintégration de ces mésons. On mesure que cette vitesse est égale à c , dans le référentiel du laboratoire.

Alvarez (Luis) (1911–1988) Physicien américain, dont les travaux en physique des particules lui valurent le prix Nobel de physique en 1968, pour « *ses contributions décisives à la physique des particules élémentaires, en particulier ses découvertes d'un grand nombre d'états de résonance, rendues possibles grâce au développement de la technique de la chambre à bulles à hydrogène et de l'analyse de données* ». Il découvrit le processus de capture électronique en 1937, mais est aussi connu pour des travaux originaux en marge ou hors de la physique des particules. Dans les années 1970 il inventa une méthode de datation au carbone 14 basée sur l'utilisation du cyclotron. Il chercha pendant longtemps des chambres secrètes dans les pyramides égyptiennes, en essayant notamment de les détecter par leur effet sur l'absorption du rayonnement cosmique par les édifices. Il participa aussi à la commission d'enquête sur l'assassinat du président américain John Kennedy, en analysant le film de l'événement d'un point de vue scientifique. Il déposa également une quarantaine de brevets dans des domaines très divers (télévision couleur, radar, système d'entraînement au golf, etc.). En 1980, avec son fils Walter il présenta une théorie expliquant l'extinction

des dinosaures par l'apparition d'une grande quantité d'iridium, suite à l'impact d'un astéroïde.

- ▷ *A physicist examines the Kennedy assassination film* ; Luis W. Alvarez ; American Journal of Physics **44** (1976) p. 813
- ▷ *Scientist as detective : Luis Alvarez and the pyramid burial chambers, the JFK assassination, and the end of the dinosaurs* ; Charles G. Wohl ; American Journal of Physics **75** (2007) p. 968

Am Symbole de l'élément américium ($Z = 95$).

amalgame (angl. *amalgam*) Alliage de mercure avec d'autres métaux, notamment l'argent, l'étain ou le cuivre. Les amalgames sont utilisés depuis très longtemps dans les « plombages » dentaires, du fait de leurs propriétés mécaniques (facilité de pose et durcissement) et chimiques (ils ne favorisent pas le développement des bactéries).

AMANDA [Astro.] Acronyme de « Antarctic Muon and Neutrino Detector Array ». Expérience d'astronomie neutrinos située au pôle Sud. Il s'agit d'un télescope à neutrinos constitué de lignes de photodétecteurs enfoncées à plus de 1000 m de profondeur dans la glace (qui est très transparente à cette profondeur). Les photodétecteurs sont sensibles au rayonnement Cherenkov émis par les muons issus des rares interactions des neutrinos avec la glace, et permettent de reconstruire sa direction d'origine. L'expérience AMANDA, qui a débuté en 1993, a détecté plusieurs milliers de neutrinos et a permis de tracer des cartes du ciel en neutrinos. Depuis 2003, elle est englobée dans un projet plus vaste, IceCube.

amas [Astro.] (angl. *cluster*) ► **1.** On appelle **amas d'étoiles** un ensemble d'étoiles formant dans le ciel un groupe clairement identifiable et consistant en un système lié par la gravitation. On distingue notamment :

- les **amas ouverts** composés d'au plus quelques milliers d'étoiles, toutes jeunes et issues du même nuage moléculaire, ce qui leur confère des compositions et âges voisins, rendant les amas ouverts fort utiles pour l'étude de l'évolution stellaire. On les rencontre dans le disque galactique et ils sont faiblement liés gravitationnellement, ce qui explique qu'ils ont une durée de vie assez brève ;
- les **amas globulaires**, contenant de 1000 à 10^6 étoiles environ, dont la distribution possède un cœur dense et fortement lié. Ils font partie du halo galactique, étant gravitationnellement liés à la galaxie, et contiennent généralement des étoiles âgées.

► **2.** De façon analogue, on appelle **amas de galaxies** un ensemble de galaxies liées gravitationnellement (lorsque l'on dénombre moins de 100 galaxies l'appellation **groupe** est favorisée bien que la frontière entre groupe et amas ne soit pas très rigoureuse). La cohésion gravitationnelle de ces structures pose un problème important en astrophysique, car la masse des galaxies et du gaz qu'ils contiennent ne semble pas suffisante pour produire le potentiel gravitationnel que l'on y mesure indirectement. C'est l'une des facettes du problème de

la matière noire. Certains amas de galaxies sont eux-mêmes regroupés dans des **superamas** (▷ *Groupe local, amas de la Vierge, superamas local*).

- ▷ [Actualité] *L'amas de Coma retrouve une seconde jeunesse* ; Alain Blanchard ; La Recherche **260** (1993) p. 1397
- ▷ *Des amas d'étoiles s'évaporent* ; Georges Meylan, S. George Djorgovski ; La Recherche **345** (2001) p. 38
- ▷ *The birth and death of star clusters in the Milky Way* ; Steven W. Stahler ; Physics Today **65** (2012) p. 46

amas de la Vierge [Astro.] (angl. *Virgo cluster*)

Amas de galaxies comprenant plusieurs centaines de membres et situé à environ 60 millions d'années-lumière de la Voie lactée. Il représente la composante dominante du superamas local (aussi nommé « superamas de la Vierge »), sa masse étant estimée à environ 10^{14} masses solaires et son diamètre à environ 9 millions d'années-lumière. Son membre le plus imposant est la galaxie M87 (parfois nommée Virgo A ou NGC 4486), galaxie elliptique dont la masse est environ 20 fois celle de la Voie lactée, qui possède un noyau galactique actif et qui est l'une des plus intenses sources radio proches de nous. L'amas de Virgo contient de nombreuses galaxies massives, potentiellement associées à des trous noirs supermassifs, ce qui en fait l'une des sources d'ondes gravitationnelles les plus prometteuses.

amas globulaire [Astro.] (angl. *globular cluster*)

Ensemble d'étoiles gravitationnellement liées entre elles pour former un amas sphérique de quelques dizaines d'années-lumière de rayon. On observe un peu plus de 200 amas globulaires dans notre galaxie et chacun contient de 1000 à 10^6 étoiles. Ces objets se sont formés en même temps que les galaxies et leurs étoiles sont vieilles. L'étude de leur diagramme de Hertzsprung-Russel permet de déterminer l'âge de l'amas. On trouve des âges de l'ordre de 10 milliards d'années. La limite inférieure sur l'âge de l'Univers ainsi obtenue a eu une grande importance dans l'évolution des idées en cosmologie.

américium (angl. *americium*) Élément (symbole Am) de numéro atomique $Z = 95$ (structure électronique [Rn]7s²6d⁰5f⁷) découvert en 1944 par Glenn Seaborg (1912–1999), Ralph A. James, Stanley Thompson (1912–1976) et Albert Ghiorso (1915–2010). C'est un élément artificiel, obtenu par bombardement du plutonium par des neutrons. Il est utilisé comme source de neutrons, de rayons gamma ou de particules alpha. On en trouve notamment dans certains détecteurs de fumée, comme source ionisante.

ami de Wigner [Quant.] (angl. *Wigner's friend*)

Expérience de pensée proposée en 1964 par Eugene Wigner (1902–1995) pour illustrer certaines difficultés conceptuelles associées à la mesure en physique quantique. Dans cette expérience, un observateur demande à un ami de réaliser l'expérience du chat de Schrödinger dans une autre pièce, puis entre lui-même dans la pièce, une fois l'expérience terminée. Wigner demande alors à quel moment la superposition chat vivant/chat mort

se transforme en état bien défini : la réduction de la fonction d'onde a-t-elle lieu quand l'ami ouvre la boîte contenant le chat ou quand l'observateur entre dans la pièce et voit lui-même le résultat ? Wigner voulait par ce scénario poser la question du rôle de la conscience dans la notion de mesure en physique quantique.

amont [Méca. des fluides] (angl. *upstream*) Dans un écoulement, désigne la zone située avant la région à laquelle on s'intéresse. Antonyme : $\triangleright$ *aval*.

amorphe (angl. *amorphous*) État solide dans lequel la structure microscopique de la matière est désordonnée à moyenne et grande distances, mais ordonnée à courte distance (sur une échelle de l'ordre de quelques dizaines d'atomes). Cet état est donc différent de l'état cristallin pour lequel un ordre existe à toutes les échelles de distance, et en ce sens, il s'apparente plus à un état liquide très visqueux qu'à un véritable état solide. L'état amorphe est généralement un état métastable du point de vue thermodynamique, avec un temps caractéristique d'évolution très grand devant les échelles de temps typiques des observations. Les verres en constituent un excellent exemple.

amortissement (angl. *damping*) $\triangleright$ **1.** Diminution de l'amplitude d'une oscillation, du fait d'un frottement ou d'une dissipation. $\triangleright$ **2.** Nom générique donné aux causes de dissipation qui diminuent l'amplitude d'un oscillateur. Par extension, on appelle « terme d'amortissement » le second terme de l'équation des oscillateurs ($\triangleright$ *oscillateur amorti*)

$$\ddot{x} + 2\lambda\dot{x} + \omega_0^2 x = F(t).$$

amortissement critique (angl. *critical damping*) Valeur de l'amortissement qui conduit au régime critique pour un système oscillant amorti. C'est la valeur pour laquelle le système initialement perturbé revient le plus rapidement à son état initial, sans osciller. Ceci explique l'importance pratique de cette notion, qui intervient entre autres dans les systèmes mécaniques (amortisseurs de voiture par exemple) ou électriques.

amortissement de Landau [Électromag.] (angl. *Landau damping*) Phénomène d'amortissement des ondes de plasma découvert en 1946 par Lev Landau (1908–1968). Cet amortissement est dû aux échanges d'énergie entre l'onde électromagnétique associée à l'onde de plasma et les charges se déplaçant avec une vitesse proche de la vitesse de phase de l'onde électromagnétique. Les charges peuvent perdre ou gagner de l'énergie par cette interaction, mais on peut montrer que le bilan global conduit à une dissipation de l'onde de plasma.

$\triangleright$ *On the physics of Landau damping* ; David Sagan ; American Journal of Physics **62** (1994) p. 450

$\triangleright$ *A new approach to linear Landau damping* ; G. Brodin ; American Journal of Physics **65** (1997) p. 66

$\triangleright$ *A tutorial presentation of the two stream instability and Landau damping* ; D. Anderson, R. Fedele, M. Lisak ; American Journal of Physics **69** (2001) p. 1262

ampère [A] (angl. *ampere*) Unité (symbole A) de base dans laquelle s'exprime l'intensité du courant électrique dans le Système International d'unités. Le Bureau International des Poids et Mesures le définit en 1948 comme

« l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à 2×10^{-7} N par mètre de longueur. »

Dans le Système International d'unités, l'ampère est utilisé pour définir le coulomb, $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$. L'ampère sera probablement abandonné comme unité de base dans un futur proche, au profit du volt-josephson, réalisable de façon plus précise ($\triangleright$ *Système International d'unités 2014*).

$\triangleright$ *[Quick Study] Quantum electrical standards* ; Neil M. Zimmerman ; Physics Today **63** (2010) p. 68

Ampère (André Marie) (1775–1836) Physicien et mathématicien français. Fondateur de l'électrodynamique qu'il présenta en 1827 dans son ouvrage « *Sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience* », on lui doit :

- l'explication de l'expérience d'Ersted dans laquelle une aiguille aimantée située près d'un courant électrique se trouve déviée ;
- la découverte en 1821 de l'interaction entre deux courants électriques ($\triangleright$ *force de Laplace*) ;
- le galvanomètre, le solénoïde et l'électro-aimant ;
- les termes « courant », « tension » et « circuit électrique ».

L'unité de mesure de l'intensité électrique dans le Système International d'unités porte désormais son nom ($\triangleright$ *ampère*).

$\triangleright$ *Why Ampère did not discover electromagnetic induction* ; L. Pearce Williams ; American Journal of Physics **54** (1986) p. 306

Ampère (théorème d') [Électromag.] (angl. *Ampère theorem*) $\triangleright$ **1.** Relation entre l'intensité du courant électrique total parcourant un ensemble de conducteurs électriques et le champ magnétique $\vec{B}$ créé par ce courant total. Cette relation, valable uniquement pour des courants constants dans le temps ou dans le cadre de l'approximation des régimes quasi-stationnaires, prend la forme

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu I,$$

où l'intégrale est à prendre le long de n'importe quelle courbe fermée au travers de laquelle passent les conducteurs transportant le courant électrique. Dans cette expression μ désigne la perméabilité magnétique du milieu (égale à la perméabilité magnétique du vide μ_0 pour

les milieux non magnétiques ou dans le vide) et I la somme algébrique des courants traversant la courbe fermée. Ces courants sont comptés positivement s'ils sont dirigés dans le sens donné par la règle du tire-bouchon, et négativement dans le cas contraire. Sous sa forme locale, cette relation s'écrit

$$\vec{\text{rot}} \vec{B} = \mu \vec{j}$$

qui constitue un cas particulier d'une des équations de Maxwell. Cette loi ne fut pas découverte par André Ampère (1775–1836), mais par James Maxwell (1831–1879) qui l'écrivit pour la première fois en 1856. Elle est aussi appelée **loi de Maxwell-Ampère**. ► 2. Dans les milieux magnétiques, on l'écrit plutôt

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = I,$$

où I désigne cette fois la contribution des courants libres, celle des courants liés étant prise en compte dans la définition de l'excitation magnétique $\vec{H}$. Sous sa forme locale, cette relation devient

$$\vec{\text{rot}} \vec{H} = \vec{j}$$

où $\vec{j}$ désigne la densité de courant libre.

- [Questions and Answers] #18. Simple proofs of Ampere's law ; A. P. French ; American Journal of Physics **63** (1995) p. 394
- Ampère was not the author of "Ampère's Circuital Law"; Herman Erlichson ; American Journal of Physics **67** (1999) p. 448
- La construction de l'édifice théorique ; Franck Achard ; Cahiers de Science et Vie **67** (2002) p. 64

ampère-heure [Ah] [Électric.] (angl. *ampere-hour*) Unité de charge électrique (symbole Ah) définie comme la charge transportée en une heure par un courant électrique d'un ampère. Elle est reliée au coulomb (C) du Système International d'unités par $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$. On l'emploie notamment pour exprimer la charge des piles et des batteries.

ampère-tour [At] (angl. *ampere-turn*) Unité (symbole At) dans laquelle s'expriment les forces magnétomotrices dans le Système International d'unités.

ampèremètre [Électric.] (angl. *ammeter*) Appareil servant à mesurer l'intensité d'un courant électrique. Il en existe de différents types, basés sur la force de Laplace (► *galvanomètre à cadre mobile*), sur des mesures purement électriques (► *multimètre*) ou sur les phénomènes d'induction (► *pince ampèremétrique*).

amplificateur (angl. *amplifier*) Dispositif destiné à amplifier un signal, en particulier en électricité et électronique, ou une onde électromagnétique. Un amplificateur, alimenté à son entrée par un signal associé à une grandeur physique (courant électrique, tension, onde électromagnétique), délivre à sa sortie un signal dont la forme d'onde est identique mais d'amplitude plus élevée. Le rapport des amplitudes est appelé **gain de l'amplificateur**. En pratique, les performances d'un

amplificateur ne sont jamais parfaites : la forme d'onde du signal de sortie peut différer de celle du signal d'entrée. Cette **distorsion** peut être due par exemple à un phénomène de saturation ou/et à une dynamique insuffisante de l'amplificateur. La plupart des amplificateurs sont des circuits électroniques, le signal à amplifier étant dans une première étape converti sous forme électrique, amplifié, puis finalement restitué sous sa forme initiale (acoustique par exemple). Il existe aussi des amplificateurs qui opèrent directement dans le domaine des ondes centimétriques (► *maser*) ou de l'optique (► *laser*), sans cette double conversion. Leur fonctionnement repose sur l'effet d'émission stimulée.

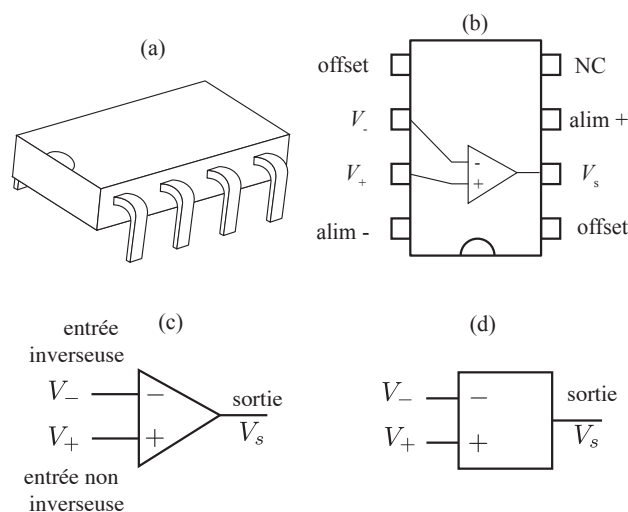


FIGURE 6 – amplificateur opérationnel – (a) Représentation de l'aspect externe d'un modèle courant. (b) Rôle des différentes bornes dans un modèle courant (le brochage peut varier d'un modèle à l'autre). NC signifie « non connecté », et les bornes « offset » permettent de compenser le mode commun $V^+ + V^-$ éventuellement présent. (c) Symbole américain de l'amplificateur opérationnel. L'alimentation du composant n'a pas été représentée, par souci de clarté. (d) Symbole européen.

amplificateur opérationnel [Électron.] (angl. *operational amplifier*; *op-amp*) [FIG] Composant électronique constitué de transistors, et servant à amplifier la différence de tension $\epsilon = V^+ - V^-$ entre ses deux bornes d'entrée, appelées entrées inverseuse (V^-) et non inverseuse (V^+). C'est un composant actif, alimenté par une tension externe (les bornes notées « alim » sur la figure). Pour les faibles différences ϵ de tension d'entrée, la tension de sortie varie linéairement avec ϵ , et l'on parle de régime linéaire. Plus précisément, la tension de sortie est alors donnée par

$$V_s = A_d(V^+ - V^-) + A_{mc} \frac{V^+ + V^-}{2},$$

où A_d est appelé le **gain différentiel** et A_{mc} le **gain de mode commun**. Pour les fortes différences de ten-

sion, la tension de sortie sature à la tension d'alimentation du dispositif. Ce régime est utilisé en commutation. On parle d'**amplificateur opérationnel idéal** ou **parfait** lorsque le gain différentiel A_d est infini, A_{mc} est nul, l'impédance d'entrée est infinie et l'impédance de sortie est nulle. Le terme « amplificateur opérationnel » fut introduit en 1947 par John Ragazzini (1912–1988), parce que ce composant permet de concevoir des circuits réalisant des opérations mathématiques élémentaires sur des signaux (▷ *montage additionneur, montage multiplicateur, montage dérivateur, montage intégrateur*, etc.). Les premiers amplificateurs opérationnels furent commercialisés en 1952, et étaient composés de tubes électroniques, qui furent remplacés par des transistors dans les années 1960. On parle souvent d'**ampli-op** ou d'**AO**.

amplificateur opérationnel parfait [Électron.] (angl. *ideal operational amplifier*) Modélisation de l'amplificateur opérationnel dans laquelle on considère que :

- le gain différentiel est infini ;
- le gain de mode commun est nul (▷ *amplificateur opérationnel*) ;
- l'impédance d'entrée est infinie ;
- l'impédance de sortie est nulle.

Pour que le signal de sortie soit fini, en fonctionnement linéaire, la borne inverseuse et la borne non inverseuse sont alors nécessairement à des potentiels égaux ($V^+ = V^-$).

amplification (angl. *amplification*) Augmentation de la valeur d'une grandeur physique, par exemple d'un signal ou de l'amplitude d'un oscillateur.

amplification paramétrique (angl. *parametric amplification*) Amplification de l'amplitude d'une oscillation résultant de la variation périodique d'un paramètre contrôlant cette oscillation (▷ *oscillation paramétrique, Botafumeiro, balançoire*).

amplitude (angl. *amplitude*) Valeur maximale que peut prendre une grandeur décrivant l'oscillation d'un système. Par exemple, c'est la quantité x_0 dans le cas de la position $x(t)$ d'un oscillateur harmonique $x(t) = x_0 \cos \omega t$. Dans ce sens, cette quantité est aussi nommée **valeur de crête**, en particulier dans le cas d'un signal électrique. Par extension, on nomme également parfois « amplitude » la valeur instantanée $x(t)$.

amplitude complexe [Ondes] (angl. *complex amplitude*) Dans la notation complexe, où à un signal sinusoïdal réel $S(t) = S_0 \cos(\omega t + \phi)$ on associe une grandeur complexe souvent notée avec une lettre soulignée et donnée par

$$\underline{S}(t) = \underline{S}_0 e^{i\omega t},$$

l'amplitude complexe est $\underline{S}_0 = S_0 e^{i\phi}$. Elle inclut donc à la fois l'amplitude réelle $\underline{S}_0$ mais également le déphasage ϕ par rapport à la phase de référence.

amplitude de diffusion [Ondes] (angl. *scattering amplitude*) Pour un objet ponctuel éclairé par une onde plane, quantité introduite dans la description du comportement asymptotique de l'amplitude de l'onde diffusée à grande distance de cet objet. C'est la grandeur F qui intervient lorsqu'on écrit l'amplitude sous la forme

$$\psi(\vec{r}) \approx \frac{e^{ikr}}{r} F(\vec{k}, \vec{k}_0)$$

où $\vec{r}$ désigne la distance par rapport à l'objet, $\vec{k}$ le vecteur d'onde de l'onde diffusée dans la direction indiquée par ce vecteur et $\vec{k}_0$ celui de l'onde incidente. On définit aussi l'**amplitude de diffusion normalisée**

$$f(\vec{k}, \vec{k}_0) = \frac{F(\vec{k}, \vec{k}_0)}{\psi_0}$$

où ψ_0 désigne l'amplitude de l'onde incidente. L'amplitude de diffusion normalisée a la dimension d'une longueur, et on l'appelle également **longueur de diffusion**.

amplitude de probabilité [Quant.] (angl. *probability amplitude*) Quantité complexe dont le carré du module donne la probabilité (ou la densité de probabilité) qu'un événement se produise. Dans l'interprétation de Copenhague de la physique quantique, l'amplitude de probabilité de présence d'une particule est reliée à sa fonction d'onde normalisée. L'amplitude de probabilité d'une transition $\psi_i \rightarrow \psi_f$ entre les instants t_i et t_f vaut par exemple $\langle \psi_f(t_f) | \psi_i(t_i) \rangle$.

ampoule électrique (angl. *light bulb*) Dispositif émettant de la lumière suite au passage d'un courant électrique. Par exemple, dans les lampes à incandescence c'est l'effet Joule qui est responsable de l'émission de lumière, et dans les lampes à décharge c'est l'ionisation du milieu.

ampoule à incandescence [Électric.] (angl. *light bulb*) Dispositif composé d'un filament de tungstène, porté à incandescence vers 1500–3000 K par passage d'un courant électrique et inséré dans une ampoule en verre contenant un gaz inerte, pour produire de la lumière par émission thermique. Le gaz inerte, souvent de l'argon ou du krypton, limite la sublimation du matériau dont est constitué le filament, ce qui augmente sa durée de vie. L'ampoule électrique a été inventée dans les années 1840–1860 par le chimiste et physicien anglais Joseph Swan (1828–1914) qui utilisa un filament de carbone dans une ampoule sous vide. La qualité des pompes de l'époque n'étaient pas suffisante pour atteindre un vide poussé et la durée de vie de l'ampoule était faible. De plus, elle se noircissait du fait de la sublimation du filament en présence de l'oxygène résiduel. Plus tard, en 1879, l'américain Thomas Edison (1847–1931) améliora cette ampoule pour la rendre utilisable en pratique, d'une part en utilisant un filament de tungstène, dont le haut point de fusion permet de mieux résister aux hautes températures, et d'autre

part en améliorant le vide dans l'ampoule. Des améliorations similaires furent présentées par Swan dans la même période. Ces deux inventeurs créèrent séparément leur propres entreprises dans leurs pays, la Swan Electric Light Company et la Edison General Electric Company, respectivement.

▷ *Le rôle du gaz dans les lampes à incandescence* ; Marc Chapellet ; Bulletin de l'Union des Physiciens **740** (1992) p. 3

▷ *Du télégraphe à l'ampoule : la puissance de l'analogie* ; Paul Israel ; Cahiers de Science et Vie **32** (1996) p. 50

▷ *Efficiency and efficacy of incandescent lamps* ; D. C. Agrawal, Harvey S. Leff, V. J. Menon ; American Journal of Physics **64** (1996) p. 649

▷ *Étude d'une lampe à incandescence* ; François Durand ; Bulletin de l'Union des Physiciens **827** (2000) p. 1625

AMS [Astro.] Acronyme de « Alpha Magnetic Spectrometer » (et non de « AntiMatter Spectrometer » comme on le lit parfois). Expérience installée sur la Station spatiale internationale depuis mai 2011, elle est destinée à mesurer la composition et la distribution en énergie des rayons cosmiques au-dessus de l'atmosphère terrestre. Dans sa conception originale, le spectromètre de l'instrument devait être équipé d'un aimant supraconducteur. Pour des raisons de coût, il a finalement été décidé de le remplacer par un aimant permanent, ce qui allonge la durée de vie de l'instrument mais diminue les performances générales.

▷ *Un détecteur de particules dans l'espace* ; Aurélien Barrau, Laurent Derôme ; La Recherche **450** (2011) p. 46

anagyre [Méca.] (angl. *rattleback*) Système mécanique qui, lancé en rotation sur un support plan horizontal, peut changer spontanément de sens de rotation. Ce phénomène ne peut avoir lieu que lorsque la distribution de masse dans l'objet est asymétrique. Il met en jeu le couplage entre la rotation de l'objet et ses oscillations autour des axes perpendiculaires à l'axe de rotation.

analemme [Astro.] (angl. *analemma*) Figure en forme de 8 que décrit le Soleil en une année quand on relève sa position dans le ciel tous les jours à heure fixe et depuis la même position terrestre.

analogie (angl. *analogy*) [TAB] Correspondance entre deux situations physiques *a priori* très différentes, mais décrites par des équations similaires. Par exemple, on peut faire une analogie entre les oscillateurs mécaniques du type masse-ressort-frottement et les oscillateurs électriques du type RLC. Les équations sont identiques, pourvu que l'on fasse la correspondance indiquée dans le tableau. L'analogie permet de transposer à un type de système les résultats connus pour un autre.

analogique (angl. *analog*) Qualifie un signal ou une grandeur pouvant prendre n'importe quelle valeur dans un intervalle, de façon continue. Ce terme s'oppose à « numérique » (▷ *convertisseur analogique-numérique*, *convertisseur analogique-numérique*, *quantification*).

quantité mécanique	quantité électrique
position x	charge q
vitesse v	courant I
force F	tension V
masse m	inductance L
raideur k	inverse de la capacité $1/C$
coefficient de frottement f	résistance R

TABLE 3 – *Grandeurs analogues entre les oscillateurs mécaniques et les oscillateurs électriques de type RLC.*

analyse dimensionnelle (angl. *dimensional analysis*) Méthode d'analyse d'un problème physique basée sur des considérations liées à la dimension physique des grandeurs qui interviennent dans ce problème. Il est possible, en général, de déterminer les quantités importantes intervenant dans un problème donné en construisant les combinaisons des constantes ou des paramètres à disposition qui ont la bonne unité physique. Par exemple, dans le cas d'un pendule simple de masse m (en kg) et de longueur ℓ (en m) soumis à l'accélération de la pesanteur g (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$), on peut former une quantité homogène à un temps, $T = \sqrt{\ell/g}$. Sans résoudre les équations du mouvement, on peut alors deviner qu'il s'agit d'un temps caractéristique de l'évolution du système (en l'occurrence, ce temps est relié à la période du pendule et ne dépend pas de la masse m). Elle fut exposée à plusieurs reprises, notamment en 1765 par Leonhard Euler (1707–1783) dans son traité sur la mécanique du solide, en 1822 par Joseph Fourier (1768–1830) dans son ouvrage « *Théorie analytique de la chaleur* » et en 1877 par Lord Rayleigh (1842–1919) dans « *Theory of sound* ». L'analyse dimensionnelle peut être menée de façon beaucoup plus approfondie. Elle permet par exemple au physicien sir Geoffrey Taylor (1886–1975), en 1941, de retrouver l'énergie de la première explosion thermonucléaire (une information alors secrète) en se basant sur une série de photographies prises à des intervalles de temps déterminés (ces photos, elles, sont devenues publiques assez rapidement), un résultat qu'il avait préalablement obtenu de manière plus conventionnelle en étudiant la physique de l'explosion.

▷ *Dimensional Analysis and the Buckingham Pi Theorem* ; John H. Evans ; American Journal of Physics **40** (1972) p. 1815

▷ *Man's size in terms of fundamental constants* ; William H. Press ; American Journal of Physics **48** (1980) p. 597

▷ *Applying dimensional analysis* ; Wilfred J. Remillard ; American Journal of Physics **51** (1983) p. 137

▷ *Suppression and restoration of constants in physical equations* ; Edward A. Desloge ; American Journal of Physics **52** (1984) p. 312

▷ *On the fate of stars in high spatial dimensions* ; John Bechhoefer, Gilles Chabrier ; American Journal of Physics **61** (1993) p. 460

▷ *Suppression and restoration of constants* ; Edward A. Desloge ; American Journal of Physics **62** (1994) p. 216

▷ *Scaling in model aircraft* ; Chris Waltham ; American Journal of Physics **65** (1997) p. 1082

- ▷ *Applications du calcul formel à l'analyse dimensionnelle*; Serge Le Goff; Bulletin de l'Union des Physiciens **799** (1997) p. 2079
- ▷ *Exposing Life's Limits with Dimensionless Numbers*; Steven Vogel; Physics Today **51** (1998) p. 22
- ▷ *Application de Maple à l'analyse dimensionnelle*; Eddie Saudrais; Bulletin de l'Union des Physiciens **818** (1999) p. 1665
- ▷ *Dimensional analysis of models and data sets*; James F. Price; American Journal of Physics **71** (2003) p. 437
- ▷ *Life's Universal Scaling Laws*; Geoffrey B. West, James H. Brown; Physics Today **57** (2004) p. 36
- ▷ *Lenz's law and dimensional analysis*; John A. Pelesko, Michael Cesky, Sharon Huertas; American Journal of Physics **73** (2005) p. 37
- ▷ *Dynamic similarity, the dimensionless science*; Diogo Bolster, Robert E. Hershberger, Russell J. Donnelly; Physics Today **64** (2011) p. 42

analyse de Fourier [Math.] (angl. *Fourier analysis*) Technique consistant à étudier un problème théorique, une fonction ou le comportement d'un ensemble de valeurs (par exemple expérimentales) paramétrées par une ou plusieurs variables en utilisant des décompositions en séries de Fourier. Cette approche est très puissante et permet par exemple de repérer un signal dissimulé à l'intérieur d'un bruit ou encore de filtrer plus facilement des images pour les rendre moins floues. Lorsqu'elle est réalisée numériquement, il existe de plus des algorithmes sophistiqués, comme la transformation de Fourier rapide, Fast Fourier Transform (FFT) en anglais, qui peuvent permettre d'accélérer la convergence des calculs.

analyseur [Opt.] (angl. *analyzer*) Polariseur destiné à étudier l'état de polarisation d'une onde. La variation de l'intensité transmise en fonction de l'orientation de l'analyseur permet de déterminer en partie l'état de polarisation d'une onde incidente.

analyseur à pénombre [Opt.] Dispositif permettant de déterminer la direction de polarisation d'une onde lumineuse polarisée linéairement. Il est constitué d'un polariseur linéaire, recouvert sur une moitié de sa surface par une lame demi-onde solidaire du polariseur. En faisant tourner le dispositif dans son plan, on cherche la position pour laquelle la lumière transmise par les deux moitiés a la même intensité, ce qui permet d'en déduire la direction de polarisation initiale. On obtient des résultats plus précis qu'en recherchant l'extinction ou le maximum de lumière avec un simple polariseur, car d'une part la différence de luminosité entre les deux moitiés varie plus rapidement avec l'angle, et d'autre part l'œil parvient beaucoup mieux à déceler une petite différence de luminosité entre deux taches lumineuses que le passage par un extremum.

anastigmat [Opt.] (angl. *anastigmat*) Objectif photographique constitué de deux doublets disposés de manière symétrique et séparés par un diaphragme. Il est complètement corrigé de l'aberration sphérique, de la distorsion et de la coma. Il a été mis au point en 1890 par Paul Rudolph (1858–1935), sous l'impulsion d'Ernst Abbe (1840–1905).

anastigmatique [Opt.] (angl. *anastigmatic*) Qualifie les systèmes optiques corrigés de l'aberration d'astigmatisme. Ces systèmes sont généralement conçus pour que les cercles de moindre confusion soient situés à proximité du plan image déterminé selon les lois de l'optique paraxiale.

Anderson (Carl David) (1905–1991) Physicien expérimentateur américain, prix Nobel de physique en 1936 pour « sa découverte du positon (1932) », laquelle confirma l'existence de l'antimatière prédite par Paul Dirac (1902–1984). Il découvrit aussi le muon en 1936.

Anderson (Philip Warren) (1923–) Physicien théoricien américain, prix Nobel de physique en 1977 (avec Sir N.F. Mott et J.H. van Vleck) pour « leurs travaux théoriques fondamentaux dans l'étude de la structure électronique des systèmes magnétiques et désordonnés » (▷ *localisation d'Anderson, mécanisme de Higgs-Anderson*).

Anderson (localisation d') [Phys. stat.] (angl. *Anderson localization*; *strong localization*) Propriété découverte en 1958 par Philip Anderson (1923–) dans le cadre de l'étude de la transition métal-isolant et selon laquelle il est possible qu'un milieu aléatoire contienne une densité de centres diffuseurs suffisamment forte pour qu'une onde y pénétrant ne soit pas diffusée, l'énergie associée se retrouvant localisée. On nomme aussi cet effet **localisation forte**, par opposition à la localisation faible dont il est effectivement une variante plus intense : comme cette dernière, la localisation d'Anderson trouve son origine dans le phénomène d'interférences entre plusieurs chemins possibles pour la particule quantique. En 1998, on observa pour la première fois la localisation d'Anderson d'une onde lumineuse qui s'est ainsi retrouvée piégée en un endroit précis du milieu où elle avait été émise.

- ▷ *Localization of Light*; Sajeev John; Physics Today **44** (1991) p. 32
- ▷ *La localisation des ondes*; Didier Sornette, Olivier Legrand; La Recherche **236** (1991) p. 1166
- ▷ *A simple approach to Anderson localization in one-dimensional disordered lattices*; F. Domínguez-Adame, V. A. Malyshev; American Journal of Physics **72** (2004) p. 226
- ▷ *La localisation forte d'Anderson des ondes classiques*; Sergey E. Skipetrov, Bart van Tiggelen; Images de la Physique (2009) p. 75
- ▷ *La localisation forte d'Anderson*; Dominique Delande, Jean-Claude Garreau, Laurent Sanchez-Palencia, Bart van Tiggelen; Images de la Physique (2009) p. 70
- ▷ *Localisation d'Anderson d'atomes ultrafroids*; Alain Aspect, Philippe Bouyer, Vincent Josse, Laurent Sanchez-Palencia; Images de la Physique (2009) p. 87
- ▷ *Anderson localization of ultracold atoms*; Alain Aspect, Massimo Inguscio; Physics Today **62** (2009) p. 30
- ▷ *Fifty years of Anderson localization*; Ad Lagendijk, Bart van Tiggelen, Diederik S. Wiersma; Physics Today **62** (2009) p. 24

Andromède (galaxie d') [Astro.] (angl. *Andromeda Galaxy*) Aussi connue sous le nom de **nébuleuse d'Andromède** ou **M31**, d'après sa classification dans le catalogue de Messier, la galaxie d'Andromède fait partie du groupe local dont elle est le membre le plus important avec un diamètre de l'ordre de 150 000 années-lumières et une masse d'un peu plus d'un milliard de masses solaires. Sa position s'écrit en coordonnées équatoriales

$$\text{RA} = 00^{\text{h}} 42' 44,30'', \quad \text{dec} = +41^{\circ} 16' 10''.$$

Actuellement située à une distance d'environ 800 kpc (2,5 millions d'années-lumière) de la Voie lactée, ce qui en fait la galaxie spirale la plus proche de nous et la seule visible à l'œil nu, elle se dirige vers celle-ci à la vitesse de $125 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. La mesure de la distance nous séparant d'Andromède, par l'observation des céphéïdes qu'elle contient, permit en 1925 à Edwin Hubble (1889–1953) de mettre en évidence sa nature extra-galactique et de montrer que certaines nébuleuses sont des galaxies, au même titre que la Voie lactée.

Andronikashvili (expérience d') [Quant.] (angl. *Andronikashvili experiment*) Expérience réalisée en 1948 par Elepter Andronikashvili (1910–1989) pour déterminer la variation avec la température de la proportion de fluide normal et de superfluide dans l'hélium liquide. Elle consiste à mesurer la période des oscillations d'un pendule de torsion plongé dans l'hélium liquide. Cette période dépend de la viscosité du fluide, elle-même fonction de la proportion de fluide normal.

anéchoïque [Ondes] (angl. *anechoic chamber*) Qualifie une enceinte (en particulier une pièce) dont les parois sont totalement absorbantes pour le rayonnement acoustique ou électromagnétique : il n'y a pas d'écho. On parle indifféremment de **chambre anéchoïque** ou de **chambre anéchoïde**. Une telle enceinte permet de mesurer le signal issu d'une source sans qu'il soit affecté par les ondes réfléchies. Elles sont utilisées en particulier pour mesurer les caractéristiques des antennes, en émission ou en réception, dans le domaine des ondes radiofréquences et hyperfréquences.

anémomètre [Méca.] (angl. *anemometer*) Dispositif servant à mesurer la vitesse du vent à partir de la vitesse de rotation d'une pièce mobile.

angle de Brewster [Opt.] (angl. *Brewster's angle*) **FIG** Angle d'incidence sur un dioptré diélectrique pour lequel le coefficient de réflexion d'une onde électromagnétique polarisée rectilignement s'annule. Ce coefficient de réflexion dépend en effet de l'état de polarisation de l'onde, et pour une onde dont le vecteur champ électrique est situé dans le plan d'incidence, il existe un angle d'incidence i_B pour lequel le coefficient s'annule. Lorsque tel est le cas, on a la relation

$$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1},$$

où n_1 et n_2 sont les indices de réfraction du milieu incident et de celui sur lequel se fait la réflexion, respectivement. La direction dans laquelle le rayon aurait été réfléchi selon la loi de Snell-Descartes est orthogonale à celle du rayon transmis. On peut comprendre l'absence d'onde réfléchie par le fait que d'une part les dipôles microscopiques excités par l'onde incidente oscillent précisément dans la direction du rayon réfléchi, et que d'autre part l'émission électromagnétique d'un dipôle oscillant s'annule dans la direction d'oscillation. Ce phénomène est utilisé dans certains polariseurs car une onde non polarisée est transformée en onde polarisée après réflexion à l'angle de Brewster. Le phénomène fut découvert en 1809 par Étienne Louis Malus (1775–1812), mais la relation entre l'angle et l'indice de réfraction fut obtenue en 1811 par Sir David Brewster (1781–1868).

- ▷ *Simplistic explanations of Brewster's law* ; M. Nitzan, J. S. Bodenheimer ; American Journal of Physics **52** (1984) p. 660
- ▷ *Comment on "Simplistic explanations of Brewster's law"* ; Eugen Merzbacher ; American Journal of Physics **53** (1985) p. 916
- ▷ *Mesure de l'incidence de Brewster* ; Pierre Prié ; Bulletin de l'Union des Physiciens **767** (1994) p. 1367
- ▷ *Polarization of light by reflection and the Brewster angle* ; P. J. Ouseph, Kevin Driver, John Conklin ; American Journal of Physics **69** (2001) p. 1166

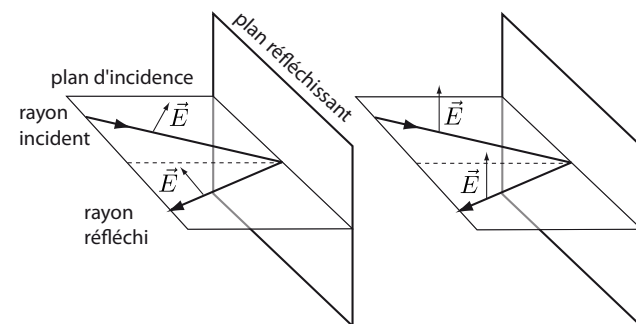


FIGURE 7 – angle de Brewster – À gauche, le champ électrique $\vec{E}$ de l'onde est contenu dans le plan d'incidence et l'amplitude de l'onde réfléchie est nulle si l'angle d'incidence est égal à l'angle de Brewster. À droite, $\vec{E}$ est perpendiculaire au plan d'incidence et l'amplitude de l'onde réfléchie n'est jamais nulle.

angle de Cabibbo [Phys. des part.] (angl. *Cabibbo angle*) Angle de mélange entre particules introduit en 1963 par le physicien italien Nicola Cabibbo (1935–2010) dans la description de l'interaction faible. Dans sa formulation moderne, l'angle de Cabibbo θ_c mélange les quarks d et s selon

$$\begin{pmatrix} d_c \\ s_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_c & \sin \theta_c \\ -\sin \theta_c & \cos \theta_c \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d \\ s \end{pmatrix},$$

avec $\sin \theta_c \sim 0,25$. Cette équation indique que les états propres pour l'interaction forte (d_c et s_c) sont des superpositions des états propres pour l'interaction faible (d et s). Lorsque l'on prend en compte la troisième génération de quarks, les mélanges sont plus compliqués et

font intervenir la matrice CKM (▷ *matrice de Cabibbo-Kabayashi-Maskawa*). Initialement, l'angle de Cabibbo a été introduit entre particules appartenant à un octet donné afin d'expliquer diverses relations entre taux de transition, en particulier le fait que les transitions pour lesquelles l'étrangeté change d'une unité ont une amplitude environ 4 fois plus faible que d'autres transitions très semblables mais où l'étrangeté est conservée. Par exemple, dans l'approche de Cabibbo le rapport entre les taux des réactions $\Lambda^0 \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ et $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ résulte du fait que l'interaction faible ne couple pas le proton directement au neutron mais à une superposition quantique du neutron et du Λ^0 dont le mélange est paramétré par l'angle de Cabibbo.

angle Cherenkov [Électromag.] (angl. *Cherenkov angle*) Angle d'émission du rayonnement Cherenkov, relié à l'indice n du milieu par

$$\cos \theta_c \equiv \frac{c}{nv} = \frac{v_\ell}{v},$$

où v désigne la vitesse de la particule émettrice, c la vitesse de la lumière dans le vide et $v_\ell = c/n$ la vitesse de la lumière dans le milieu.

angle de contact [Méca. des fluides] (angl. *contact angle*)  Angle entre deux interfaces liquide-air et solide-air à l'endroit où existe un contact simultané entre les trois corps (voir figure). Il peut aussi s'agir de l'angle entre deux interfaces liquide-air dans le cas de deux liquides non miscibles en contact. Sa valeur est déterminée par les forces de capillarité (▷ *tension superficielle*, *relation de Young*). Les notions d'angle de contact et de tension superficielle furent introduites en 1804 par Thomas Young (1773–1829).

▷ *Determination of contact angle from the maximum height of enlarged drops on solid surfaces*; F. Behroozi; American Journal of Physics **80** (2012) p. 284

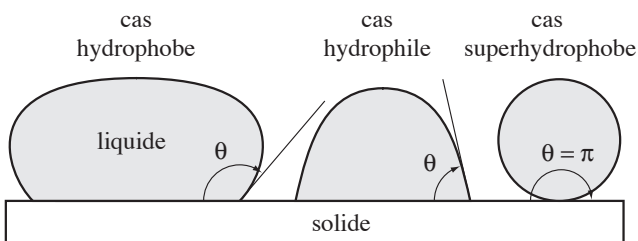


FIGURE 8 – angle de contact – Exemples de gouttes liquides posées sur un support solide, avec illustration des diverses possibilités pour l'angle de contact θ .

angle de déviation (angl. *deviation angle*) Angle que fait un rayon lumineux émergeant d'un système optique (par exemple un prisme) avec le rayon incident qui lui a donné naissance.

angle de diffusion (angl. *scattering angle*) Angle qui mesure la déviation de la trajectoire d'une particule

incidente en raison de son interaction avec une cible (pour un exemple, voir la diffusion de Rutherford).

angles d'Euler [Math.] (angl. *Euler angles*)  Ensemble de trois angles introduits par Leonhard Euler (1707–1783) et servant à définir l'orientation spatiale d'un solide ou d'un référentiel par rapport à un trièdre cartésien de référence. L'angle ψ est appelé la **précéssion**, l'angle θ la **nutatation** et l'angle ϕ la **rotation propre** [voir la figure, notamment la sous-figure (d) sur laquelle tous les angles apparaissent]. Les deux premiers permettent de décrire la direction d'un axe lié au solide, et le dernier représente la rotation du solide autour de cet axe. Il existe plusieurs conventions légèrement différentes quant à la définition précise des angles. En particulier, on peut les définir en imaginant que c'est le solide qui subit les rotations (comme ici) ou bien que ce sont les axes du référentiel.

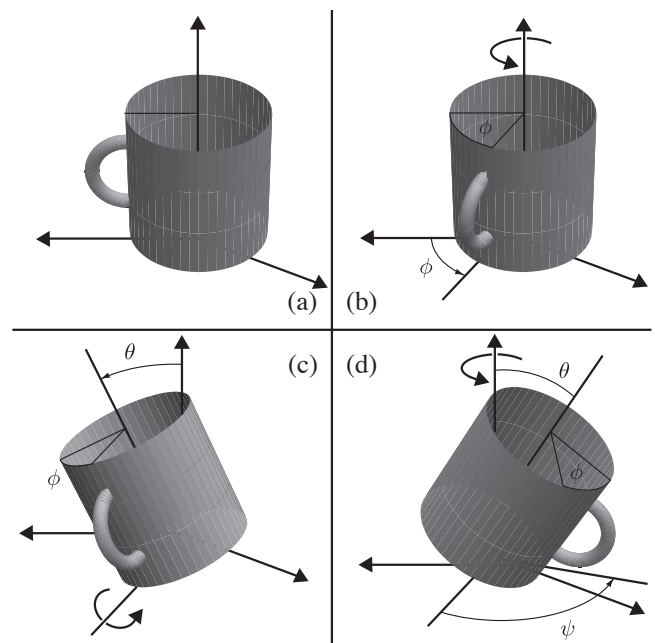


FIGURE 9 – angles d'Euler – Suite des rotations d'angle ϕ , θ et ψ qui permettent d'amener un solide (ici une tasse) d'une position de référence (a) à la position finale (d). Les angles d'Euler qui amènent le repère lié au solide au repère de référence valent alors $-\phi$, $-\theta$ et $-\psi$.

angle horaire [Astro.] (angl. *hour angle*)  Longitude d'un astre dans un repère équatorial local en prenant comme direction d'origine celle du méridien local. L'angle horaire varie au cours du temps même pour un astre fixe, de par la rotation de la Terre. Il est compté positivement vers l'ouest. L'angle horaire d'un astre est égal à la différence entre l'angle horaire du point vernal et l'ascension droite de l'astre (▷ *coordonnées équatoriales*).

angle d'incidence (angl. *angle of incidence*) Angle entre un rayon incident arrivant sur une surface et la

normale à cette dernière considérée au point d'incidence. Dans le cas d'une onde, il s'agit de l'angle entre le vecteur d'onde et la normale à la surface (▷ *lois de Snell-Descartes*).

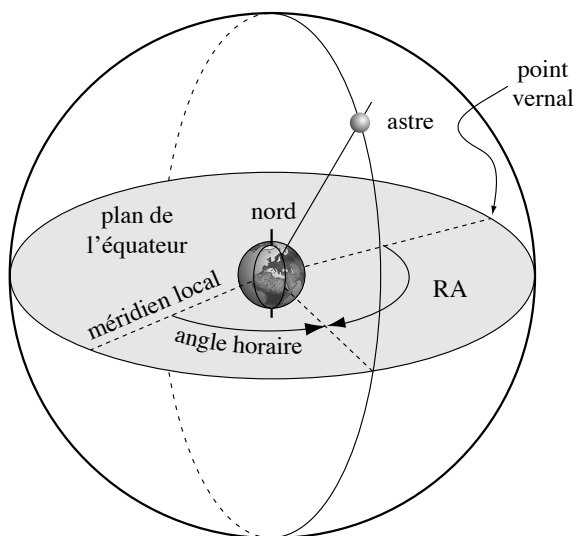


FIGURE 10 – angle horaire – Le méridien local passe par la position de l'observateur. L'angle horaire permet à ce dernier de repérer la position de l'astre dans le ciel. L'angle RA indique l'ascension droite.

angle isoplanaire [Opt.] (angl. *isoplanatic angle*)

Angle sous lequel on voit, depuis le sol, les parties du ciel dont les images sont affectées de la même façon par les turbulences atmosphériques. Les images des objets séparés d'un angle inférieur à l'angle isoplanaire peuvent être corrigées par une même déformation du miroir en optique adaptative. Cet angle est de l'ordre de quelques secondes d'arc dans le visible et de la minute d'arc en infrarouge.

angle de Mach [Méca. des fluides] (angl. *Mach angle*)

Angle θ défini par la relation $\sin \theta \equiv 1/M$ où M désigne le nombre de Mach associé à un mouvement ou un écoulement supersonique ($M > 1$). C'est l'angle d'ouverture du cône que forme l'onde de choc produite lors du mouvement supersonique d'un corps. Pour la figure, ▷ *cône de Mach*.

angle orienté [Math.]

Angle muni d'un signe positif ou négatif, après le choix d'une convention d'orientation. Ils sont représentés par un arc de cercle muni d'une flèche. Dans la **convention trigonométrique**, les angles sont positifs si la flèche pointe dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et négatifs sinon (▷ *sens trigonométrique*).

angle plan (angl. *plane angle*) Les mathématiciens fournissent de nombreuses définitions de la notion fondamentale d'angle plan (ou simplement **angle**), et nous

allons ici n'en énoncer qu'une seule : l'angle α entre deux directions peut être défini comme le rapport $\alpha \equiv \ell/r$ entre la longueur ℓ d'un arc de cercle qu'elles délimitent et le rayon r de cet arc. Il s'agit donc d'une grandeur sans dimension physique que l'on mesure, compte tenu de la définition donnée ici, en radians (rad), un angle droit ayant une valeur de $\pi/2$ radians. On peut exprimer les angles en d'autres unités, notamment en degrés ($^\circ$), un angle droit valant 90° . Les angles sont définis à 2π rad près ou à 360 degrés près. En munissant le plan d'un sens de rotation positif, on peut définir le signe d'un angle, selon le sens de la rotation qui amène la première direction sur la deuxième. On parle alors d'**angle orienté**. Par convention, les angles sont comptés positivement s'ils sont associés à une rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Pour un solide rigide ou un référentiel en rotation autour d'un axe, l'orientation par rapport à un référentiel fixe peut être définie par un angle, et l'on parle donc parfois de **position angulaire**. La variation temporelle de cette position est appelée vitesse angulaire, souvent notée ω ou Ω . Dans de nombreuses situations physiques pour lesquelles les angles sont petits, on peut avoir recours à une approximation importante : ▷ *approximation des petits angles*. Le concept d'angle se généralise pour les dimensions supérieures, en particulier dans l'espace tridimensionnel : ▷ *angle solide*.

angle de polarisation [Ondes] (angl. *polarization angle*)

Pour une onde polarisée elliptiquement, angle que fait la direction du grand axe avec l'axe des abscisses, mesuré dans le sens anti-horaire. Pour une onde polarisée circulairement il n'est pas défini. Il est relié à l'une des coordonnées de la sphère de Poincaré.

angle de réflexion (angl. *reflection angle*)

En optique géométrique, angle entre le rayon lumineux réfléchi par une surface et la normale à la surface au point où se produit la réflexion (▷ *lois de Snell-Descartes*). Dans le cas d'une onde, il s'agit de l'angle entre le vecteur d'onde de l'onde réfléchie par une surface et la normale à cette surface.

angle de réfraction (angl. *refraction angle*)

En optique géométrique, angle entre le rayon lumineux réfracté par un dioptré et la normale au dioptré au point où se produit la réfraction (▷ *lois de Snell-Descartes*). Dans le cas d'une onde, il s'agit de l'angle entre le vecteur d'onde de l'onde réfractée et la normale au dioptré.

angle de réfraction limite [Opt.] (angl. *critical angle*)

Dans le cas de la réfraction sur un dioptré plan, angle d'incidence maximal que peut avoir un rayon lumineux incident pour qu'il y ait réfraction si le milieu d'origine a un indice optique supérieur à l'autre milieu. On l'appelle aussi **angle limite** ou **angle de réflexion totale**. Il vérifie

$$\sin \theta_\ell = \frac{n_2}{n_1},$$

où n_1 et $n_2 < n_1$ désignent respectivement les indices du milieu incident et du milieu émergent. Un rayon ayant

un angle d'incidence supérieur à θ_ℓ est totalement réfléchi. ▷ *réflexion totale*.

angle solide (angl. *solid angle*) [FIG] De la même façon qu'un arc de cercle de rayon r et de longueur ℓ sous-tend un angle $\alpha = \ell/r$ depuis le centre, une portion de sphère de surface S sous-tend un angle solide $\Omega = S/r^2$ depuis le centre. L'angle solide, exprimé en stéradians, est donc l'extension de la notion d'angle en deux dimensions, et caractérise la surface apparente d'un objet. Ainsi, une surface entourant totalement l'observateur occupe un angle solide $\Omega = 4\pi$, alors qu'un objet qui sous-tend un cône d'ouverture angulaire α occupe un angle solide $\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha)$. Notons enfin que l'élément de volume en coordonnées sphériques peut s'écrire $d^3V = r^2 dr d\Omega$, où $d\Omega$ désigne l'angle solide élémentaire et vaut $d\Omega = \sin \theta d\theta d\phi$.

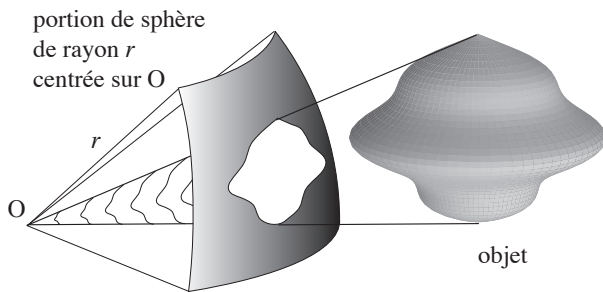


FIGURE 11 – angle solide – Depuis le point O , l'objet représenté a la même taille apparente que celui découpé sur la sphère de rayon r : ils correspondent au même angle solide, défini comme la surface sur la sphère divisée par r^2 .

angle de Thomson [Électromag.] (angl. *Thomson angle*) Angle indiquant la direction dans laquelle une onde diffusée par un corps a un degré de polarisation maximal. Pour des sphères parfaitement conductrices et de diamètre très inférieur à la longueur d'onde, cet angle vaut 60° .

angle de Weinberg [Phys. des part.] (angl. *Weinberg angle*) Angle θ_W , aussi nommé **angle de mélange électrofaible**, qui intervient dans la description de l'interaction électrofaible due à Glashow, Weinberg et Salam. Il s'agit de l'angle qui paramètre le mélange des champs de jauge électriquement neutres, W^3 l'un des générateurs du groupe $SU(2)$ et B le générateur du groupe $U(1)$, par la brisure de la symétrie initiale $U(1) \times SU(2)$, menant ainsi au photon et au boson Z^0 (▷ *mécanisme de Higgs*). On a

$$\begin{pmatrix} Z^0 \\ A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_W & -\sin \theta_W \\ \sin \theta_W & \cos \theta_W \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} W^3 \\ B \end{pmatrix},$$

où A est le photon. Il apparaît également dans la relation entre les masses des bosons $W^\pm$ et Z^0 : $m_W = m_Z \cos \theta_W$. Comme pour toutes les grandeurs intervenant en théorie quantique des champs, la valeur précise

de l'angle de Weinberg dépend de l'énergie des particules considérées, mais, aux énergies usuellement rencontrées, elle est de l'ordre de $\sin^2 \theta_W \approx 0,23$. ▷ *renormalisation*.

ångström [Å] (angl. *angstrom*) Unité de longueur (symbole Å) égale à 10^{-10} m, nommée ainsi en l'honneur du physicien suédois Anders Jonas Ångström (1814–1874) qui le définit de cette manière en 1868 et qui l'utilisa dans le domaine de la spectroscopie, dont il fut l'un des fondateurs. Une si petite distance caractéristique nécessitant autrefois une définition plus précise que celle du mètre (basée jusque 1960 sur le mètre-étalon), l'**ancien ångström** fut défini en 1906 de façon telle que la raie rouge du cadmium ait pour longueur d'onde dans le vide exactement 6438,4696 Å. La redéfinition (spectroscopique) du mètre en 1960 écarta cet ancien ångström de la valeur 10^{-10} m tout en devenant suffisamment précise pour que l'ångström moderne, soit exactement un dix-milliardième de mètre, puisse être adopté, ce qui fut fait à cette même date. En plus d'être adaptée à la spectroscopie (la partie visible du spectre électromagnétique s'étale d'environ 4000 à environ 7000 ångströms), c'est une unité également utile pour exprimer la taille des atomes, laquelle vaut entre quelques dixièmes d'ångström (hydrogène) à quelques ångströms pour les plus volumineux (▷ *rayon atomique*).

anharmonique (angl. *anharmonic*) Qualifie un potentiel ou un mouvement non harmonique. Par exemple, le pendule pesant est un oscillateur anharmonique. Ce n'est que dans la limite des oscillations de faible amplitude que l'on peut l'assimiler à un oscillateur harmonique. L'anharmonicité du potentiel auquel sont soumis les atomes d'un cristal est responsable du phénomène de dilatation thermique (▷ *dilatation thermique*).

- ▷ *Large amplitude simple pendulum* : A. Fourier analysis ; R. Simon, R. P. Riesz ; American Journal of Physics **47** (1979) p. 890
- ▷ *Comments on Fourier analysis of the simple pendulum* ; Donald E. Hall ; American Journal of Physics **49** (1981) p. 792
- ▷ *Small oscillations which are not harmonic* ; A. Rondeaux ; American Journal of Physics **52** (1984) p. 618
- ▷ *Inharmonicité des modes d'oscillation des cordes vibrantes* ; Christophe Hernandez, Claude Le Breton ; Bulletin de l'Union des Physiciens **904** (2008) p. 667

anion (angl. *anion*) Ion chargé négativement. Il s'agit donc d'un atome ayant gagné un ou plusieurs électrons, par rapport à sa configuration neutre. Par exemple, l'ion Cl^- est un anion.

anisotrope (angl. *anisotropic*) Qualifie une propriété d'un système physique ou d'une théorie qui n'est pas la même dans toutes les directions de l'espace (▷ *optique anisotrope*). Par exemple, une structure feuilletée, comme un empilement de feuilles de papier, est anisotrope. De même, un cristal nématique est anisotrope, car ses propriétés optiques et mécaniques sont différentes selon que l'on s'intéresse à une direction parallèle à celle des chaînes moléculaires qui le composent, ou à une direction perpendiculaire. À ne pas confondre avec

« inhomogène ». Le cristal nématique et l'empilement de feuilles évoqués plus haut fournissent un exemple de milieux homogènes mais anisotropes.

anisotropie magnétique [Magnét.] (angl. *magnetic anisotropy*) Alignement préférentiel de l'aimantation spontanée selon des axes ayant une orientation particulière par rapport au réseau cristallin. Cet effet a été mis en évidence dès 1896 par Pierre Weiss (1865–1940) dans la magnétite.

anneau de Du Noüy [Méca. des fluides] (angl. *Du Noüy ring*) Dispositif permettant de mesurer la tension superficielle γ d'un liquide. Il est constitué d'un anneau de platine, de rayon intérieur R_i et de rayon extérieur R_e , que l'on plonge dans le liquide puis que l'on retire. On mesure la force maximale F_m exercée par le liquide lors de cette seconde phase. On en déduit γ en utilisant la relation

$$F_m = \frac{2\pi\gamma(R_i + R_e)}{c},$$

où c désigne un facteur correctif dépendant de la géométrie détaillée de l'anneau utilisé.

anneau d'Einstein [Astro.] (angl. *Einstein ring*) Image circulaire obtenue par effet de lentille gravitationnelle lorsque l'objet observé et l'objet déflecteur sont parfaitement alignés avec l'observateur. Leur existence fut prédite en 1924 par Otto Chowlsn, puis redécouverte en 1936 par Albert Einstein (1879–1955). Le premier d'entre eux fut observé en 1985.

anneaux de Newton [Opt.] (angl. *Newton rings*) Figure de diffraction obtenue lorsqu'un dioptre sphérique est placé en contact avec un dioptre plan. Ces deux dioptres délimitent une lame d'air dont l'épaisseur augmente avec la distance au point de contact, ce qui produit des anneaux d'interférence (colorés si l'on éclaire en lumière blanche). C'est un exemple facilement observable de franges d'égale épaisseur. Ce phénomène fut observé pour la première fois en 1664 par Robert Hooke (1635–1703) puis étudié en détail par Sir Isaac Newton (1643–1727). Ces premières observations du phénomène d'interférence ont nourri les interrogations sur la nature de la lumière. Newton en proposa une explication, dans le cadre de sa théorie corpusculaire de la lumière (▷ *théorie des accés*). Celle-ci restant bien moins convaincante que sa mécanique, il fallut cependant attendre le développement de l'optique ondulatoire pour avoir une compréhension claire et précise du phénomène.

anneau planétaire [Astro.] (angl. *planetary ring*) Structure en anneau, constituée de particules solides, entourant certaines planètes du Système solaire. Le cas le plus spectaculaire est celui de Saturne (▷ *anneaux de Saturne*), dont la stabilité suscita des débats dès le XIX^e siècle. Les planètes Jupiter, Neptune et Uranus possèdent aussi des anneaux, beaucoup plus ténus et difficiles à observer.

▷ *Les anneaux de Neptune* ; Bruno Sicardy ; La Recherche **261** (1994) p. 22

▷ *Les anneaux dans le Système solaire* ; James Pollack, Jeffrey Cuzzi ; Dossier Pour la Science **23** (1999) p. 100

▷ *Les seigneurs des anneaux* ; Joseph Burns, Douglas Hamilton, Mark Showalter ; Dossier Pour la Science **34** (2003) p. 72

anneaux de Saturne [Méca.] (angl. *Saturn rings*) Structure spectaculaire entourant la planète Saturne. Ces anneaux s'étendent radialement de 67 000 km à plus de 400 000 km, avec une épaisseur de quelques mètres pour les deux anneaux les plus brillants. Nous en disposons aujourd'hui de photographies *in situ*, grâce notamment à la sonde Cassini. Ils sont constitués de cailloux dont la taille s'étend de quelques millimètres à quelques mètres (avec quelques rochers plus gros). Certaines questions liées à l'origine et à la stabilité des anneaux restent encore ouvertes. La structure entourant Saturne fut découverte en 1610 par Galilée (1564–1642), mais sa forme d'anneau ne fut observée qu'en 1659, par Christiaan Huygens (1629–1695). La question de sa nature et de sa stabilité a préoccupé de nombreux savants. En particulier, James Maxwell (1831–1879) montra en 1855 que ces anneaux devaient nécessairement être constitués de particules indépendantes, et non d'un solide ou d'un fluide, pour des raisons de stabilité. Cette étude le conduisit aux réflexions ultérieures sur la théorie cinétique des gaz, pour laquelle il est plus connu.

▷ *[Quick Study] Saturn's Dynamical Rings* ; Carl D. Murray ; Physics Today **60** (2007) p. 74

anneau de stockage [Phys. des part.] (angl. *storage ring*) Anneau dans lequel des particules sont guidées sur des trajectoires circulaires grâce à des aimants de courbure. En raison des pertes d'énergie par rayonnement synchrotron, ces particules doivent être continuellement guidées pour garder la même trajectoire. L'intérêt de ces anneaux est multiple puisqu'en plus de pouvoir servir de sources de rayonnement synchrotron, ils permettent de garder des particules disponibles en attente d'une injection dans un collisionneur ou un accélérateur de particules, ce qui explique le nom « anneau de stockage ».

année (angl. *year*) Unité de temps correspondant à la durée d'une révolution de la Terre, et par extension de tout corps du Système solaire, sur son orbite autour du Soleil. Il existe une ambiguïté sur la façon de définir le retour de la planète à son point de départ, ce qui se traduit par plusieurs définitions de l'année :

– l'**année tropique**, **année solaire** ou **année des saisons**, désigne la durée qui sépare deux équinoxes de printemps. En 2000, elle durait environ 365,242 190 jours SI (soit 365 j 5 h 48 min 46 s) et s'allonge de 5 ms par an, car la position des équinoxes change d'une année à l'autre. Cette définition, introduite par Hipparque (-190–120) après sa découverte de la précession des équinoxes, reflète le retour périodique des saisons terrestres et est donc celle couramment utilisée ;

- l’**année anomalistique** désigne la durée écoulée entre deux passages d’une planète par son périhélie. Pour la Terre, elle durait en l’an 2000 environ 365,259 635 jours SI, soit 365 j 6 h 13 min 52 s ;
- l’**année écliptique**, ou **année draconitique**, désigne la durée entre deux passages du Soleil par un point appelé nœud lunaire ascendant. En 2000, elle valait 346,620 075 jours SI (346 j 14 h 52 min 54 s) ;
- l’**année sidérale** désigne la durée entre deux passages consécutifs du Soleil devant une étoile donnée. Elle dure environ 365,256 363 jours SI (soit 365 j 6 h 9 min 10 s).

Par souci de simplicité, on utilise donc souvent l’**année julienne**, définie comme exactement 365,25 jours durant chacun 86 400 secondes, soit un total de

$$31\,557\,600\,\text{s} \approx 3,16 \times 10^7\,\text{s}.$$

▷ *Astronomical meaning of a tropical year* ; Reuben Benumof ; American Journal of Physics **47** (1979) p. 685

année-lumière [al] (angl. *light-year*) TAB Unité de distance (notée al) astronomique définie comme le produit entre la vitesse de la lumière *c* et la durée d’une année julienne (▷ *année*), *t* = 31 557 600 s. Elle est reliée au Système International d’unités par

$$1\,\text{al} \approx 0,946 \times 10^{16}\,\text{m}.$$

C’est la distance parcourue par la lumière en un an. Il s’agit bien d’une unité de longueur et non de temps, même si le nom peut prêter à confusion. On utilise aussi parfois, de manière analogue, la seconde-lumière, la minute-lumière (plus rare), etc. On notera que pour parler de distances internes au Système solaire, il est courant d’employer l’unité astronomique, et que, pour repérer des objets situés hors de celui-ci, les astronomes préfèrent souvent une unité un peu différente, le parsec.

objet	distance
Lune	1,3 seconde-lumière
Soleil	8 minutes-lumière
Jupiter	35 minutes-lumière
Neptune	4 heures-lumière
Nuage d’Oort	0,8 al
étoiles proches	quelques al
centre galactique	25×10^3 al
galaxie d’Andromède	$2,4 \times 10^6$ al
Univers visible	$\sim 50 \times 10^9$ al

TABLE 4 – *Quelques distances en années-lumière ou unités similaires. Dans le cas de Jupiter et Neptune les distances sont par rapport au Soleil.*

annihilation [Phys. des part.] (angl. *annihilation*) Disparition d’une paire de particules (souvent une particule et son antiparticule) au cours d’une interaction qui conduit à la création d’autres particules. Par exemple,

un électron et un positon peuvent s’annihiler pour donner des photons, deux ou trois selon l’état de spin de la paire initiale. Entre autres choses, ce phénomène est utilisé en physique des matériaux pour sonder les bandes d’énergie électroniques des solides et en imagerie dans les tomographes à émission de positons. Il joue aussi un rôle fondamental en cosmologie, la matière constituant le monde qui nous entoure ayant survécu à l’annihilation d’une quantité beaucoup plus grande d’antimatière et de matière, cette dernière ayant apparemment été en très léger excès dans l’Univers primordial (▷ *baryogénèse*).

anode [Électric.] (angl. *anode*) Borne d’un dipôle électrique par laquelle entre un courant électrique, c’est-à-dire depuis laquelle des électrons sont envoyés vers l’extérieur. Il s’agit de la borne négative pour une pile servant de générateur dans un circuit, et de la borne positive pour une pile en train d’être rechargée. Dans un tube à vide, l’anode est l’électrode qui capte les électrons émis par le filament chauffé, à l’intérieur du dispositif. Vu depuis l’extérieur, il s’agit donc bien de la borne de laquelle sortent les électrons. L’autre borne du dipôle s’appelle la cathode. Le terme « anode » fut introduit en 1839 par Michael Faraday (1791–1867), sur une suggestion de William Whewell (1794–1866), la racine du mot anode signifiant « vers le haut », ce qui évoquait l’est (la direction du soleil levant). En effet, Faraday et Whewell remarquèrent que le courant qui produirait le champ magnétique terrestre circulerait de l’est vers l’ouest. Dans une cuve à électrolyse, un courant circule de l’anode vers la cathode. Faraday adopta donc un terme évoquant la direction de l’est pour l’anode et un terme évoquant celle de l’ouest pour la cathode.

▷ *[Notes and Discussions] Michael Faraday and His Words Anode and Cathode* ; H. George Hammon, III ; American Journal of Physics **42** (1974) p. 419

anomal (angl. *anomalous*) Terme employé pour désigner un phénomène lié à une anomalie. L’usage le remplace souvent par le terme « anormal ». Par exemple, on trouve dans la littérature mention du « moment magnétique anomal » de l’électron et de son « moment magnétique anormal », pour désigner la même quantité.

anomalie (angl. *anomaly*) ► **1.** [Quant.] En physique des particules, on appelle anomalie la quantité $(g - 2)/2$, où *g* désigne le facteur de Landé associé au spin d’une particule. C’est l’écart à la valeur « normale » *g* = 2 prédite par la théorie de Dirac (▷ *moment magnétique anormal*). Il a pour origine physique les fluctuations quantiques du champ électromagnétique, la contribution principale étant décrite par un diagramme de Feynman en triangle typique des « anomalies » au sens suivant du terme. ► **2.** [Quant.] Situation dans laquelle une symétrie d’un système classique est perdue dans la description quantique de son évolution. En particulier, dans les cas où la symétrie est associée à un courant (▷ *théorème de Noether*), la présence d’une anomalie indique que ce courant n’est pas conservé dans la

théorie quantique. La pertinence physique des anomalies est illustrée par leur rôle dans l'explication de certains phénomènes, comme par exemple la désintégration du pion neutre selon la réaction $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$, qui ne sont pas possibles en l'absence d'anomalie. Dans le cadre du modèle standard de la physique des particules, un certain type d'anomalie revêt un intérêt particulier : celles associées à de possibles violations quantiques des symétries de jauge ($\triangleright$ *interaction de jauge*). Elles conduisent à l'apparition d'états de norme négative et à de possibles inconsistances de la théorie. Il a toutefois été démontré que le modèle standard de la physique des particules vérifie certaines conditions, portant notamment sur le nombre de particules qu'il contient, qui assurent l'absence d'anomalies de jauge. $\blacktriangleright$ **3.** [Astro.] FIG Angle caractérisant la position d'un corps en orbite elliptique par rapport à son périastre. On distingue :

- l'**anomalie vraie** θ_v : c'est l'angle, mesuré au foyer, entre la direction du périastre et celle de la position actuelle ;
- l'**anomalie excentrique** θ_e : c'est l'angle mesuré depuis le centre de l'ellipse, entre la direction du périastre et le point obtenu en projetant la position actuelle sur le cercle circonscrit à l'ellipse (voir figure) ;
- l'**anomalie moyenne** θ_m : c'est l'angle que l'on mesurerait depuis le centre si l'orbite était parcourue à vitesse angulaire constante. Il ne repère donc pas la position observée mais exprime plutôt la fraction de la période écoulée depuis le passage au périastre.

En conclusion, les diverses anomalies sont des grandeurs qui caractérisent un déplacement réel (elliptique dans un modèle keplerien/copernicien) en fonction de ce qu'il aurait dû être s'il s'était avéré circulaire (ptoléméen). L'anomalie excentrique et l'anomalie moyenne sont reliées par l'équation de Kepler.

- $\triangleright$ *Anomalies for pedestrians* ; Barry R. Holstein ; American Journal of Physics **61** (1993) p. 142
- $\triangleright$ *On scale invariance and anomalies in quantum mechanics* ; A. Cabo, J. L. Lucio, H. Mercado ; American Journal of Physics **66** (1998) p. 240
- $\triangleright$ *Anomalies in quantum mechanics : The $1/r^2$ potential* ; Sidney A. Coon, Barry R. Holstein ; American Journal of Physics **70** (2002) p. 513

anomalie de Kohn [Phys. du solide] (angl. *Kohn anomaly*) Discontinuité de la dérivée de la relation de dispersion $\omega(k)$ des phonons dans les métaux, plus particulièrement lorsqu'ils forment des systèmes de basse dimension. Elle résulte du couplage phonon-électron et fut prédite en 1959 par Walter Kohn (1923–).

anomalie Pioneer (angl. *Pioneer anomaly*) Différence observée entre les trajectoires théorique et effective des deux sondes Pioneer. On la paramètre en général comme une composante non expliquée de leur accélération. Cette composante est dirigée vers l'intérieur du Système solaire et se superpose à l'accélération due à l'attraction newtonienne du Soleil. Différentes hypothèses ont été envisagées pour en rendre compte, comme par exemple une mauvaise modélisation de l'influence des planètes externes, la sous-estimation

de forces d'origine électromagnétique ou la manifestation d'une modification des lois de la gravité à grande distance (cette hypothèse reste aujourd'hui assez marginale), mais aucune n'explique le phénomène de façon satisfaisante d'un point de vue quantitatif. En 2012, divers travaux effectués au Jet Propulsion Laboratory (JPL) suggèrent qu'elle résulte de l'interaction entre le rayonnement thermique émis par les sondes et leurs antennes pointées vers la Terre.

- $\triangleright$ *Étrange attraction* ; Jean-Paul Mbelek ; Dossier Pour la Science **34** (2003) p. 106
- $\triangleright$ *L'étrange trajectoire des sondes Pioneer* ; Jacques-Olivier Baruch ; La Recherche **390** (2005) p. 62
- $\triangleright$ *Study of the Pioneer anomaly : A problem set* ; Slava G. Turyshev, Michael Martin Nieto, John D. Anderson ; American Journal of Physics **73** (2005) p. 1033
- $\triangleright$ *L'anomalie Pioneer enfin expliquée ?* ; Julien Bourdet ; La Recherche **466** (2012) p. 66

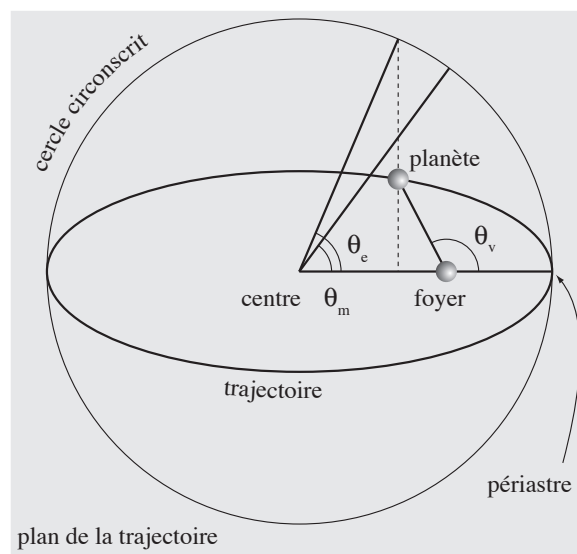


FIGURE 12 – anomalie – Représentation de l'anomalie vraie θ_v , de l'anomalie excentrique θ_e et de l'anomalie moyenne θ_m . Attention, la figure est dessinée dans le plan de la trajectoire, il ne s'agit pas d'une vue en perspective.

anomalie de Schottky [Phys. du solide] (angl. *Schottky anomaly*) Maximum de la courbe représentant la capacité calorifique d'un corps paramagnétique en fonction de $k_B T / \mu_B B$ où B désigne le champ magnétique, T la température, μ_B le magnéton de Bohr et k_B la constante de Boltzmann. Ce maximum correspond aux énergies thermiques qui permettent des transitions entre les différentes orientations des moments magnétiques qui constituent le milieu paramagnétique.

anomalie de volume [Magnét.] Brusque variation du coefficient de dilatation thermique d'un corps ferromagnétique à la traversée du point de Curie. Elle est due au fait que l'apparition de l'aimantation spontanée modifie l'équilibre des forces responsables de la cohésion du solide.

anomalie de Wood [Opt.] (angl. *Wood anomaly*) Augmentation importante de l'intensité lumineuse réfléchie par un réseau diffractant métallique pour certaines longueurs d'onde, d'une manière que n'explique pas la théorie usuelle des réseaux. Cet effet fut découvert en 1902 par Robert Wood (1868–1955), puis Lord Rayleigh (1842–1919) en proposa une explication en 1907, prenant en compte l'existence des ondes évanescentes. Il fallut attendre plusieurs décennies pour qu'il soit expliqué de manière totalement satisfaisante : en 1972, Daniel Maystre (1945–) présenta une théorie vectorielle complète du réseau diffractant qui rendit compte de ce phénomène. Cette explication fait appel à l'excitation de plasmons dans le métal.

ansatz (angl. *ansatz*) De l'allemand Ansatz, qui signifie « approche » ou « début ». Terme fréquemment utilisé en physique ou en mathématiques pour désigner le fait de chercher à résoudre une équation ou un système d'équations en se donnant une forme *a priori* pour la solution (▷ *ansatz de Bethe*).

ansatz de Bethe [Quant.] (angl. *Bethe ansatz*) Ansatz introduit par Hans Bethe (1906–2005) dans l'étude d'un système quantique anti-ferromagnétique unidimensionnel et qui a depuis été généralisé à divers problèmes quantiques à N-corps.

▷ *The Bethe Ansatz After 75 Years* ; Murray T. Batchelor ; Physics Today **60** (2007) p. 36

Antarès [Astro.] Acronyme pour « Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss Environmental Research ». Expérience démarrée en 2006 dans la Méditerranée, à 40 km au large de Toulon et à environ 2500 mètres de fond. Elle est constituée de 12 lignes verticales de détecteurs Cherenkov (environ 1000 photomultiplicateurs), destinées à détecter des neutrinos de haute énergie d'origine extraterrestre et à mesurer leur direction de provenance, en analysant la lumière Cherenkov des muons qu'ils peuvent produire par interaction avec les électrons de l'écorce terrestre. En effet, bien que situé dans l'hémisphère nord, ANTARES pointe vers l'hémisphère sud, utilisant la Terre comme blindage contre la plupart des particules et complétant ainsi les observations d'autres expériences de détection de neutrinos (▷ *IceCube*, *Amanda*). Par ailleurs, ANTARES sert d'ores et déjà pour l'étude d'une partie de la faune sous-marine par détection de la bioluminescence de certaines espèces et pour la géophysique grâce à un sismographe.

▷ *[En images] Un télescope à neutrinos* ; Dossier Pour la Science **62** (2009) p. 58

antenne (angl. *antenna*) Dispositif servant à émettre ou à recevoir des ondes électromagnétiques, en particulier dans le domaine des ondes radio, hertziennes et centimétriques (▷ *radar*). Les antennes émettrices sont généralement constituées d'un élément parcouru par un courant variable responsable d'une émission dipolaire. Elles sont alors reliées à un circuit électronique qui contrôle ce courant.

▷ *The receiving antenna* ; Reuben Benumof ; American Journal of Physics **52** (1984) p. 535

▷ *How an antenna launches its input power into radiation : The pattern of the Poynting vector at and near an antenna* ; J. D. Jackson ; American Journal of Physics **74** (2006) p. 280

antenne parabolique (angl. *parabolic antenna*) Antenne munie d'un réflecteur de forme paraboloïdale. Celui-ci permet de faire converger le rayonnement reçu depuis une source lointaine au foyer de la parabole (▷ *miroir parabolique*), où l'on place le détecteur, c'est-à-dire l'antenne proprement dite. Ce type d'antenne est aussi appelé plus simplement **parabole**.

antenne Yagi [Électromag.] (angl. *Yagi antenna*) Antenne directionnelle utilisée en réception dans le domaine des ondes hertziennes. On en voit de nombreuses sur le toit des habitations, pour capter les signaux de télévision. Elles sont constituées d'un ensemble de barres métalliques de différentes longueurs, chacune étant plus sensible à une gamme de fréquences particulière. L'antenne Yagi-Uda fut inventée par en 1926 par Shintaro Uda (1896–1976) et Hidetsugu Yagi (1886–1976), ce deuxième jouant apparemment un rôle moins important.

anthropique (principe) (angl. *anthropic principle*) Ce terme, introduit en 1974 par Brandon Carter (1942–), ne désigne pas un véritable principe. Dans sa version la moins discutable, il s'agit de la remarque que nous observons l'Univers depuis la Terre, en un endroit où l'apparition de la vie était possible. Cette remarque impose des contraintes fortes sur les lois physiques possibles et sur les valeurs des constantes fondamentales. En effet, si $\hbar$ et c avaient des valeurs très différentes, la vie telle que nous la connaissons ne serait pas possible. Toutefois, ce type de raisonnement ne permet absolument pas d'*expliquer* pourquoi les constantes fondamentales ont les valeurs observées, il permet seulement de dire que nous ne serions pas là pour en parler si elles avaient été suffisamment différentes.

▷ *The anthropic principle* ; Joe Rosen ; American Journal of Physics **53** (1985) p. 335

▷ *[Resource Letter] AP-1 : The anthropic principle* ; Yuri V. Balashov ; American Journal of Physics **59** (1991) p. 1069

antiatome (angl. *antiatom*) Atome constitué d'antimatière, c'est-à-dire dans lequel un ou plusieurs positons sont liés à un antinoiyeau par la force électrostatique. L'étude de leurs propriétés physiques, en particulier spectroscopiques, permet de tester une éventuelle différence de comportement physique entre matière et antimatière. Des antiatomes d'hydrogène (aussi appelés **antihydrogène**) furent produits pour la première fois en laboratoire en 1995 par l'expérience LEAR au CERN. ▷ *ATRAP*, *ATHENA*, *ALPHA*.

anticommutateur [Math.] (angl. *anticommutator*) L'anticommutateur de deux opérateurs $\hat{A}$ et $\hat{B}$,

noté $\{\hat{A}, \hat{B}\}$ ou $[\hat{A}, \hat{B}]_+$ par analogie avec le commutateur, est défini par

$$\{\hat{A}, \hat{B}\} \equiv \hat{A}\hat{B} + \hat{B}\hat{A}.$$

Quand il est nul, on dit que $\hat{A}$ et $\hat{B}$ anticommulent. Cette notion intervient dans la quantification des systèmes fermioniques (▷ *équation de Dirac, relations d'anticommutation canoniques*).

anticyclone [Méca. des fluides] (angl. *anticyclone*)

Dans le contexte de la météorologie, désigne une région de haute pression par rapport à son entourage. À cause de la force de Coriolis, les masses d'air ne peuvent s'en échapper directement : elles tournent autour du **centre**, ou **œil**, de l'anticyclone dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord et dans le sens opposé dans l'hémisphère sud. Antonyme : ▷ *dépression*.

anti-ferroélectricité (angl. *antiferroelectricity*)

▷ *ferroélectricité*.

anti-ferromagnétisme [Magnét.] (angl. *antiferromagnetism*)

État ordonné d'un milieu magnétique dans lequel les moments magnétiques forment deux réseaux imbriqués dans lesquels ils ont la même norme mais des directions opposées. Un composé anti-ferromagnétique célèbre, l'oxyde MnO, est ainsi constitué d'une alternance de plans dans lesquels les moments des ions Mn^{2+} pointent tous vers le bas et d'autres où ils sont tous orientés vers le haut. L'aimantation globale est donc nulle dans cet état, et l'anti-ferromagnétisme se manifeste par conséquent de manière plus subtile que le ferromagnétisme. On peut par exemple le mettre en évidence en étudiant l'évolution de la susceptibilité magnétique en fonction de la température, celle-ci passant par un maximum lorsque l'on diminue la température. Par ailleurs, les mesures cristallographiques par diffraction de neutrons (dont l'interaction avec les noyaux fait intervenir le moment magnétique) font apparaître des pics de Bragg supplémentaires dans l'état anti-ferromagnétique, du fait du doublement de la maille élémentaire. Les substances anti-ferromagnétiques ne le sont qu'en-dessous d'une température caractéristique appelée température de Néel, du nom du physicien français Louis Néel (1904–2000) qui découvrit ce phénomène en 1932. Au-dessus de cette température, elles deviennent paramagnétiques.

antigravité (angl. *antigravity*) Nom donné à des situations où la force de gravité entre deux objets pourrait être répulsive. Dans le cadre de la physique newtonienne, l'antigravité nécessiterait la présence de masses négatives, qui seraient attirées entre elles mais repoussées par les masses positives usuelles. Cette situation pourrait permettre d'envisager un mouvement perpétuel de première espèce. Dans le cadre de la relativité générale, l'existence d'un champ gravitationnel répulsif n'est pas exclue, et a notamment été étudiée par Hermann Bondi (1919–2005) dans les années 1950. La

source de ce champ devrait toutefois avoir des propriétés très exotiques (par exemple une densité d'énergie négative), qui vraisemblablement ne peuvent pas être réalisées. Cette question fait encore aujourd'hui l'objet de débats. On parle parfois d'antigravitation pour décrire l'effet de la constante cosmologique (ou manière équivalente de celui de l'énergie noire).

▷ *Les voies de l'antigravité* ; Roland Lehoucq ; Dossier Pour la Science **34** (2003) p. 86

antihydrogène [Phys. des part.] (angl. *antihydrogen*)

Système atomique constitué d'un antiproton et d'un positon liés entre eux exactement de la même manière que l'électron est lié au proton dans un atome d'hydrogène. C'est l'anti-atome de l'hydrogène. Son étude expérimentale permet de tester la symétrie des lois de la physique et de vérifier que l'antimatière obéit aux mêmes lois que la matière (▷ *ALPHA, ATRAP*).

▷ *[Quick Study] Slow antihydrogen* ; Gerald Gabrielse ; Physics Today **63** (2010) p. 68

▷ *ALPHA collaboration gets antihydrogen in the trap* ; Jeffrey Hangst ; (2011)

antimatière [Phys. des part.] (angl. *antimatter*)

Nom générique donné aux antiparticules et aux systèmes qui en sont composés (par exemple, l'atome d'antihydrogène). ▷ *voir encadré*.

▷ *Classical antiparticles* ; John P. Costella, Bruce H. J. McKellar, Andrew A. Rawlinson ; American Journal of Physics **65** (1997) p. 835

▷ *Le miroir brisé de l'antimatière* ; Italo Mannelli ; Pour la Science **303** (2003) p. 86

▷ *L'usine à antimatière* ; Cécile Michaut ; La Recherche **361** (2003) p. 60

▷ *The Asymmetry Between Matter and Antimatter* ; Helen R. Quinn ; Physics Today **56** (2003) p. 30

▷ *L'antimatière questionne toujours le Big Bang* ; Franck Daninos ; La Recherche **382** (2005) p. 52

▷ *[Dossier] La traque de l'antimatière* ; La Recherche ; La Recherche **450** (2011) p. 40

antimoine (angl. *antimony*) Élément (symbole Sb)

de numéro atomique $Z = 51$ (structure électronique $[\text{Kr}]5s^24d^{10}5p^3$). La racine latine du mot « antimoine » signifie « qui n'est pas seul », cet élément se trouvant de fait généralement associé à d'autres, à l'état naturel. Son symbole provient quant à lui du mot *stimmì* qui désignait un composé contenant de l'antimoine. Masse volumique : $6\,697 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

▷ *[Histoire des Sciences] Confessions sur l'antimoine* ; Raymond Bauduin, Olivier Fraisse ; Bulletin de l'Union des Physiciens **907** (2008) p. 1197

antineutron [Phys. des part.] (angl. *antineutron*)

Antiparticule du neutron, notée $\bar{n}$. C'est un fermion (hadron) neutre de spin $1/2$ et de même masse que le neutron. On l'observa au LBL en 1956, soit un an après l'antiproton, grâce à des collisions proton-antiproton conduisant à des réactions

$$p + \bar{p} \rightarrow n + \bar{n}.$$

antimatière [Phys. des part.] En 1931, Paul Dirac (1902–1984) résolut certains problèmes conceptuels de la mécanique quantique relativiste en introduisant une fonction d'onde à quatre composantes, dont deux décrivent l'électron (avec ses deux états de spin) et les deux autres une particule de charge positive (▷ *équation de Dirac*). Il supposa dans un premier temps qu'il s'agissait du proton, puis postula l'existence d'une nouvelle particule, de même masse que l'électron mais de charge opposée, appelée le **positon**, et observée dès 1932 par Carl Anderson (1905–1991). Cette particule, associée de façon intime à l'électron (ce sont deux parties du même spineur de Dirac), est qualifiée d'**antiparticule** de l'électron. On sait aujourd'hui qu'à toute particule est associée une antiparticule par la symétrie de conjugaison de charge C, certaines antiparticules étant toutefois identiques à la particule, comme c'est le cas pour le photon, et peut-être pour les neutrinos (▷ *particule de Majorana*). Les antiparticules sont collectivement appelées antimatière, et, dans le cadre de la théorie quantique des champs relativiste, on montre même que l'existence de l'antimatière a un lien crucial avec le principe de causalité. Notre Univers semble constitué principalement de matière, mais on y trouve une petite quantité d'antimatière, qui est produite par deux types de processus :

- la radioactivité β^+ qui génère des positons, les éléments radioactifs qui peuvent se désintégrer de cette façon étant eux-mêmes produits par activation ou par nucléosynthèse ;
- les interactions de haute énergie qui peuvent conduire à toutes sortes d'antiparticules, comme par exemple les collisions ou la conversion d'un photon en paire électron-positon.

Les positons découverts par Anderson provenaient de collisions entre des rayons cosmiques et des noyaux de l'atmosphère terrestre, mais, aujourd'hui, on détecte directement des positons et des antiprotons dans les rayons cosmiques au-dessus de l'atmosphère terrestre. Mises en présence l'une de l'autre, une particule et une antiparticule peuvent s'annihiler, c'est-à-dire disparaître en donnant naissance à d'autres particules, notamment des photons. On détecte ainsi la présence de positons par l'intermédiaire des photons gamma qu'ils émettent dans une raie à 511 keV lorsqu'ils s'annihilent avec des électrons. Par exemple, on a pu montrer que les éruptions solaires, les jets relativistes, mais aussi le centre de notre galaxie, contiennent des positons grâce à l'observation de cette raie qui a également une grande importance en imagerie médicale (▷ *tomographe à émission de positons*). Des expériences ont par ailleurs réussi à assembler des antiatomes d'hydrogène, constitués d'un antiproton (le noyau) et d'un positon, qui permettent de tester les lois physiques auxquelles obéit l'antimatière. En particulier, la mesure des raies spectrales de l'antihydrogène permet de tester la prédiction théorique selon laquelle l'antimatière et la matière obéissent aux mêmes lois électromagnétiques, ce qui semble vérifié. En revanche, alors qu'une particule d'antimatière a généralement la même stabilité que la particule de matière à laquelle elle est associée (par exemple l'antiproton et le positon sont stables alors que l'antineutron et l'antimuon sont instables), on observe une différence de comportement entre particules et antiparticules dans le domaine des interactions faibles, et on soupçonne qu'il en est de même pour les interactions fortes (▷ *violation de CP*). Ces questions intéressent vivement les cosmologistes, qui ne parviennent pas à expliquer le fait que notre Univers soit aujourd'hui principalement constitué de matière, alors que l'on a de nombreuses raisons de penser que l'équilibre matière/antimatière était réalisé à mieux que 1 pour 10^{10} dans l'Univers primordial (▷ *conditions de Sakharov*).

L'antineutron est constitué de deux antiquarks $\bar{d}$ et d'un antiquark $\bar{u}$, ce qui lui confère un moment magnétique opposé à celui du neutron même si tous deux ont une charge électrique nulle : le neutron et l'antineutron sont bien des particules différentes.

antiparallèle (angl. *antiparallel*) Qualifie deux vecteurs colinéaires mais de sens opposés, en particulier dans le cas où ces vecteurs représentent un moment magnétique ou un moment cinétique. Dans ce sens, ce terme s'oppose à « parallèle ». On parle aussi de spins antiparallèles lorsque les composantes j_z de deux systèmes de spin 1/2 sont opposées, c'est-à-dire valent $+1/2$ et $-1/2$.

antiparticule [Phys. des part.] (angl. *antiparticle*) Particule associée à une autre ayant des propriétés très similaires (même masse, même spin), mais dont certains nombres quantiques sont opposés, en particulier la charge électrique. Plus précisément, l'antiparticule se déduit de la particule par conjugaison de charge. Par

exemple, l'antiparticule de l'électron possède une charge positive, on l'appelle positon. Dans certains cas, l'antiparticule et la particule sont rigoureusement identiques et il n'y a pas lieu de parler d'antiparticule. C'est le cas du photon, mais pas de l'antineutron. Les antiparticules peuvent se combiner (de la même façon que les particules) pour former de l'antimatière.

▷ *Classical antiparticles* ; John P. Costella, Bruce H. J. McKellar, Andrew A. Rawlinson ; *American Journal of Physics* **65** (1997) p. 835

antiproton [Phys. des part.] (angl. *antiproton*) Antiparticule associée au proton. C'est un fermion (hadron) de spin 1/2, de charge électrique négative et de même masse que le proton. Il est constitué de deux antiquarks $\bar{u}$ et d'un antiquark $\bar{d}$. Il fut découvert expérimentalement au bevatron en 1955, ce qui valut le prix Nobel de physique 1959 à Emilio Segrè (1905–1989) et Owen Chamberlain (1920–2006). La création d'antiprotons au sein des collisionneurs de particules est désormais devenue routinière, et des atomes d'antihydrogène dans lesquels les antiprotons sont associés à des positons ont

même été produits au CERN à partir de 1995 (▷ *décélérateur d'antiprotons*). Des réactions à haute énergie ayant lieu dans l'Univers génèrent également des antiprotons, que l'on observe à l'état naturel dans certains rayons cosmiques. L'antiproton est une particule aussi stable que le proton, même si le temps de vie d'un antiproton dans un milieu contenant des protons (l'air ou même l'espace interstellaire) est limité par les interactions proton-antiproton qui peuvent conduire à l'annihilation de la paire. Des utilisations médicales de cette dernière réaction sont envisagées.

▷ *The negative proton : Its earliest history* ; Helge Kragh ; American Journal of Physics **57** (1989) p. 1034

antisymétrique [Math.] (angl. *antisymmetric*) Qui change de signe sous une certaine symétrie. Par extension, on dit qu'une matrice A est antisymétrique quand ses éléments vérifient $A_{ij} = -A_{ji}$. De manière plus générale, un tenseur T sera dit **antisymétrique par rapport aux indices j et k** si $T_{i_1 \dots j \dots k \dots i_n} = -T_{i_1 \dots k \dots j \dots i_n}$. Un tenseur vérifiant cette propriété pour tout couple d'indices est dit **totalelement antisymétrique** (▷ *symbole de Levi-Civita*).

anyon [Quant.] (angl. *anyon*) État d'un système bidimensionnel pour lequel la fonction d'onde se comporte comme $\psi \rightarrow e^{i\theta}\psi$ lorsque l'on échange deux particules identiques, où θ désigne un angle pouvant prendre n'importe quelle valeur (▷ *plekton*) alors qu'en trois dimensions les seules valeurs permises sont $\theta = 0$ pour les bosons et $\theta = \pi$ pour les fermions (*théorème spin-statistique*). Le terme anyon a été proposé en 1982 par Frank Wilczek (1951–) car ils peuvent avoir n'importe quel (« any » en anglais) spin.

▷ [Actualité] *Ni bosons, ni fermions : les anyons* ; Maurice Mashaal ; La Recherche **228** (1991) p. 114

apériodique (angl. *aperiodic*) Qualifie une évolution ne faisant pas intervenir de période. En particulier, le terme **régime apériodique** désigne le régime dans lequel un oscillateur amorti ne présente aucune oscillation, lorsque l'amortissement est supérieur à l'amortissement critique (▷ *oscillateur amorti*).

apesanteur [Méca.] (angl. *weightlessness*) ▷ *impe-santeur*.

apex [Astro.] (angl. *apex*) Point de la sphère céleste vers lequel est dirigé le mouvement du Système solaire par rapport aux étoiles lointaines. Ce mouvement a été découvert en 1783 par Sir William Herschel (1738–1822). L'apex, aussi appelé **apex solaire**, a pour coordonnées équatoriales

$$\text{RA} = 18^{\text{h}} 28' 0'', \quad \text{dec} = 30^\circ.$$

aphélie [Astro.] (angl. *aphelion*) Point le plus éloigné du Soleil dans la trajectoire elliptique d'un corps en orbite autour de celui-ci (▷ *apoastre*). La distance entre le

corps et le Soleil (parfois appelée **distance aphélique**) vaut alors

$$r = a(1 + e),$$

où a désigne le demi-grand axe et e l'excentricité de l'orbite. La vitesse à l'aphélie est donnée par

$$v = \sqrt{\frac{G_N M_\odot (1 - e)}{a(1 + e)}},$$

où $M_\odot$ désigne la masse du Soleil et G_N la constante de Newton.

aplanat [Opt.] Objectif photographique constitué de deux doublets identiques montés de manière symétrique. Cette configuration l'affranchit de la distorsion, tout en permettant un champ de vue important. Il a été mis en point en 1866 par John Henry Dallmeyer (1830–1883) et fut beaucoup utilisé pour la photographie d'architecture et la reproduction de documents.

aplanétisme [Opt.] (angl. *aplanetism*) Propriété de certains systèmes optiques selon laquelle le stigmatisme est conservé, au moins de manière approchée, lorsque l'on déplace un objet dans un plan perpendiculaire à l'axe optique (▷ *condition des sinus d'Abbe*). Plus précisément, l'aplanétisme désigne l'absence d'aberration sphérique et d'aberration de coma (▷ *aberration*). Un système aplanétique permet de former des images de bonne qualité, même en s'écartant des conditions de Gauss. La qualité de l'image fournie par un système aplanétique présente aussi l'avantage d'être moins sensible aux défauts d'alignement des éléments optiques qui forment le système. On réalise des systèmes aplanétiques en associant des composants optiques dont les aberrations se compensent. Ce terme est aussi employé, de manière erronée, pour désigner le fait que dans les conditions de Gauss, l'image d'un objet contenu dans un plan perpendiculaire à l'axe optique est elle-même contenue dans un plan perpendiculaire à l'axe optique.

aplatissement polaire [Méca.] (angl. *polar flattening*) Aplatissement au niveau des pôles des corps autogravitants en rotation. Cette déformation est due aux forces centrifuges qui augmentent la distance par rapport à l'axe de rotation aux latitudes faibles. Cet effet concerne notamment les planètes et les étoiles. Historiquement il joua un rôle important pour confirmer la théorie de Sir Isaac Newton (1643–1727) de la gravitation et pour invalider les idées de René Descartes (1596–1650), ce dernier ayant prédit que la Terre devait être plus large d'un pôle à l'autre qu'entre deux points de l'équateur diamétralement opposés. Afin de déterminer la forme de la Terre, deux expéditions furent organisées par l'Académie des Sciences française au cours de la première moitié du XVIII^e siècle, l'une vers le Pérou et l'autre en Laponie. Au retour de la seconde, Pierre Louis de Maupertuis (1698–1759), qui l'avait dirigée, annonça fin 1737 que la prédiction de Newton était correcte. La différence entre le rayon polaire et le rayon équatorial de la Terre est d'environ 20 km.

apoastre [Astro.] (angl. *apoapsis*) Pour un corps en orbite autour d'un autre, nom générique pour désigner le point où l'éloignement est maximal. On parle aussi d'apogée ou d'aphélie dans les situations particulières où le foyer est occupé par la Terre ou le Soleil, respectivement.

apochromatique [Opt.] (angl. *apochromatic*) Qualifie un système optique, par exemple un ensemble de lentilles, permettant d'obtenir la même distance focale à trois longueurs différentes (au lieu de deux pour les achromats), ce qui diminue l'effet des aberrations chromatiques.

apodisation (angl. *apodization*) ► **1.** [Opt.] Lors de la diffraction par une ouverture, suppression des maxima secondaires de la figure de diffraction obtenue en modifiant la fonction de transparence de l'ouverture. Le mot « apodisation » signifie littéralement « suppression des pieds ». Le principe de l'apodisation est le suivant : puisque tout instrument d'optique réel donne d'un point source une image étendue, à cause du phénomène de diffraction par l'ouverture de l'instrument, l'image formée possède généralement plusieurs maxima secondaires (► *tache d'Airy*) qui peuvent être gênants. En intercalant un objet diffractant dont la transparence est bien choisie (un masque), on peut limiter l'importance de ces maxima secondaires et améliorer les performances de l'instrument. On trouve des applications de l'apodisation pour les ondes électromagnétiques dans la plupart des longueurs d'onde. ► **2.** Technique de traitement du signal, appelée aussi pondération, consistant à multiplier un signal par un signal de fenêtre ayant une forme spécifiquement définie (► *fenêtrage*, *fenêtre*).

apogée [Astro.] (angl. *apogee*) Désigne le point le plus éloigné de la Terre qu'atteint un corps en orbite autour de celle-ci, la Lune ou un satellite artificiel, par exemple (► *apoastre*). Antonyme : ► *périgée*.

Apollo (missions) (angl. *Apollo missions*) Missions spatiales ayant emmené des humains sur la Lune de 1969 à 1972 et posé du matériel scientifique sur son sol. On a ainsi pu ramener des échantillons de roches lunaires et montrer l'origine volcanique d'une partie d'entre elles. Lors de certaines de ces missions, des cata-dioptrés ont été installés qui permettent de suivre l'évolution de la distance Terre-Lune avec une précision de l'ordre du centimètre. De façon plus anecdotique, l'expérience de Galilée a été réalisée sur la Lune au cours de la mission Apollo 15, avec un marteau et une plume. Lâchés au même instant, on peut les voir toucher la surface lunaire en même temps, sur le film enregistré par les astronautes (que l'on peut facilement trouver sur internet). Il s'agissait davantage d'une démonstration pédagogique que d'une véritable expérience scientifique.

► *Elementary Analysis of Translunar Apollo Orbit*; R. W. Christy, M. R. Mayhugh; *American Journal of Physics* **37** (1969) p. 1103

Apollon (angl. *Apollon*) Projet de laser très intense dont la mise en service est prévue pour 2013 à Saclay dans le cadre de l'Institut de la Lumière Extrême. Il délivrera des impulsions d'une puissance de 10^{16} W sur une quinzaine de femtosecondes (10^{-15} s), permettant ainsi notamment d'étudier les interactions matière-lumière dans le régime ultra-relativiste. Cette expérience sera donc très complémentaire du laser Mégajoule, lequel délivrera des impulsions beaucoup plus énergétiques mais moins puissantes, étant étalées sur des durées plus longues (quelques nanosecondes). ► *Mégajoule*

apostilb [asb] (angl. *apostilb*) Unité de luminance notée *asb*, n'appartenant pas au Système International d'unités, et valant $1 \text{ asb} = (1/\pi) \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Elle est reliée au stilb par $1 \text{ asb} = 1/(\pi 10^4) \text{ sb}$ et au Système International d'unités par $1 \text{ asb} = (1/\pi) \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. On l'appelle aussi le **blondel**, après une proposition datant de 1942.

appareil photographique [Opt.] (angl. *camera*) Dispositif permettant d'enregistrer des images fixes, grâce à un système optique (un objectif) faisant une image sur une surface photosensible (pellicule argentique ou matrice CCD, par exemple). La position de l'objectif est réglable, ce qui permet de mettre au point sur des objets situés à différentes distances. La focale de l'objectif est parfois réglable aussi (dans les zooms). Enfin, un diaphragme permet de contrôler la quantité de lumière qui participe à la formation de l'image ainsi que la profondeur de champ.

appareil de 's Gravesande [Thermo.] (angl. *'s Gravesande ring*) Appareil de démonstration conçu par Willem 's Gravesande (1688–1742) pour mettre en évidence de façon spectaculaire la dilatation thermique des corps. Une boule est placée au dessus d'un anneau ayant un rayon initial trop petit pour la laisser passer. Étant chauffé, l'anneau se dilate au point que la boule finit par le traverser.

Appleton (sir Edward Victor) (1892–1965) Physicien anglais, prix Nobel de physique en 1947 « pour ses recherches en physique de la haute atmosphère, en particulier pour sa découverte de la couche d'Appleton ». Ancien élève de l'Université de Cambridge, il y étudia en 1924 l'intensité des signaux radio qu'il recevait et qui avaient été émis par la BBC à Londres. Il observa qu'elle variait de manière régulière la nuit alors qu'elle était constante le jour. Il en déduisit que les ondes radios étaient réfléchies par une couche de l'atmosphère dont il détermina l'altitude à l'aide d'un émetteur de la BBC (► *couche de Kennelly-Heaviside*). Poursuivant ses recherches, il découvrit en 1926 une nouvelle couche d'altitude plus élevée qui porte désormais son nom (► *couche d'Appleton*, *ionosphère*).

application numérique Remplacement, dans une formule littérale, des différentes variables par des valeurs numériques. Cela constitue souvent la dernière étape dans la résolution d'un problème physique, pour

relier la solution formelle obtenue à des valeurs mesurables. Il est nécessaire d'exprimer toutes les grandeurs de manière cohérente, dans le même système d'unités.

approximant de Padé [Math.] (angl. *Padé approximant*) Étant donnée une fonction d'une variable réelle $f(x)$, un approximant de Padé d'ordre (n, p) est une approximation de f sous la forme d'une **fonction rationnelle**

$$\frac{a_0 + a_1 x + \dots + a_n x^n}{b_0 + b_1 x + \dots + b_p x^p},$$

où n et p sont deux entiers. Une telle approximation est généralement meilleure que celles obtenues par troncation de la série de Taylor associée à f , en particulier parce qu'elle permet de décrire la fonction près de ses éventuels pôles.

▷ *Padé approximants via the continued fraction approach* ; J. Sullivan ; American Journal of Physics **46** (1978) p. 489

▷ *Application of Padé interpolation to stationary state problems* ; C. N. Leung, Yvonne Y. Y. Wong ; American Journal of Physics **70** (2002) p. 1020

approximation (angl. *approximation*) Remplacement de façon contrôlée d'une situation ou d'une quantité par une autre moins précise, mais plus simple. En effet, l'étude rigoureuse de la moindre situation physique conduit à des calculs généralement inutilement compliqués, voire inextricables, que l'on peut souvent simplifier en idéalisant la situation de départ ou en ne tenant pas compte de certains facteurs, de certaines causes, que l'on juge négligeables. Par exemple, en étudiant le mouvement d'un pendule simple dans le champ de pesanteur terrestre, on peut choisir de négliger les forces de frottement et les forces de Coriolis, ou encore supposer que la Terre est sphérique et homogène, ce qui en toute rigueur n'est pas le cas. De façon plus mathématique, faire une approximation consiste aussi parfois à remplacer des fonctions apparaissant dans les équations par d'autres plus simples, mais différant très peu de celles de départ (▷ *approximation des petits angles*). En physique, le choix délibéré d'un cadre théorique plus restreint peut également constituer une approximation. Par exemple, décrire le mouvement d'une particule de manière non-relativiste ou non-quantique est une approximation qui se justifie dans certaines conditions ou pour l'étude de certains systèmes. Il convient de toujours vérifier *a posteriori* que les hypothèses utilisées sont justifiées, de façon à connaître précisément le domaine de validité de l'approximation. Certaines de ces approximations portent des noms consacrés (▷ *approximation adiabatique*, *approximation de Born-Oppenheimer*).

▷ *How good are the common approximations used in physics ?* ; Steven A. Feller, Joseph E. Kasper ; American Journal of Physics **50** (1982) p. 682

approximation adiabatique (angl. *adiabatic approximation*) Approximation consistant à supposer que l'évolution d'un système peut être décrite par une succession d'états d'équilibre. Considérons un système physique décrit par un paramètre α (par exemple, la lon-

gueur d'un pendule simple). De façon générale, si α est constant, les équations physiques qui décrivent le système admettent des équations qui dépendent de la valeur de α ; notons-les $S_\alpha(t)$. Si maintenant la valeur du paramètre α varie au cours du temps, les solutions sont totalement différentes. Toutefois, quand les variations de α sont suffisamment lentes devant les temps caractéristiques sur lesquels le système évolue (pour l'exemple mentionné plus haut, il s'agirait de la période des oscillations), on peut supposer que le système peut être successivement décrit par les solutions $S_\alpha(t)$, en donnant à α sa valeur instantanée. Il s'agit de l'approximation adiabatique. Elle est d'autant mieux vérifiée que le paramètre α varie lentement. On utilise implicitement cette approximation lorsque l'on fait appel à l'approximation de Born-Oppenheimer pour décrire les fonctions d'onde électroniques dans les molécules.

approximation de Born-Oppenheimer [Atom.]

(angl. *Born-Oppenheimer approximation*) Hypothèse simplificatrice dans le traitement quantique des orbitales moléculaires consistant à supposer que les noyaux atomiques sont immobiles. Cette hypothèse revient en fait à découpler le mouvement des électrons de celui des noyaux, beaucoup plus lent du fait de leur masse bien plus élevée. Le mouvement des noyaux peut ensuite s'étudier dans la distribution de charge électronique ainsi obtenue. Cette approximation fut proposée en 1927 par Max Born (1882–1970) et Robert Oppenheimer (1904–1967), et appliquée à la molécule de dihydrogène par Walter Heitler (1904–1981) et Fritz London (1900–1954) la même année.

▷ *Born-Oppenheimer Treatment of the Hydrogen Atom* ; V. K. Deshpande, J. Mahanty ; American Journal of Physics **37** (1969) p. 823

▷ *The Born-Oppenheimer approximation : A toy version* ; Gautam Gangopadhyay, Binayak Dutta-Roy ; American Journal of Physics **72** (2004) p. 389

approximation de Gauss [Opt.] (angl. *Gauss approximation*) ▷ *conditions de Gauss*.

approximation orbitale [Atom.] (angl. *independent electron approximation*) Approximation consistant à découpler les mouvements des différents électrons dans un atome. On étudie le mouvement de chacun d'entre eux en traitant l'influence des autres par un champ moyen. La fonction d'onde multi-électronique se factorise alors en un produit, ou mieux en combinaisons convenablement symétrisées, des fonctions d'ondes mono-électroniques (▷ *déterminant de Slater*).

approximation des petits angles [Math.]

(angl. *small angle approximation*) Quand un angle θ est suffisamment petit, on peut assimiler sa valeur à celles de son sinus et de sa tangente, pourvu que l'angle soit exprimé en radians :

$$\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta.$$

Ces approximations introduisent une erreur inférieure à 1 % si $\theta \lesssim 0,17 \text{ rad} \sim 9^\circ$ et inférieure à 0,1 % si

$\theta < 0,05 \text{ rad} \sim 2,9^\circ$. C'est une linéarisation qui permet de simplifier les calculs dans beaucoup de problèmes physiques (▷ *pendule simple*).

approximation post-minkowskienne [Relat.] (angl. *post-Minkowskian approximation*) Nom générique d'une approche perturbative de la gravitation, dans laquelle on considère que la métrique s'écarte faiblement de la métrique minkowskienne. Cette approximation est aussi appelée **limite de champ faible**.

approximation des régimes quasi-stationnaires [Électromag.] Approximation consistant à négliger le temps que mettent des signaux variables dans le temps à se propager le long d'un circuit, à l'échelle du circuit considéré. On l'utilise par exemple lorsque l'on traite les phénomènes d'induction électromagnétique. Cela revient à considérer que la taille du circuit, ou la distance sur laquelle on effectue le calcul (par exemple celle séparant le point de l'espace où l'on calcule le champ magnétique et la spire de courant qui en est la source), est très faible devant la longueur d'onde associée aux variations temporelles des signaux. On la désigne souvent par les acronymes **ARQS** ou **ARQP** (pour « approximation des régimes quasi-permanents »).

approximation scalaire [Électromag.] (angl. *scalar approximation*) Approximation consistant à supposer que les équations de Maxwell peuvent se décomposer en plusieurs équations indépendantes portant chacune sur une composante du champ électrique ou du champ magnétique. Dans cette approximation, on peut décrire le champ électromagnétique par des grandeurs scalaires, obéissant dans le vide à l'équation de Helmholtz. On peut en déduire l'intégrale de Fresnel-Kirchhoff qui justifie le principe de Fresnel-Huygens. L'approximation scalaire est notamment justifiée dans la plupart des situations rencontrées en optique.

approximation WKB [Quant.] (angl. *WKB approximation*) Acronyme pour « Wentzel, Kramers et Brillouin », on emploie aussi JWKB en ajoutant le nom de Jeffreys. Cette approximation consiste à appliquer les méthodes de développement iconal issues de l'optique à des systèmes quantiques, c'est-à-dire à séparer l'évolution de la phase de celle de la norme, la première se faisant généralement sur des échelles de temps beaucoup plus courtes que la deuxième. On écrit la fonction d'onde sous la forme

$$\psi(\vec{r}, t) = A(\vec{r}, t) e^{iS(\vec{r}, t)/\hbar}.$$

On montre alors que dans beaucoup de situations, la fonction S vérifie l'équation de Hamilton-Jacobi du problème classique correspondant, et peut s'interpréter comme une action classique.

Ar Symbole de l'élément argon ($Z = 18$).

Arago (François) (1786–1853) Physicien, astronome et politicien français, Arago commença sa car-

rière scientifique en 1806 au Bureau des Longitudes où, encore élève à l'École Polytechnique, il participa avec Jean-Baptiste Biot (1774–1862) à la mesure du méridien français. Pour ce faire, il partit avec lui en expédition géographique aux Îles Baléares, où il fut fait prisonnier par des pirates, la France le pensant mort. À son retour en 1809, il entreprit ses travaux sur la lumière qu'il poursuivit toute sa vie. En particulier, on lui doit des études de sa vitesse, de ses propriétés de polarisation et de ses interférences, au cours desquelles il collabora avec Augustin Fresnel (1788–1827). Arago joua aussi un rôle important à l'Académie des Sciences, à laquelle il fut nommé à l'âge de 23 ans à son retour des Baléares, et dont il fut secrétaire perpétuel puis président. Il dirigea également l'Observatoire de Paris à partir de 1834, où il habita longtemps et où il mourut près de 20 ans plus tard.

▷ *Arago : à l'affût d'une théorie alternative* ; Hugues Chabot ; Cahiers de Science et Vie **65** (2001) p. 70

▷ [*Histoire des Sciences*] *Fresnel et Arago : aux origines de l'optique physique* ; James Lequeux ; Bulletin de l'Union des Physiciens **868** (2004) p. 1621

Arago (appareil d') [Électromag.] (angl. *Arago disk*) Dispositif de démonstration constitué d'un disque de cuivre et d'une aiguille aimantée montée sur pivot, un peu comme une boussole dont la base (le disque en cuivre) serait plus grande qu'usuellement. La rotation du disque de cuivre produit un changement de direction de l'aiguille. Ce phénomène est dû aux courants de Foucault induits dans le disque par l'aiguille qui agissent en retour sur elle.

Arago (expérience d') [Opt.] (angl. *Arago experiment*) Expérience imaginée en 1838 par François Arago (1786–1853) pour mesurer la différence entre la vitesse de la lumière dans l'eau et celle dans l'air. Elle fut réalisée en 1851 par Hippolyte Fizeau (1819–1896) et on l'appelle généralement **expérience de Fizeau** (▷ *expérience de Fizeau*).

arc électrique (angl. *electric arc*) Ligne lumineuse irrégulière formée par le passage d'un courant électrique dans un milieu isolant, quand la tension devient localement supérieure à la tension de claquage du milieu. L'ionisation locale se traduit alors par une augmentation importante de la conductivité électrique, du courant et de la température. La foudre est un exemple d'arc électrique à grande échelle.

arc gravitationnel [Astro.] (angl. *gravitational arc*) Image d'une galaxie lointaine fortement déformée par le champ gravitationnel d'un objet, généralement un amas de galaxies, situé plus près, sur la même ligne de visée (▷ *lentille gravitationnelle*). Lorsque la déviation des rayons lumineux est importante, l'image est en effet considérablement allongée dans la direction orthoradiale et prend la forme d'un arc dont le centre de courbure coïncide avec la position de la lentille. Le premier fut découvert en 1987 par Geneviève Soucaïl et ses collaborateurs.

Index

Symbols		
Δ , ▷ Delta	densité, ▷ masse volumique	neutrino, 464
Γ , ▷ fonction gamma	espace, 254	actinides, 10
Ω , ▷ Omega	gravimètre, 320	actinium, 10
Π , ▷ Pi	référentiel, 585	actinomètre, 10
Σ , ▷ Sigma	température, 666	action, 10
Υ , ▷ Upsilon	temps, 669	à distance, 10
Ξ , ▷ Ksi	valeur, 711	euclidienne, 11
Ξ_b , ▷ Ksi b	absorption, 5	mécanique, 11
α , ▷ alpha	coefficient d', 120	principe de moindre, 445
β , ▷ bêta	négative, 5	quantum d', ▷ constante de Planck
χ^2 , ▷ chi-2	spectre d', 634	-réaction (principe d'), 550
ϵ , ▷ epsilon	abvolt, 5	activation, 11
η , ▷ êta	AC, ▷ alternatif	neutronique, 11
γ , ▷ gamma	Ac, ▷ actinium	protonique, 11
λ , ▷ lambda	Académie des Sciences, 5	active
$\mathcal{U}$, ▷ mho	accélérateur	galaxie, 304
μ , ▷ mu	en anneau, ▷ accélérateur	optique, 485
ν , ▷ neutrino, ▷ nu	circulaire	transformation, 688
ω , ▷ omega	circulaire, 5	activité, 11
π , ▷ pi	linéaire, 6	optique, 12
ψ , ▷ psi	de particules, 6	solaire, 12
J, ▷ J/psi	à plasma, 6	adaptation d'impédance, 12
ρ , ▷ rho	accélération(s), 6	adaptative (optique), 485
σ , ▷ sigma	addition des, 127	addition
τ , ▷ tau	composition des, 127	des accélérations, 127
θ , ▷ thêta	de Coriolis, 7	des vitesses, 127
2003UB313, ▷ Eris	de la pesanteur, 8	additionneur (montage), 451
4-bein, ▷ tétrade	d'entraînement, 7	additive (synthèse), 656
	de Fermi, 7	adhérence
	normale, 7	coefficient d', 120
	quadri-, 562	cône d', ▷ cône de frottement
	quadrivecteur, ▷	adiabaticité du son, 12
	quadri-accelération	adiabatique, 12
	quantité de, 565	approximation, 39
	tangentielle, 8	calorimètre, 89
	accéléromètre, 8	coefficient, 120
	acceptance (angle d'), 8	désaimantation, 182
	accepteur, 8	invariant, 365
	niveau, 467	adimensionné, 13
	accès (théorie des), 8	adjoint, 13
	accommodation, 9	admittance, 13
	accordable (laser), 390	AdS
	accrétion, 9	/CFT (correspondance), 150
	disque d', 9	espace-temps, 708
	accumulateur électrique, 9	adsorption, 13
	accutron, 9	advection, 13
	achromat, 9	équation d', 13
	de Fraunhofer, 9	aérienne (image), 347
	achromatique, 9	aérodynamique, 13
	doublet, 214	aérolithe, 13
	acier, 9, ▷ alliage	aéronomie, 13
	acoustique, 10	aérosol, 13
	branche, 82	affichage
	impédance, 348	à cristaux liquides, 13
	intensité, 357	à diodes électroluminescentes, 13
	lentille, 393	affine
	onde, 480	connexion, 136
	père de l', 277	paramètre, 501
	acre, 10	affinité, 14
	actif	électronique, 14
	contrôle, 143	AFNOR, 14
	dipôle, 202	afocal, 14
	filtre, 278	afterglow, ▷ sursaut gamma
	de galaxie (noyau), 472	

- Ag, > argent
- AGAPE, 14
- âge
 - sombre, 14
 - de la Terre, 14
 - de l'Univers, 14
- agilité fréquentielle, 15
- agitation thermique, 15
- Aharonov-Bohm (effet), 15
- AIGO, 15
- aigrette de diffraction, 16
- aiguille de Buffon, 16
- aimant, 16
 - électro-, 231
 - permanent, 16
- aimantation, 16
 - courbe de première, 158
 - rémanente, 16
- air, 16
 - chaud moteur à, > moteur Stirling
 - coin d', 124
 - lame d', 384
- air libre
 - anomalie à l', 149
 - correction à l', 149
- aire(s), 16
 - de cohérence, 16
 - constante des, 16
 - loi des, 17
- Airy
 - expérience d', 17
 - fonction d', 17
 - modèle d', 17
 - tache d', 17
- ajustement, 18
- Al, > aluminium
- al-Haytham (Ibn), > Alhazen
- albédo, 18
- alcalin(e), 18
 - pile, > pile chimique
- alcalino-terreux, 18
- alcool (thermomètre à), 679
- Alcyone, > turbovoile
- aléatoire, 18
 - marche, > marche au hasard
 - milieu, 438
 - processus, 554
 - variable, 713
- Alexandre (bande sombre d'), 59
- Alfvén, 18
 - onde d', 18
 - vitesse d', 18
- algèbre, 18
 - de Lie, 18
- algébrique
 - équation, 249
 - distance, 206
 - grandeur, > algébrique
 - nombre, > équation algébrique
 - structure, 645
- Alhazen, 19
- Alice, > cryptographie quantique
- alidade, > astrolabe
- allées de von Karman, 19
- Allen-Jones (expérience d'), 19
- alliage, 19
 - allongement, 19
 - des durées, > dilatation temporelle
 - allotropie, 19
 - Almageste, 19
 - ALPHA, 20
 - alpha [α], 19, > coefficient de
 - dilatation thermique
 - forêt de Lyman-, 291
 - Lyman (raie), 574
 - radioactivité, 569
 - réaction triple, 697
 - Alpha Magnetic Spectrometer, > AMS
 - alphonsines (tables), 661
 - alternateur, 20
 - alternatif, 20
 - alterné, 20
 - altimètre, 20
 - altitude, 20
 - aluminium, 20, > dopage
 - Alvaeger (expérience d'), 20
 - Alvarez (Luis), 20
 - AM, > modulation d'amplitude
 - Am, > américium
 - Amagat (diagramme d'), 188
 - amalgame, > alliage, 21
 - AMANDA, 21
 - amas, 21
 - globulaire, 21
 - de la Vierge, 21
 - ambiante (température), > conditions
 - ambiantes de pression et de température
 - ambrotype, > photographie
 - âme, > câble coaxial
 - américium, 21
 - ami de Wigner, 21
 - Amici (ménisque d'), 429
 - amont, 22
 - Amontons (loi d'), > frottement de Coulomb
 - amorphe, 22
 - glace, 315
 - amorti(e)
 - oscillateur, 489
 - oscillation, 489
 - amortissement, 22
 - de Landau, 22
 - Ampère, 22
 - bonhomme d', 77
 - moteur d', 351
 - théorème d', 22
 - ampère, 22
 - heure, 23
 - tour, 23
 - ampèremètre, 23
 - ampèremétrique (pince), 525
 - ampérien (modèle), 442
 - ampli-op, > amplificateur
 - opérationnel
 - amplificateur, 23
 - inverseur, 451
 - non inverseur, 451
 - opérationnel, 23
 - parfait, 24
 - amplification, 24
 - paramétrique, 24
 - amplitude, 24
 - de diffusion, 24
 - division de l', 212
 - modulation d', 444
 - de probabilité, 24
 - ampoule
 - électrique, 24
 - à incandescence, 24
 - AMS, 25
 - anagyre, 25
 - Anaïs (billard d'), 70
 - analemme, 25
 - analogie, 25
 - analogique, 25
 - numérique (convertisseur), 144
 - numérique- (convertisseur), 144
 - analyse
 - dimensionnelle, 25
 - de Fourier, 26
 - harmonique, > analyse de Fourier
 - analyseur, 26
 - à pénombre, 26
 - analytique
 - fonction, 282
 - mécanique, 426
 - prolongement, 282
 - solution, 632
 - anapolaire (moment), 446
 - anastigmat, 26
 - anastigmatique, 26
 - Anderson
 - Carl David, 26
 - localisation d', 26
 - Philip Warren, 26
 - Andrews (isotherme d'), 368
 - Andromède (galaxie d'), 27
 - Andronikashvili (expérience d'), 27
 - anéchoïde, > anéchoïque
 - anéchoïque, 27
 - anémomètre, 27
 - anéroïde (baromètre), 60
 - angle(s), 29
 - d'acceptance, 8
 - approximation des petits, 39
 - de Brewster, 27
 - de Cabibbo, 27
 - Cherenkov, 28
 - de contact, 28
 - de déviation, 28
 - de diffusion, 28
 - d'Euler, 28
 - horaire, 28
 - d'incidence, 28
 - isoplanaire, 29
 - limite, 29
 - de Mach, 29
 - de mélange, > angle de Weinberg
 - orienté, 29
 - de polarisation, 29
 - de réflexion, 29
 - de réfraction, 29
 - de réfraction limite, 29
 - solide, 30
 - de Thomson, 30
 - de Weinberg, 30

- ångström, 30
- angulaire
 - diamètre, 192
 - distance, 206
 - grandissement, ▷ grossissement
 - moment, ▷ moment cinétique
 - rayon, 577
 - résolution, 603
 - vitesse, 723
- anharmonique, 30
- anion, 30
- anisotrope, 30
 - optique, 486
- anisotropie magnétique, 31
- anneau(x)
 - accélérateur en, ▷ accélérateur circulaire
 - distance d', 207
 - de Du Noüy, 31
 - d'Einstein, 31
 - de Newton, 31
 - oculaire, 99
 - planétaires, 31
 - de Saturne, 31
 - de stockage, 31
- année, 31
 - anomalistique, 31
 - lumière, 32
 - des saisons, 31
 - sidérale, 31
 - solaire, 31
- annihilation, 32
 - opérateur d', 484
- annulaire (singularité), 628
- anode, 32
- anomal, 32
- anomalie, 32
 - à l'air libre, 149
 - de Bouguer, 80
 - de Kohn, 33
 - Pioneer, 33
 - de Schottky, 33
 - de volume, 33
 - de Wood, 34
- anomalistique (année), 31
- anormal(e)
 - diffusion, 197
 - effet de peau, 507
 - effet Hall, 326
 - moment magnétique, 449
- ansatz, 34
 - de Bethe, 34
- Antarès, 34
- antenne, 34
 - parabolique, 34
 - Yagi, 34
- anthropique (principe), 34
- antiatome, 34
- anti-bruit, ▷ contrôle actif
- anticoïncidence, ▷ coïncidence
- anticommutateur, 34
- anticommutation (relations d'), 591
- anticyclone, 35
- anti-électron, ▷ positon
- anti-ferroélectricité, ▷ ferroélectricité
- anti-ferromagnétisme, 35
- antigravité, 35
- antihydrogène, 35
- antiliante (orbitale), 487
- antimatière, 35
- antimoine, 35, ▷ dopage
- antineutron, 35
- antinodal
 - plan, 526
 - point, 531
- antiparallèle, 36
- antiparticule, 36
- antiprincipal
 - plan, 526
 - point, 531
- antiproton, 36
- antireflet (couche), 151
- antisymétrique, 37
 - tenseur totalement, ▷ tenseur de Levi-Civita
- antithixotrope, ▷ thixotrope
- anyon, 37
- AO, ▷ amplificateur opérationnel
- apériodique, 37
 - cristal, 160
- apesanteur, 37, ▷ impesanteur
- apex, 37
- aphélie, 37
- aplanat, 37
- aplanétisme, 37
- aplatissement polaire, 37
- apoapside, ▷ apoastre
- apoastre, 38
- apochromatique, 38
 - triplet, 697
- apodisation, 38
- apogée, 38
- Apollo
 - missions, 38
 - XV, ▷ expérience de Galilée
- Apollon, 38
- apostilb (asb), 38
- appareil
 - d'Arago, 40
 - de Fizeau, 279
 - de Foucault, 294
 - de Haldat, 326
 - d'Ingenhousz, 354
 - de Jamin, ▷ interféromètre de Jamin
 - de Nörremberg, 470
 - de Pascal, 505
 - de Pellat, 508
 - photographique, 38
 - de 's Gravesande, 38
 - de Silbermann, 626
- apparent(e)
 - horizon, 340
 - mouvement, 455
 - vitesse, 723
- appauvrissement (couche d'), ▷ zone de déplétion
- Appleton (couche d'), 151
- application
 - numérique, 38
 - point d', 531
- approximant de Padé, 39
- approximation, 39
 - adiabatique, 39
 - de Born, 78
 - de Born-Oppenheimer, 39
 - de Gauss, 39
 - de Hartree-Fock, 330
 - de Maxwell-Boltzmann, 425
 - orbitale, 39
 - des petits angles, 39
 - de la phase stationnaire, ▷ méthode de la phase stationnaire
 - post-minkowskienne, 40
 - post-newtonienne, 542
 - des régimes quasi-stationnaires, 40
 - scalaire, 40
 - semiclassique, 622
 - WKB, 40
- Ar, ▷ argon
- Arago, 40
 - appareil d', 40
 - expérience d', 40
 - point d', ▷ point de Poisson-Arago
- arbre (diagramme en), 188
- arc
 - électrique, 40
 - en-ciel, 41
 - gravitationnel, 40
 - minute d', 440
 - primaire, 41
 - quaternaire, 41
 - de rupture, 41
 - secondaire, 41
 - seconde d', 620
 - surnuméraire, 41
 - tertiaire, 41
- archéomagnétisme, 42
- archet, ▷ oscillations de relaxation
- Archimède, 42
 - force d', ▷ poussée d'Archimède
 - nombre d', 42
 - poussée d', 546
 - principe d', ▷ poussée d'Archimède
- are, 42
- Arecibo (radiotélescope d'), 573
- aréolaire (vitesse), 723
- aréomètre, 42
- Argand (diagramme d'), 188
- argent, 42
- argenté (miroir), 440
- argon, 43
- argument, ▷ nombre complexe
- Argus (projet), 43
- Aristarque de Samos, 43
- Aristote, 43
 - cosmologie d', 657
 - système d', 657
- aristotélicienne (physique), 43
- Armstrong (machine d'), 409
- arpent, 43
- ARQS, ▷ approximation des régimes quasi-stationnaires
- arrêt
 - bobine d', 74

pouvoir d', ▷ pouvoir de freinage
 pression d', 549
 arrondi (erreur d'), 254
 arsenic, 43, ▷ dopage
 artificiel(-le)
 élément, 234
 étoile, 259
 As, ▷ arsenic
 asb, ▷ apostilb
 ascenseur
 d'Einstein, 43
 spatial, 44
 ascension droite, 44
 Aspect (expériences d'), 44
 associatif, 44
 Association Française de
 Normalisation, ▷ AFNOR
 astate, 44
 astéroïde, 44
 astérosismologie, ▷ astrosismologie
 asthénosphère, 45
 astigmatisme, 45
 Aston (courbe d'), 45
 astre, 45
 astrolème, 45
 astrolabe, 45
 astrométrie, 45
 astronomie, 45
 astronomique
 aube, 51
 lunette, 407
 table, 661
 unité, 706
 astrophysique, 46
 laser, 390
 des particules, 46
 astrosismologie, 46
 asymptote, 46
 asymptotique (liberté), 397
 asynchrone
 bascule, 62
 moteur, 453
 At, ▷ astate
 at, ▷ atmosphère technique
 ATHENA, 47
 Atkinson (cycle d'), 47
 atled, ▷ nabla
 atm, ▷ atmosphère
 atmos (horloge), 340
 atmosphère, 47
 technique, 47
 atmosphérique
 machine, 409
 neutrino, 464
 pression, 549
 réfraction, 587
 atome, 47
 de Bohr, 48
 exotique, 49
 d'hydrogène, 48
 hydrogénoïde, 48
 de Lenard, 49
 mésonique, 49
 muonique, 49
 de Nagaoka, 49
 primitif, 49

 de Rutherford, 49
 de Rydberg, 50
 de Thomson, 50
 atomique(s)
 horloge, 340
 laser, 390
 masse, 418
 numéro, 474
 orbitale, 487
 physique, 520
 polarisabilité, 535
 rayon, 577
 temps, 669
 unité de masse, 707
 unités, 706
 atomistique, 50
 ATRAP, 50
 attaque (bord d'), 77
 atténuation, 50
 coefficient d', 120
 atto-, 50
 attracteur, 50
 grand, 318
 de Lorenz, 50
 attraction
 bassin d', 63
 force d', 51
 Atwood
 machine d', 410
 nombre d', 51
 Au, ▷ or
 aube, 51
 audition, 51
 Auger
 effet, 51
 électron, 233
 expérience, 51
 aurore
 australe, ▷ aurore polaire
 boréale, ▷ aurore polaire
 polaire, 52
 australe (aurore), 52
 auto-induction, 52
 auto-adjoint, ▷ adjoint
 autocollimation, 52
 autocollimatrice (lunette), 407
 autocorrélation, 52
 autocuiseur, ▷ marmite de Papin
 auto-diffractant, 52
 autofocalisation, 52
 autogravitant, 52
 auto-inductance, 52
 automoment, ▷ comoment
 autotransformateur, 688
 aval, 53
 avalanche (diode à), 200
 avancé (potentiel), 542
 avance du périhélie, 53
 de Mercure, 53
 Avogadro
 -Ampère (loi d'), ▷ loi d'Avogadro
 loi d', 53
 nombre d', 54
 axe
 central, 54
 diélectriques, 54

 d'inertie, 54
 instantané de rotation, 54
 lent, 54
 neutre, ▷ ligne neutre
 optique, 54
 de rotation, 54
 de rotation instantané, 54
 axial (vecteur), ▷ pseudo-vecteur
 axicon, 55
 axion, 55
 azéotrope, 55
 azimut, 55
 azimutal(es)
 coordonnées, 145
 nombre quantique, ▷ nombre
 quantique orbital
 azote, 55
 liquide, 55

B

B, 56, ▷ bore
 méson, 430
 usine à, 710
 béryllium, 67
 Ba, ▷ baryum
 ba, 61
 BaBar, 56
 babar (relation), ▷ relation de
 Varignon
 Babcock (Horace), 56
 Babinet
 compensateur de, 126
 théorème de, 56
 Back (effet Paschen-), 506
 Badal (méthode de), 432
 Baierlein (théorème de), 56
 balance, 56
 de Cotton, 56
 de courant, 57
 détaillée (principe de la), ▷
 principe du bilan détaillé
 de Gouy, 57
 de pesée, 57
 de torsion, 57
 du watt, 57
 balancier de Newton, 57
 balançoire, 58
 balayage (vitesse de), 723
 balistique, 58
 pendule, 508
 trajectoire, 688
 Ballot (expérience de), 58
 Balmer
 formule de, 58
 série de, 58
 bande(s)
 de conduction, 58
 d'énergie, 58
 interdite, 59
 largeur de, 389
 passante, 59
 permise, 59
 sombre d'Alexandre, 59
 spectrale, 59
 spectre de, 634
 de Talbot, 59

- tellurique, ▷ raie tellurique
- théorie des, 59
- de valence, 59
- Bang (Big), 68
- bang supersonique, 59
- bar, 60
- Bardeen, 60
- baril, 60
- barillet, ▷ distorsion
- Barkhausen (effet), 60
- Barlow
 - lentille de, 393
 - roue de, 611
- barn, 60
- Barnett (effet), 60
- baromètre, 60
 - anéroïde, 60
 - à gaz, 60
 - à mercure, 60
- barométrique (loi), 60
- barre
 - de Searle, 61
 - de Weber, 61
- barrière
 - coulombienne, 61
 - de potentiel, 61
- barycentre, 61
- barycentrique
 - référentiel, ▷ référentiel du centre de masse
- barye, 61
- baryogénèse, 61
- baryon, 62
- baryonique (nombre), 468
 - conservation du, 137
- baryum, 62
- bascule, 62
 - D, 62
 - JK, 62
 - RS, 62
 - T, 63
- base, 63
 - orthonormée, 489
 - de temps, 63
- Basse-Chaine (pont de la), 540
- basse dimension (système à), 63
- bassin d'attraction, 63
- bâtonnets, ▷ œil
- battement, 63
- baume du Canada, 64
- BBGKY (hiérarchie), 336
- BCS (théorie), 64
- Be, ▷ béryllium
- Beau de Rochas (cycle d'otto-), 165
- beauté, 64
- becquerel, 64
- Becquerel (Henri), 64
- Beer-Lambert (loi de), 64
- Bekenstein (formule de), 64
- bel, 64
- bélier
 - coup de, 153
 - hydraulique, 65
- Bell
 - inégalités de, 352
 - Jocelyn, 65
- John, 65
- BELLA, 65
- Belle, 65
- Bénard (cellules de), 97
- BepiColombo, 65
- Berezinsky-Kosterlitz-Thouless (transition de), 380
- Berger (étoile du), 259
- Bergeron (effet), 65
- berkélium, 65
- Bernoulli
 - famille, 65
 - loi de, 66
- Berry (phase de), 516
- Berthelot
 - calorimètre de, 89
 - équation de, 66
- Berthollet (expérience de), 66
- Bertozzi (expérience de), 67
- Bertrand (théorème de), 67
- béryllium, 67
- Bessel
 - fonctions de, 283
 - méthode de, 432
- bêta $[\beta]$, 67
 - désintégration double, 183
 - inverse, ▷ capture électronique
 - radioactivité, 569
- bêtatron, 67
- Bethe, 67
 - ansatz de, 34
 - Bloch (formule de), 68
 - cycle de, ▷ cycle CNO
 - formule de, 68
- bethe, 68
- bevatron, 68
- Bh, ▷ bohrium
- Bhabha (diffusion), 197
- Bi, ▷ abampère, ▷ bismuth
- biaxe, 68
- biconcave, 68
- biconvexe, 68
- bifurcation, 68
- Big Bang, 68
- Big Crunch, 69
- Big Rip, 69
- bilame, 70
- bilan, 70
 - neutronique, 70
- bilentille, 70
- billard d'Anaïs, 70
- Billet (bilentille de), 70
- binaire, 70
 - diagramme, 188
- Binet (formules de), 71
- binoculaire, 71
- binomiale
 - distribution, 208
 - loi, 208
- bioluminescence, 71
- Biot
 - loi de, 71
 - nombre de, 71
 - Savart (loi de), 71
- biot, ▷ abampère
- BIPM, ▷ Bureau International des Poids et Mesures
- bipolaire (transistor), 691
- bipolaron, 72
- bipositronium, ▷ dipositronium
- biprisme
 - à électrons, 72
 - de Fresnel, 72
- biquartz de Soleil, ▷ compensateur de Soleil
- biréfringence, 72
- Birkhoff (théorème de), 72
- bismuth, 73
- bistable, 73
- bit, 73
- Bitter
 - figures de, 277
 - méthode de, 73
 - solénoïde de, 631
- Bk, ▷ berkélium
- BKT (transition de), 380
- Black (expérience de), 73
- Blackburn (pendule de), 508
- blanc
 - bruit, 84
 - d'ordre supérieur, 73
 - trou, 698
- blanche
 - fontaine, ▷ trou blanc
 - naine, 460
- blazage, 73
- blazar, 73
- bleu, 73
- blindage, ▷ câble coaxial
- blocage (température de), ▷ superparamagnétisme
- Bloch
 - équations de, 73
 - paroi de, 503
 - sphère de, 636
 - théorème de, 74
 - vecteur de, 715
- blondel, ▷ apostilb
- bloqué (régime), 588
- bloqué(s)
 - laser à modes, 390
- BNC, 74
- BNS-1, ▷ horloge atomique
- Bob, ▷ cryptographie quantique
- bobine(s), 74
 - d'arrêt, 74
 - de choc, ▷ bobine d'arrêt
 - de Helmholtz, 74
 - de Masson, 74
 - de Maxwell, 74
 - de Ruhmkorff, 74
 - de Tesla, 74
- Bode
 - diagrammes de, 188
 - loi de, ▷ loi de Titius-Bode
- Bogolioubov (transformation de), 689
- Bohm
 - Aharonov (effet), 15
 - diffusion de, 197
 - théorie de, 75
- Bohr

- Aage Niels, 75
 - atome de, 48
 - condition de, 130
 - formule de, ▷ formule de Rydberg
 - magnéton de, 413
 - Niels, 75
 - rayon de, 577
 - van Leeuwen (théorème de), 75
 - bohrium, 75
 - bolide, 75
 - bolomètre, 75
 - Boltzmann
 - constante de, 76
 - équation de, 76
 - facteur de, 268
 - formule de, 76
 - Ludwig, 76
 - relation de, ▷ Boltzmann (formule de)
 - bombe calorimétrique, 77
 - Bond (nombre de), 77
 - Bondi (Hermann), 77
 - bonhomme d'Ampère, 77
 - boost, ▷ transformation de Lorentz
 - bootstrap, 77
 - bord
 - d'attaque, 77
 - effets de, 78
 - de fuite, 77
 - Borda
 - formule de, 77
 - pendule de, 508
 - bore, 78, ▷ dopage
 - boréale (aurore), 52
 - Borexino, 78
 - Born
 - approximation de, 78
 - Infeld (théorie de), 78
 - instabilité de, 354
 - interprétation de, 362
 - Max, 78
 - Oppenheimer (approximation de), 39
 - borne, 78
 - principale, 78
 - principale de terre, 78
 - de terre, ▷ borne principale
 - borroméen
 - noyau, ▷ système borroméen
 - système, 657
 - Bose
 - Satyendranath, 78
 - Bose-Einstein
 - condensat de, 129
 - condensation de, 129
 - distribution de, 209
 - statistique de), ▷ distribution de Bose-Einstein
 - boson, 78
 - étoile à, 259
 - de Goldstone, 79
 - de Higgs, 79
 - intermédiaire, 79
 - de jauge, 79
 - de Nambu-Goldstone, 79
 - vecteur, 79
 - bosonisation, 79
 - Botafumeiro, 80
 - bottom, 80
 - bottom-up, 80
 - bottomonium, 80
 - Boucherot (théorème de), 80
 - bouchon (circuit), 80
 - boucle(s)
 - diagramme en, 188
 - gravité quantique à, 321
 - bouclier thermique, 80
 - Boudreau (vase de), 714
 - bougie, 80, ▷ vent électrique
 - nouvelle, ▷ bougie
 - Bouguer
 - anomalie de, 80
 - correction de, 50
 - formule de, 80
 - boule(s)
 - de glu, 81
 - régulateur à, ▷ régulateur de Watt
 - Bour (formule de), 81
 - Bourdon (tube de), 81
 - boussole, 81
 - bouteille
 - de Leiden, ▷ bouteille de Leyde
 - de Leyde, 81
 - thermos, ▷ vase de Dewar
 - Boyle (loi de), 81
 - Bq, ▷ becquerel
 - Br, ▷ brome
 - bra, 81
 - brachistochrone, 82
 - Brackett (série de), 82
 - Braess (paradoxe de), 495
 - Bragg
 - courbe de, 157
 - diffraction de, 195
 - loi de, ▷ condition de Bragg
 - miroir de, 440
 - plan de, 526
 - Brahe (Tycho), 82
 - branaire (cosmologie), 150
 - branche
 - acoustique, 82
 - horizontale, 82
 - optique, 82
 - branchement (rapport de), ▷ rapport d'embranchement
 - brane, 82
 - Branly
 - cohéreur de, ▷ cohéreur
 - effet, 83
 - Brans-Dicke (théorie de), 83
 - bras
 - galactique, 83
 - de levier, 83
 - d'Orion, 83
 - spiral, 83
 - Bravais (réseau de), 600
 - Brayton (cycle de), 164
 - Breit-Wigner (formule de), 83
 - bremsstrahlung, 83
 - Brewster (angle de), 27
 - Brillouin
 - diffusion, 198
 - paramagnétisme de, 500
 - zone de, 739
 - Brinell (échelle de), 219
 - Briot (formule de), 83
 - brisure
 - électrofaible, 83
 - spontanée de symétrie, 83
 - british thermal unit, 84
 - brome, 84
 - bronze, ▷ alliage, 84
 - brouillage, 84
 - brouillard, 84
 - chambre à, 101
 - brownien (mouvement), 455
 - bruit, 84
 - en 1/f, ▷ bruit de scintillation
 - blanc, 84
 - de grenaille, 84
 - Johnson, 85
 - de photon, ▷ bruit de grenaille
 - puissance équivalente de, 560
 - de quantification, 84
 - de résistance, ▷ bruit Johnson
 - de scintillation, 85
 - signal sur, 576
 - thermique, ▷ bruit Johnson
 - Brumberg-Vavilov (expérience de), 85
 - btu, ▷ british thermal unit
 - Buchdahl (théorème de), 85
 - Buffon (aiguille de), 16
 - bulbe galactique, 85
 - Bullard (dynamo de), 217
 - bulle(s)
 - chambre à, 101
 - locale, 85
 - bunching, 85
 - Bureau International des Poids et Mesures, 86
 - Bureau National de Métrologie, 86
 - Burger (équation de), 86
-
- ## C
-
- C, ▷ carbone
 - champ, ▷ Univers stationnaire
 - Ca, ▷ calcium
 - Cabibbo
 - angle de, 27
 - Cabibbo-Kobayashi-Maskawa
 - matrice de, 87
 - câble
 - coaxial, 87
 - transatlantique, 87
 - cachée
 - masse, ▷ matière noire
 - variable, 713
 - cadmium, 87
 - cage de Faraday, 87
 - Calabi-Yau
 - espace de, 88
 - variété de, 88
 - calcite, ▷ spath d'Islande
 - calcium, 88
 - caléfaction, 88
 - caléidophone, 88
 - calibre, 88
 - californium, 88

- Callan-Symanzik (équation de), 88
- Callendar-Van Dusen
 - équation de, 679
- caloporteur (fluide), 281
- calorie, 88
 - gramme, 88
 - grande, 88
 - kilogramme, 88
 - petite, 88
- calorifugé, 88
- calorimètre, 88
 - adiabatique, 89
 - de Berthelot, 89
 - isotherme, 89
- calorimétrie, 89
- calorimétrique
 - bombe, 77
 - coefficient, 120
- calorique, 89
- calotype, ▷ photographie
- calvitie (théorème de), 675
- canal, 89
- canaux (rayons), 577
- candela, 89
- cannelé (spectre), 635
- cannibalisme galactique, 89
- canon à électrons, 90
- canonique
 - coordonnée, ▷ variables canoniques
 - ensemble, 244
 - ensemble micro-, 245
 - grand- (ensemble), 244
 - quantification, 564
 - transformation, 689
 - variable, 713
- capacimètre, 90
- capacitance, 90
- capacité, 90
 - calorifique, 90
 - molaire, 91
 - thermique, 91
- cape d'invisibilité, 91
- capillaire, 701
 - longueur, 403
 - onde, ▷ ondes de capillarité
 - tube, 701
- capillarité, 91
 - onde de, 480
- capteur, 91
- capteur CCD, 91
- capture, 91
 - électronique, 92
- caractéristique, 92
- carbone, 92
 - nanotube de, 461
 - radio-, 92
- carbone 14, 92
- carcinotron, 92
- cardinal (sinus), 628
- carène (centre de), 98
- carillon électrostatique, 92
- Carnal-Mlynek (expérience de), 92
- Carnot
 - cycle de, 164
 - principe de, 93, ▷ second principe de la thermodynamique
 - rendement de, 596
 - Sadi, 93
- carnot, 92
- carré(s)
 - méthode des moindres, 432
 - signal, ▷ signal rectangulaire
- Cartan-Newton (théorie de), 467
- Carter
 - constante de, 93
 - Penrose (diagramme de), 190
- cartésiennes (coordonnées), 145
- cascade, 93, ▷ Ksi
- cascade b, ▷ Ksi b
- Casimir
 - Polder (force de), 94
 - effet, 93
 - opérateur de, 94
- Cassegrain (téléscope de), 664
- catadioptré, 94
- cataphote, ▷ catadioptré
- catapulte gravitationnelle, 300
- catastrophe(s)
 - théorie des, 94
 - ultraviolette, 94
- catharomètre, 94
- cathétomètre, 94
- cathode, 94
 - photo-, ▷ effet photoélectrique
- cathodique
 - rayon, 577
 - tube, 702
- cathodoluminescence, 94
- cation, 94
- catoptrique, 94
- Cauchy
 - Riemann(équations de), 95
 - distribution de, ▷ distribution lorentzienne
 - formule de, 95
- causalité, 95
- cône de, 133
- caustique, 95
- Cavendish (expérience de), 95
- cavitation, 96
 - super-, 647
- cavité résonnante, 96
- cc, 96
- CCD, 91
 - capteur, 91
 - matrice, 422
- CD, ▷ disque compact
- Cd, ▷ cadmium
- cd, ▷ candela
- Ce, ▷ cérium
- CEI, ▷ Commission électrotechnique internationale
- ceinture
 - d'astéroïdes, ▷ astéroïde
 - extérieure, 96
 - intérieure, 96
 - de Kuiper, 96
 - de radiation, 96
 - rayon de, 578
 - de Van Allen, 96
- célérité, 97
- céleste
 - coordonnée, 145
 - mécanique, 426
 - sphère, 636
- cellule
 - de Bénard, 97
 - de Hele-Shaw, 97
 - photoélectrique, 97
 - photovoltaïque, 97
 - piézo-électrique, 97
 - de Wigner-Seitz, 97
- Celsius (degré), 175
- cendrée (lumière), 406
- censure cosmique (principe de), 97
- Centaures, 97
- centi-, 98
- centigrade, ▷ Celsius
- central(e)
 - axe, 54
 - force, 288
 - limite (théorème de la), 398
- centre
 - de carène, 98
 - coloré, 98
 - de courbure, 98
 - de gravité, 98
 - d'inertie, 98
 - instantané de rotation, 98
 - de masse, 98
 - référentiel du, 585
 - optique, 98
 - photo-, 517
 - de poussée, 98
 - de rotation instantané, ▷ centre instantané de rotation
- centré (système), 657
- centrifugation, 99
- centrifuge, 99
 - force, 288
- centripète, 99
- centroïde, 99
- céphéïde, 99
- cercle
 - de confusion, 99
 - de moindre diffusion, 99
 - oculaire, 99
- Čerenkov, ▷ Cherenkov
- Cérès, 99
- cérium, 99
- CERN, 99
- césium, 100
 - horloge à, ▷ horloge atomique
- Cf, ▷ californium
- CGPM, ▷ Conférence Générale des Poids et Mesures
- CGRO, 73
- cgs (système d'unités), 659
- ch, ▷ cheval-vapeur
- Chadwick (James), 100
- chaîne
 - de Markov, 100
 - pp, ▷ cycle proton-proton
 - proton-proton, ▷ cycle proton-proton
 - réaction en, 583

- de spin, ▷ réseau de spin
- chaînette, 100
- chaleur, 100
 - échangeur de, ▷ échangeur
 - équation de la, 249
 - équivalent mécanique de la, 253
 - latente, 101
 - coefficient de, 120
 - de fusion, 101
 - de vaporisation, 101
 - massique, 101
 - pompe à, 539
 - quantité de, 565
 - sensible, 101
 - spécifique, 101
 - transfert de, 688
- chambre
 - à brouillard, 101
 - anéchoïde, ▷ anéchoïque
 - anéchoïque, 27
 - à bulles, 101
 - à dérive, 102
 - à étincelles, 102
 - à fils, 102
 - d'ionisation, 102
 - noire, 102
 - proportionnelle multifils, ▷
 - chambre à fils
 - de Schmidt, ▷ télescope de Schmidt
 - de Wilson, ▷ chambre à brouillard
- champ, 102
 - aberration de, ▷ aberration d'inclinaison
 - C, ▷ Univers stationnaire
 - coercitif, 103
 - de contour, 103
 - courbure de, 158
 - critique, 103
 - de pleine lumière, 106
 - démagnétisant, 103
 - dépolarisant, 103
 - diaphragme de, 193
 - effet de (microscope ionique à), 437
 - électrique, 104
 - ligne de, 397
 - électromagnétique, 104
 - électromoteur, 104
 - électrostatique, 104
 - émission de, 237
 - microscope à, 437
 - gravitationnel, 104
 - de Higgs, 105
 - lentille de, ▷ verre de champ
 - ligne de, 397
 - local, 105
 - lointain, 105
 - magnétique, 105
 - ligne de, 397
 - terrestre, 105
 - moléculaire, 106
 - moyen, 106
 - de pesanteur, 106
 - proche, 106
 - microscopie en, 438
 - profondeur de, 556
 - sombre (microscopie en), 438
 - théorie classique des, 676
 - tournant, 106
 - transistor à effet de, 692
 - unifié (théorie du), 676
 - vectériel, 106
 - irrotationnel, 106
 - lamellaire, 106
 - laplacien, 106
 - newtonien, 106
 - rotationnel, 106
 - solénoïdal, 106
 - verre de, 719
- Chandra, 107
- Chandrasekhar
 - limite de, 418
 - masse de, 418
 - Subramanyan, 107
- changement
 - d'état, 107
 - d'unités, ▷ conversion d'unités
- chaos, 107
 - quantique, 108
- Chaplygin (gaz de), 308
- charbon (tonne équivalent), 684
- charge, 108
 - conjugaison de, 136
 - droite de, 215
 - effective, 108
 - électrique, 108
 - conservation de la, 137
 - élémentaire, 109
 - habillée, ▷ charge effective
 - liée, 109
 - magnétique, 109
 - nue, ▷ charge effective
 - perte de, 513
 - porteur de, 541
 - spécifique, 109
 - surfactive, 109
 - test, ▷ particule-test
- chargé (courant), 155
- Charles
 - Gay-Lussac (première loi de), ▷ loi de Gay-Lussac
 - Gay-Lussac (seconde loi de), ▷ loi de Charles
 - loi de, 109
- charme, 109
- charmonium, 109
- Charon, 110
- Charpak (Georges), 110
- charte des noyaux, 110
- chat de Schrödinger, 110
- chaude (fission), 279
- chauffage
 - par induction, 111
 - solaire, 111
- chemin
 - intégrale de, 356
 - optique, 111
 - réversible, 111
- Cherenkov
 - angle, 28
 - compteur, ▷ détecteur Cherenkov
- détecteur, 111
- effet, 111
- Pavel A., 111
- rayonnement, 112
- cheval vapeur, 112
 - britannique, 112
- chevelure, ▷ comète
- chi-2, 112
- chien de garde (effet), ▷ effet Zénon
- chiffres significatifs, 112
- chimiluminescence, ▷
 - chimiluminescence
- chimoluminescence, 112
- chimique
 - condensateur, ▷ condensateur électrolytique
 - pile, 524
 - potentiel, 543
- chirale (symétrie), 656
- chiralité, 112
 - optique, 113
- Chladni (figures de), 277
- chlore, 113
- choc, 113, ▷ collision
 - bobine de, ▷ bobine d'arrêt
 - onde de, 480
 - terminal, 113
 - thermique, 113
- cholestérique (phase), 516
- chorégraphique (solution), 632
- Christoffel
 - Riemann- (tenseur de), ▷ tenseur de courbure
 - symbole de, ▷ connexion affine
- chromatographie, 113
- chrome, 113
- chromodynamique quantique, 113
- chromosphère, 113
- chute libre, 114
- Ci, ▷ curie
- cicatrice, 114
- ciel
 - arc-en-, 41
 - couleur du, 153
- cinématique, 114
 - torseur, 686
- cinétique, 114
 - coefficient de frottement, 301
 - énergie, 239
 - théorème de l', 239
 - équation, 114
 - moment, 447
 - résultante, 606
 - torseur, 686
- cinquième force, 114
- CIPM, ▷ Comité International des Poids et Mesures
- CIR, 114
- circuit
 - bouchon, 80
 - court-, 159
 - électrique, 114
 - électronique, 114
 - imprimé, 114
 - intégrateur, ▷ montage intégrateur
 - intégré, 114

- LC, 114
- logique, 115
- magnétique, 115
- multiplicateur, 115
- RC, 115
- RL, 115
- RLC, 115
- RSFQ, 115
- substitution de, 646
- circulaire
 - accélérateur, 5
 - translation, 693
- circulateur, 116
- circulation, 116
- cisaillement, 116
 - contrainte de, 142
 - module de, 445
 - vitesse de, 724
- civile (aube), 51
- CKM (matrice), ▷ matrice de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa
- Cl, ▷ chlore, ▷ clausius
- CLAO, ▷ combinaison linéaire des orbitales atomiques
- Clapeyron
 - diagramme de, 189
 - relation de, 116
 - relations de, 116
- claquage (tension de), 672
- clarté, 116
- classe, 117
 - spectrale, ▷ type spectral
- classification
 - d'Ehrenfest, 227
 - de Harvard, 704
 - de Hubble, 117
 - de Landau, 386
 - périodique des éléments, 117
- classique
 - électrodynamique, 232
 - limite, 398
 - mécanique, 426
- Claude
 - cycle de, 164
 - Georges, 117
- Clausius
 - équation d'état de, 250
 - inégalité de, 352
 - Mossotti (formule de), 118
 - principe de, 118
 - théorème de, 118
- clausius, 117
- Clément-Desormes (exp. de), 118
- clepsydre, 119
- CLOA, ▷ combinaison linéaire des orbitales atomiques
- clonage, 119
 - théorème de non, 469
- clothoïde, ▷ spirale de Cornu
- clou chauffé (expérience du), 119
- Cm, ▷ curium
- CMB, ▷ rayonnement de fond cosmologique
- CMOS, 119
- Cn, ▷ copernicium
- CNO (cycle), 164
- Co, ▷ cobalt
- co-orbitale (lune), 615
- coalescence, 119
- Coanda (effet), ▷ effet théière
- coaxial (câble), 87
- cobalt, 119
- COBE, 119
- Cockcroft-Walton (générateur de), 311
- cocotte-minute, ▷ marmite de Papin
- codata, 119
- codé (masque), 417
- coefficient, 120
 - d'absorption, 120
 - d'adhérence, 120
 - adiabatique, 120
 - d'atténuation, 120
 - calorimétrique, 120
 - de chaleur latente, 120
 - de compressibilité, 120
 - d'Einstein, 121
 - de diffusion, 120
 - de dilatation thermique, 121
 - d'échange thermique, 121
 - d'extinction, ▷ coefficient d'atténuation
 - de Fresnel, ▷ entraînement partiel de l'éther
 - de frottement, 121
 - de frottement cinétique, 301
 - de frottement dynamique, 301
 - de frottement statique, 301
 - de Hall, 326
 - de Lamé, 121
 - de pénétration, ▷ coefficient de traînée
 - de perméabilité, ▷ loi de Darcy
 - de Poisson, 535
 - de réflexion, 121
 - de réponse, 121
 - de restitution, 121
 - de température, 122
 - thermoélastiques, 122
 - de traînée, 122, ▷ frottement fluide
 - de transmission, 122
 - de transport, 122
 - du viriel, 721
- coelostat, 123
- coercitif (champ), 103
- coercitivité, ▷ champ coercitif
- cœur
 - électron de, 233
 - d'une fibre optique, 276
 - stellaire, 123
- coexistence (courbe de), 157
- Cohen-Tannoudji (Claude), 123
- cohérence
 - aire de, 16
 - longueur de, 403
 - quantique, 123
 - spatiale, 123
 - temporelle, 123
 - temps de, 669
- cohérent(es)
 - diffusion, 198
- état, 257
- rayonnement, 581
- tomographie optique, 683
- unités, 706
- cohéreur, 123
- cohésion (pression de), 712
- coin
 - d'air, 124
 - de cube, 124
 - gravimètre à, 320
- coïncident (point), 531
- coïncidence, 124
- co-indice, 124
- col (méthode du), 432
- colatitude, 124
- Coleman (théorème de), ▷ théorème de Mermin-Wagner
- Coleman-Mandula (théorème de), 124
- Colladon (expérience de), 287
- collapsar, 124
- collecteur, 124
- collectif (comportement), 127
- collective (excitation), 264
- collimateur, 124
- collision, 124
- collisionnel (élargissement), 230
- collisionneur, 124
- colloïdale (dispersion), ▷ dispersion solide
- colloïde, 125
- coloré (centre), 98
- coma, 112, 125
 - d'une comète, ▷ comète
- combinaison linéaire, 125
 - des orbitales atomiques, 125
- combustible (pile à), 524
- comète, 125
 - de Halley, 125
- Comité International des Poids et Mesures, 125
- Commission électrotechnique internationale, 125
- commutateur, 126
- commutatif, 126
- commutation, 126
 - relations de, 591
- comobile, 126
- comoment, 126
- compacité, 126
- compact
 - disque, 205
 - objet astrophysique, 126
- compact-disc, ▷ disque compact
- compensateur
 - de Babinet, 126
 - de Soleil, 127
- compensatrice, 127
- compensée (satellite à traînée), 615
- complémentaire (fonction d'erreur), 284
- complémentarité (principe de), 127
- complexe
 - impédance, ▷ impédance
 - nombre, 468
 - notation, 470
 - plan, 526

- représentation, ▷ représentation de Fresnel
- complexion, 127
- comportement collectif, 127
- composante, 127
- composé (corps), 149
- composition
 - des accélérations, 127
 - des vitesses, 127
- compressibilité
 - coefficient de, 120
 - module de, 445
- comprimée (lumière), 406
- compteur
 - Cherenkov, ▷ détecteur Cherenkov
 - Geiger-Müller, 128
 - d'impulsions, 128
 - proportionnel, 128
- Compton
 - effet, 128
 - inverse (effet), 128
 - longueur d'onde, 404
- Compton Gamma Ray Observatory, 73
- concave, 128
 - miroir, 441
- concavité de l'entropie, 128
- condensat de Bose-Einstein, 129
- condensateur, 129
 - chimique, ▷ condensateur électrolytique
 - électrolytique, 129
- condensation, 129
 - de Bose-Einstein, 129
- condensée (matière), 421
- condenseur, 130
- condition(s)
 - ambiantes de pression et de température, 130
 - de Bohr, 130
 - de Bragg, 130
 - de Gauss, 130
 - d'Herschel, 130
 - initiales, 131
 - normales de pression et de température, 131
 - de passage, 131
 - de Sakharov, 131
 - des sinus d'Abbe, 131
 - de von Laue, 132
- Condon-Shortley (phase de), 329
- conductance, 132
- conducteur, 132
 - ohmique, 132
- conductibilité, 132
- conduction, 132
 - bande de, 58
 - thermique, 132
- conductivité, 133
- cône, ▷ œil
 - d'adhérence, ▷ cône de frottement
 - de causalité, 133
 - de frottement, 133
 - de lumière, 133
 - de Mach, 134
- Conférence Générale des Poids et Mesures, 134
- configuration
 - standard, 134
- configuration électronique, 134
- confinement, 135
 - inertiel, 135
 - magnétique, 135
- confocal (résonateur), 605
- conforme
 - théorie des champs, 676
 - transformation, 689
- confusion (cercle de), 99
- conique, 135
- conjonction, 135
- conjugaison
 - de charge, 136
 - formule de, 135
 - relations de, ▷ formules de conjugaison
- conjugué, 136
 - moment, 447
- connexion affine, 136
- conservatif, 136
- conservation, 136
 - de la charge électrique, 137
 - de l'énergie, 137
 - équation de, 137
 - de la masse, 137
 - du moment cinétique, 137
 - du nombre baryonique, 137
 - du nombre leptonique, 138
 - de la quantité de mouvement, 138
- constante, 138
 - des aires, 16
 - de Carter, 93
 - cosmologique, 138
 - de couplage, 138
 - de Boltzmann, 76
 - de désintégration, 183
 - diélectrique, 138
 - de Dirac, ▷ constante de Planck réduite
 - de Faraday, ▷ faraday
 - de Fermi, 274
 - fondamentale, 139
 - fondamentale (variation de), ▷ constante fondamentale
 - des gaz parfaits, 309
 - de la gravitation, 320
 - de Hubble, 341
 - de Josephson, 371
 - de Kerr, 376, ▷ effet Kerr
 - de Loschmidt, 405
 - de Madelung, 412
 - magnétique, 139
 - de Newton, 466
 - de Planck, 527
 - de Planck réduite, 139
 - de précession, 139
 - radioactive, 183
 - de raideur, 139
 - de Richardson, ▷ loi de Richardson-Dushman
 - de Rydberg, 613
 - solaire, 139
- de Stefan-Boltzmann, 642
- de structure fine, 646
- de temps, 139
- de torsion, 139
- de Verdet, 718
- de von Klitzing, 729
- de Wien, 732
- constitutive (équation), 249
- constringence, 139
- construction
 - de Descartes, 139
 - de Huygens, 140
 - de Maxwell, 140
- contact, 140
 - angle de, 28
 - glissant, 141
 - de Hertz, 141
 - potentiel de, 543
- continu(e), 141
 - courant
 - moteur à, 453
 - mécanique des milieux, 427
- continuité (équation de), 137, 141
- continuum, 141
- contour (champ de), 103
- contournement du point critique, 141
- contraction, 141
 - de Kelvin-Helmholtz, 141
 - lanthanidique, 387
 - de Lorentz(-FitzGerald), 142
- contrainte(s), 142
 - de cisaillement, 142
 - holonome, 338
 - jauge de, 369
 - tenseur des, 670
 - de traction, 142
- contraste, 142
 - inversion du, 365
 - de phase (microscopie à), 438
- contravariant, 142
- contre-électromotrice (force), 288
- contrôle actif, 143
- convection, 143
- convective (dérivée), 179
- convention
 - d'Einstein, 143
 - générateur, 143
 - récepteur, 143
 - de signe, 144
 - de sommation d'Einstein, 143
- Convention du Mètre, 143
- convergence, 144
 - rapport de, 319
- convergente (lentille), 393
- conversion
 - facteur de, 268
 - interne, 144
 - d'unités, 144
- convertisseur
 - analogique-numérique, 144
 - courant-tension, 144
 - numérique-analogique, 144
 - tension-courant, 144
- convexe, 144
 - miroir, 441
- convolution, 145

Index

- Coolidge (tube de), 702
- Cooper, 145
 - paire de, 493
- coordonnée(s), 145
 - azimutales, 145
 - canonique(s), ▷ variables canoniques
 - cartésiennes, 145
 - célestes, 145
 - curvilignes, 145
 - cylindriques, 145
 - d'Eddington-Finkelstein, 223
 - équatoriales, 146
 - eulériennes, 146
 - généralisées, 146
 - horizontales, ▷ coordonnées azimutales
 - de Kruskal-Szekeres, 380
 - lagrangiennes, 146
 - polaires, 147
 - singularité de, 628
 - sphériques, 147
 - système de, 145
- Copenhague (interprétation de), 362
- Copernic
 - Nicolas, 147
 - référentiel de, 585
 - système de, 657
- copernicium, 147
- Corbino (disque de), 205
- corde(s)
 - cosmique, 147
 - de Melde, 148
 - noire, 148
 - super-, ▷ théorie des cordes
 - théorie des, 676
 - vibrantes (équation des), 148
- Coriolis
 - accélération de, 7
 - force de, 288
- cornée, ▷ œil
- Cornu (spirale de), 639
- coronographe, 148
- Corot, 148
- corps
 - composé, 149
 - gris, 148
 - noir, 149
 - spectre de, 149
 - petits (du Système solaire), 515
 - problème à deux, 553
 - problème à N , 554
 - problème à trois, 554
 - pur, 149
 - simple, 149
- corpuscule, 149
 - dualité onde-, 215
- correction
 - à l'air libre, 149
 - de Bouguer, 80
 - de Faye, 149
- corrélation, 149
 - fonction de, 283
 - d'intensité, 149
 - longueur de, 403
- correspondance
 - AdS/CFT, 150
 - principe de, 149
- corrugation, 150
- cortège électronique, 150
- cosinus
 - hyperbolique, 284
- cosmique
 - corde, 147
 - horizon, 340
 - rayon, 578
 - rayonnement, ▷ rayon cosmique
 - variance, 714
- cosmologie, 150
 - d'Aristote, 657
 - branaire, 150
 - modèle standard de la, 443
 - primordiale, 550
- cosmologique(s)
 - constante, 138
 - ère, 253
 - expansion, 265
 - facteur d'échelle, 269
 - fluide, 281
 - formation des structures, 292
 - horizon, 340
 - paramètres, 501
 - principe, 551
 - rayonnement de fond, 581
 - temps, 669
- COSMOS (satellites), ▷ sursaut gamma
- cosmotron, 151
- Cotton
 - balance de, 56
 - effet, 151
 - Mouton (effet), 151
 - du vide, 151
- couche(s)
 - antireflet, 151
 - d'appauvrissement, ▷ zone de déplétion
 - d'Appleton, 151
 - D, ▷ ionosphère
 - de déplétion, ▷ zone de déplétion
 - E, ▷ ionosphère
 - d'Ekman, 151
 - électronique, 151
 - F, ▷ ionosphère
 - d'inversion, 151
 - K, ▷ couche électronique
 - de Kennelly-Heaviside, 151
 - L, ▷ couche électronique
 - limite, 151
 - M, ▷ couche électronique
 - de masse, 152
 - mince, 152
 - modèle en, 442
 - sous- (électronique, 633
- coude (tension de), 672
- Couette
 - écoulement de, 222
 - expérience de Taylor-, 662
- couleur(s), 152
 - du ciel, 153
 - interaction de, 357
 - interférentielle, 153
 - supraconductivité de, 651
 - température de, 666
- Coulomb
 - Charles, 153
 - force de, 289
 - frottement de, 301
 - jauge de, 369
 - loi de, 153
 - lois de, ▷ frottement de Coulomb
 - module de, ▷ module de cisaillement
- coulomb, 153
- coulombien
 - cristal, 160
- coulombien(-ne)
 - barrière, 61
 - modèle, 442
- coup de bélier, 153
- coupé (flux), 282
- couplage, 154
 - constante de, 138
 - jj, 154
 - LS, 154
 - de Russell-Saunders, 154
 - spin-orbite, 154
- couple, 154
- couplées (oscillations), 489
- couplés (oscillateurs), 489
- coupure
 - géomagnétique, 154
 - GZK, 154
 - paramètre de, 501
- courant, 155
 - balance de, 57
 - chargé, 155
 - continu
 - moteur à, 453
 - de court-circuit, 155
 - critique, 155
 - de Foucault, 155
 - de défaut, 155
 - densité de, 177
 - de déplacement, 155
 - diviseur de, 211, ▷ diviseur électrique, 155
 - de fuite, 156
 - lié, 156
 - ligne de, 397
 - magellanique, 156
 - neutre, 156
 - d'obscurité, 156
 - permanent, 156
 - photo-, ▷ effet photoélectrique
 - de probabilité, 156
 - quadrivecteur
 - densité de, 563
 - de spin, 156
 - de surcharge, 157
 - tension (convertisseur), 144
- courbe
 - d'Aston, 45
 - de Bragg, 157
 - de coexistence, 157
 - d'ébullition, 219
 - d'hystérésis, 157

- d'inversion, 157, ▷ température d'inversion
 - de Lissajous, 157
 - de première aimantation, 158
 - de rosée, 609
 - de rotation, 158
 - spinodale, 158
 - de Stribeck, 158
 - courbure, 158
 - centre de, 98
 - de champ, 158
 - de Petzval, ▷ courbure de champ
 - rayon de, 578
 - de Ricci, 159
 - tenseur de, 670
 - couronne
 - effet, 224
 - solaire, 159
 - court-circuit, 159
 - courant de, 155
 - courte dérivation, 179
 - coussinet, ▷ distorsion
 - covalent (rayon), 578
 - covalent(e)
 - liaison, 396
 - covariance, 159
 - covariant(e), 159
 - dérivée, 179
 - covecteur, ▷ forme
 - covolume, 712
 - CP, 160
 - violation de, 720
 - CPT, 160
 - violation de, 721
 - Cr, ▷ chrome
 - cratère, 160
 - création
 - opérateur de, 484
 - crépuscule, 160
 - astronomique, 160
 - civil, 160
 - nautique, 160
 - crête
 - détecteur, 183
 - valeur de, 711
 - cristal, 160
 - apériodique, 160
 - coulombien, 160
 - idéal, 161
 - liquide, 161
 - négatif, ▷ uniaxe
 - phononique, 161
 - phonique, 161
 - positif, ▷ uniaxe
 - quasi-, 567
 - uniaxe, 705
 - de Wigner, ▷ solide de Wigner
 - cristallin, ▷ œil
 - cristallin(e)
 - défaut, 174
 - lame, 384
 - réseau, 600
 - solide, 160
 - cristallographie, 161
 - cristaux liquides, 161
 - affichage à, 13
 - critère
 - de Lawson, 161
 - de Rayleigh, 161
 - critique
 - amortissement, 22
 - champ, 103
 - courant, 155
 - densité, 177
 - exposant, 266
 - masse, 418
 - opalescence, 484
 - point, 531
 - quantique, 531
 - régime, 588
 - température, 667
 - crochets de Poisson, 161
 - croisées (égalité des dérivées), 194
 - croix d'Einstein, 162
 - Crookes
 - radiomètre de, 572
 - tube de, 702
 - crown (verre), 719
 - Crunch (Big), 69
 - cryogénie, 162
 - cryostat, 162
 - cryotron, 162
 - cryptographie quantique, 162
 - Cs, ▷ césium
 - Ct, ▷ carnot
 - Cu, ▷ cuivre
 - cube de Leslie, 162
 - cuivre, 162
 - pertes, 514
 - culbuto, 162
 - Curie
 - Weiss (loi de), 163
 - loi de, 163
 - Marie, 162
 - Pierre, 163
 - principe de, 163
 - température de, 667
 - curie, 163
 - curium, 163
 - curl, ▷ rotationnel
 - curviligne(s)
 - abscisse, 5
 - coordonnées, 145
 - cut-off, 163, ▷ paramètre de coupure
 - cuve à ondes, 163
 - cycle, 163
 - d'Atkinson, 47
 - de Bethe, ▷ cycle CNO
 - de Claude, 164
 - CNO, 164
 - de Brayton, 164
 - de Carnot, 164
 - de Diesel, 165
 - de Hirn, 165
 - de Rankine, 166
 - de Sabathé, 166
 - ditherme, 165
 - de Joule, ▷ cycle de Brayton
 - limite, 165
 - moteur, 165
 - de nucléosynthèse, 165
 - de Otto-Beau de Rochas, 165
 - pp, ▷ cycle proton-proton
 - proton-proton, 166
 - solaire, 166
 - cyclique, 166
 - cycloïde, ▷ brachistochrone, 167, ▷ pendule de Huygens, ▷ tautochrone
 - cyclotron, 167
 - fréquence, 298
 - synchro-, 656
 - cylindre
 - de Faraday, 167
 - de Tipler, 167
 - cylindriques (coordonnées), 145
-
- ## D
-
- D
 - bascule, 62
 - couche, ▷ ionosphère
 - $\vec{D}$, ▷ déplacement électrique
 - Da, ▷ dalton
 - daguerréotype, ▷ photographie
 - d'Alembert
 - opérateur de, ▷ d'alembertien
 - paradoxe de, 496
 - d'alembertien, 168
 - Dalton
 - loi de, 168
 - théorie atomique de, 168
 - dalton (Da), 168
 - daraf, 168
 - darce, 168
 - darcy (D), 168
 - Darcy (loi de), 169
 - darmstadtium, 169
 - Darwin
 - terme de, 169
 - Darwin (lagrangien de), 383
 - datation, 169
 - Daunt-Mendelssohn (expérience de), 169
 - Davisson-Germer (expérience de), 170
 - Db, ▷ dubnium
 - dB, ▷ décibel
 - dBc, 170
 - dBnps, ▷ dB SPL
 - dB SPL, 170
 - dBW, 170
 - DC, ▷ continu
 - ddp, ▷ différence de potentiel
 - de Broglie, 170
 - longueur d'onde de, 404
 - relation de, 170
 - de Gennes, 170
 - de Haas
 - Einstein- (effet), 230
 - Shubnikov- (effet), 625
 - van Alphen (effet), 171
 - de Sitter
 - Einstein- (effet), 230
 - Einstein- (univers de), 709
 - univers de, 708
 - De Witt, 171
 - débit, 171
 - de dose, 171
 - débitmètre de Venturi, 171

Index

- Deborah (nombre de), 171
- Debye
 - force de, 289
 - longueur de, 403
 - modèle de, 171
- debye, 171
- dec, ▷ déclinaison
- déca-, 172
- décalage
 - isotopique, 172
 - spectral, 172
 - vers le rouge, 172
- décalescence, 172
- décélérateur d'antiprotons, 172
- décélération, 172
- décharge, 172
 - lampe à, 385
- déci-, 172
- décibel, 172
 - au-dessus du watt, 170
- décimation, 173
- déclinaison, 173
 - magnétique, 173, ▷ pôle nord
 - magnétique
- décohérence, 173
- déconfinement, 173
- décrément logarithmique, 173
- décroissance, 173
 - radioactive (loi de), 173
- décuplet, 173
- défaut
 - cristallin, 174
 - de Frenkel, 174
 - intersticiel, ▷ intersticiel
 - d'isolement, 174
 - de masse, 174
 - quantique, 174
 - de Schottky, 174, ▷ lacune
 - topologique, 174
- déférent, 175
- déflagration, 175
- déformation(s), 175
 - tenseur des, 670
 - tenseur des vitesses de, 672
- dégagement oculaire, ▷ distance
 - oculaire
- dégénéré
 - état, 257
 - gaz, ▷ gaz de Fermi
 - semiconducteur, 622
- dégénérescence, 175
 - levée de, 395
 - pression de, 549
- degré, 175
 - Celsius, 175
 - liberté, 175
 - Fahrenheit, 175
 - Rankine, 175
 - Réaumur, 176
- DEL, ▷ diode électroluminescente
- del (opérateur), ▷ nabla
- délocalisé, 176
- Delta [Δ], 176
- delta [δ]
 - de Dirac, ▷ distribution de Dirac
 - fonction, ▷ distribution de Dirac
 - de Kronecker, 380
- démagnétisant
 - champ, 103
 - facteur, 268
- démagnétisation, ▷ désaimantation
- démodulation, 176
- démon, 176
 - de Laplace, 176
 - de Maxwell, 176
- démouillage, 177
- densimètre, ▷ aréomètre, ▷ aréomètre
- densité, 177
 - absolue, ▷ masse volumique
 - de courant
 - quadrivecteur, 563
 - critique, 177
 - de courant, 177
 - lagrangienne, 177
 - matrice, ▷ opérateur densité
 - numérique, 177
 - onde de, 480
 - opérateur, 484
 - optique, 177
 - paramètres de, 501
 - probabilité, 178
 - relique, 178
 - spectrale de puissance, 52
- déphasage, 178
- déplacement
 - courant de, 155
 - déplacement, 178
 - élémentaire, 178
 - de Lamb, 178
 - vecteur, 716
- déploreur, 178
- déplétion, 178
 - zone de, 740
- dépolarisant (champ), 103
- dépoli, 179
- dépression, 179
- dérivateur (montage), 451
- dérivation
 - courte, 179
 - longue, 179
 - montage en, ▷ montage en
 - parallèle
- dérive, 179
 - chambre à, 102
 - vitesse de, 724
- dérivée, 179
 - convective, 179
 - covariante, 179
 - croisées (égalité des), 194
 - directionnelle, 180
 - fonctionnelle, 180
 - de Lie, 181
 - logarithmique, 181
 - matérielle, ▷ dérivée convective
 - particulaire, ▷ dérivée convective
 - partielle, 181
 - totale, 181
- Dermott (loi de), 181
- Derviche Tourneur Sodium, 182
- Désaguliers (expérience de), 182
- désaimantation, 182
 - adiabatique, 182
- Descartes
 - construction de, 139
 - formule de, 182
 - lois de, 182
 - René, 182
- désexcitation, 183
- désintégration, 183
 - bêta inverse, ▷ capture
 - électronique
 - constante de, 183
 - à deux protons, 183
 - double beta, 183
 - photo-, 517
 - du proton, 183
- désorption, 183
- détecteur, 183
 - Cherenkov, 111
 - de crêtes, 183
 - de fumée, ▷ americium, 184
 - d'ionisation, 184
 - à scintillation, 184
- détection
 - directe, 184
 - indirecte, 184
 - synchrone, 184
- détente, 185
 - de Joule–Gay-Lussac, 185
 - de Joule-Thomson, 185
- déterminant de Slater, 185
- déterminisme, 185
- détonation, 186
- détramage, 186
- deutérium, 186
- deuteron, 186, ▷ deutérium
- deuton, 186
- développée (turbulence), 704
- développement, 186
 - limité, 186
 - multipolaire, 186
 - perturbatif, ▷ perturbatif
 - post-minkowskien, 40
 - post-newtonien, 542
 - de Taylor, ▷ série de Taylor
- déviation
 - angle de, 28
 - géodésique, 187
 - de la lumière, 187
 - minimum de, 439
 - standard, ▷ écart-type
 - vers l'est, 187
- Dewar (vase de), 714
- dextrogyre, 188
- diagramme(s)
 - d'Amagat, 188
 - en arbre, 188
 - d'Argand, 188
 - binaire, 188
 - de Bode, 188
 - en boucle, 188
 - de Clapeyron, 189
 - de Mollier, 190
 - de Feynman, 189
 - de Fresnel, ▷ représentation de
 - Fresnel
 - de Hertzsprung-Russell, 189

- HR, ▷ diagramme de
 - Hertzsprung-Russell
- de Kruskal, 190
- de Livingstone, 190
- de Penrose-Carter, 190
- de phase, 191
- p - T , 191
- de Raveau, 191
- de rayonnement, 191
- thermodynamique, 191
- T - S , 192
- de Watt, 192
- diamagnétisme, 192
 - de Landau, 192
- diamant, 192
- diamètre angulaire, 192
- diapason, 193
 - de Hubble, 117
- diaphonie, 193
- diaphragme, 193
 - de champ, 193
 - à iris, 193
 - d'ouverture, 193
- diatherme, 193
- dibaryon, 193
- dichroïsme, 193
- Dicke (expérience de), 193
- diélectrique(s), 193
 - axe, 54
 - constante, 138
 - miroir, 440
 - permittivité, 513
 - pertes, 514
- Diesel (cycle de), 165
- différence
 - de chemin optique, 111
 - de potentiel, 194
- différentiel(-le), 194
- disjoncteur, 205
- équation, 249
- exacte, 194
- forme, 293
- rotation, 610
- section efficace, 621
- totale, 194
- diffractant(e)
 - auto-, 52
 - lentille, 393
 - non-, ▷ auto-diffractant
 - réseau, 600
- diffraction, 194
 - aigrette de, 16
 - de Bragg, 195
 - de Fraunhofer, 196
 - de Fresnel, 196
 - d'électrons, 195
 - éloignée, 195
 - figure de, 277
 - de Kapitza-Dirac, 374
 - limite de, 398
 - de neutrons, 196
- diffus(e)
 - rayonnement de fond, ▷
 - rayonnement de fond cosmologique
- diffuseur parfait, 196
- diffusion, 196
 - amplitude de, 24
 - angle de, 28
 - anormale, 197
 - Bhabha, 197
 - de Bohm, 197
 - Brillouin, 198
 - cercle de moindre, 99
 - coefficient de, 120
 - cohérente, 198
 - Compton, 128
 - Compton inverse, 128
 - équation de, 197
 - état de, 257
 - inélastique, 198
 - longueur de, 403
 - de Mie, 198
 - de neutrons, 198
 - Raman, ▷ effet Raman
 - Rayleigh, 198
 - de Rutherford, 198
 - sous-, ▷ diffusion anormale
 - super-, ▷ diffusion anormale
 - thermo-, 678
 - Thomson, 198
- diffusivité
 - magnétique, 199
 - thermique, 199
- digital, ▷ numérique
- digitation visqueuse, ▷ instabilité de
 - Saffman-Taylor
- dilatabilité, ▷ coefficient de dilatation
 - thermique
- dilatance, 199
- dilatant, ▷ rhéoépaississant
- dilatation, 199
 - des durées, ▷ dilatation temporelle
 - temporelle, 199
 - thermique, 199
 - coefficient de, 121
- dimension(s), 199
 - fractale, ▷ dimension de Hausdorff
 - de Hausdorff, 200
 - supplémentaires, 200
 - système à basse, 63
- dimensionnelle
 - analyse, 25
 - régularisation, 590
- diode(s), 200
 - à avalanche, 200
 - électroluminescente(s), 200
 - affichage à, 13
 - Esaki, ▷ diode tunnel
 - de Fleming, ▷ diode à vide
 - Gunn, 201
 - idéale, 201
 - à jonction, 201
 - laser, 201
 - photo-, 518
 - pont de, 540
 - de roue libre, 201
 - tunnel, 201
 - à vide, 201
 - Zener, 201
- dioptre, 202
- sphérique, 202
- dioptrie, 202
- dipolaire
 - électrique (transition), 692
 - moment
 - électrique, 447
 - magnétique, 448
- dipôle, 202
 - actif, 202
 - électrique, 202
 - électrostatique, 202
 - passif, 203
- dipositronium, 203
- diquonium, 203
- Dirac, 203
 - constante de, ▷ constante de
 - Planck réduite, ▷ constante de Planck réduite
 - delta de, ▷ distribution de Dirac
 - distribution de, 209
 - distribution de Fermi-, 209
 - équation de, 203
 - formalisme de, 204
 - hypothèse des grands nombres de, 345
 - impulsion de, ▷ impulsion
 - Kapitza (diffraction) de, 374
 - Kapitza (effet), 374
 - matrices de, 422
 - mer de, 429
 - monopôle de, 204
 - neutrino de, ▷ particule de Dirac
 - notation de, 204
 - particule de, 503
 - peigne de, 507
 - pic de, 209
- direct, 204
- direct(e)
 - détection, 184
 - mouvement, 456
 - sens, 622
- directionnelle (dérivée), 180
- directivité, 204
- discontinuité de Mohorovičić, 204
- disjoncteur, 205
 - magnétique, 205
 - thermique, 205
- dislocation, 205
- dispersif (pouvoir), 546
- dispersion, 205
 - colloïdale, ▷ dispersion solide
 - forces de, ▷ forces de van der Waals
 - relation de, 591
 - solide, 205
- disque
 - d'accrétion, 9
 - compact, 205
 - de Corbino, 205
 - de Faraday, 206, ▷ roue de Barlow
 - galactique, 206
 - protoplanétaire, 206
 - de Rowland, ▷ expérience de Rowland
- dissipation, 206
 - échelle de, ▷ échelle de Kolmogorov

- dissolution, 206
distance, 206
 action à, 10
 algébrique, ▷ algébrique, 206
 angulaire, 206
 d'anneau, 207
 cosmiques (échelle des), 219
 focale, 207
 hyperfocale, 207
 de luminosité, 207
 oculaire, 207
distancemètre, 312
distorsion, 207
distribution, 207
 de Bose-Einstein, 209
 de Cauchy, ▷ distribution
 lorentzienne
 de Dirac, 209
 de Fermi-Dirac, 209
 fonction de, 283
 gaussienne, 209
 lorentzienne, 209
 de Maxwell-Boltzmann, 210
 corrigée, 210
 de Poisson, 210
 de probabilité, ▷ densité de
 probabilité
 des vitesses de Maxwell, 210
ditherme (cycle), 165
diurne
 libration, 397
div, ▷ divergence
divergence, 211
divergente (lentille), 393
diviseur, 211
 de courant, 211
division
 de l'amplitude, 212
 du front d'onde, 212
do, ▷ note
domaine
 magnétique, ▷ domaine de Weiss
 de validité, 212
 de Weiss, 212
donneur, 212
 niveau, 467
dopage, 212
Doppler
 effet, 212
 élargissement, 230
Doppler-Fizeau (effet), ▷ effet
 Doppler
dose, 213
 débit de, 171
 équivalent de, 252
dosimètre, 213
double
 bêta (désintégration), 183
 désintégration beta, 183
 pendule, 508
 produit vectoriel, 213
 réfraction, 213
doublement de fréquence, 214
doublet, 214
 achromatique, 214
 électrique, ▷ doublet de Hertz
 de Hertz, 214
 jaune du sodium, 214
doux
 fer, 273
 ferromagnétique, 275
down, 214
drain, 214
Drake (équation de), 214
droite
 ascension, 44
 de charge, 215
Drude (modèle de), 215
Ds, ▷ darmstadtium
Du Buat (paradoxe de), 496
Du Noüy (anneau de), 31
dual, 215
 de Hodge, 337
dualité, 215
 de Maldacena, ▷ correspondance
 AdS/CFT
 onde-corpuscule, 215
 onde-particule, ▷ dualité
 onde-corpuscule
Duane-Hunt (règle de), 215
dubnium, 216
ductilité, 216
Duffing (équation de), 216
Duhem (relation de Gibbs-), 314
Dulong-Petit (loi de), 216
Dunoyer (expérience de), 216
Duperray (formule de), 216
Dupré (formule de), 216
dur, 216
 ferromagnétique, 275
durée(s), 216
 allongement des, ▷ dilatation
 temporelle
 dilatation des, ▷ dilatation
 temporelle
dures (sphères), 636
dureté, 216
Dy, ▷ dysprosium
dyn, 217
dynamalpie, 217
dynamide, ▷ atome de Lenard
dynamique, 217
 coefficient de frottement, 301
 équilibre, 251
 friction, 299
 localisation, 401
 moment, 448
 pression, 549
 principe fondamental de la, ▷
 relation fondamentale de la
 dynamique
 relation fondamentale de la, 591
 résultante, 606
 système, 658
 torseur, 686
dynamo
 de Bullard, 217
 effet, 224
 de Rikitake, 217
dynamomètre, 217
 électro-, 232
dyne, 217
dynode, 217
dyon, 217
Dysnomie, ▷ Eris
Dyson (sphère de), 637
dysprosium, 217
-
- E**
- E, ▷ eötvös
 couche, ▷ ionosphère
Earnshaw (théorème d'), 218
eau, 218
 équivalent en, ▷ valeur en eau
 lourde, 218
 semi-lourde, ▷ eau lourde
 valeur en, 711
ébullition, 219
 courbe d', 219
 point d', 219
 retard à l', 606
écart-type, 219
échange
 intégrale d', 356
 interaction d', 358
 super-, 647
 thermique (coefficient d'), 121
échangeur, 219
échantillonnage, 219
 fréquence d', 298
 sous-, 634
 sur-, 652
échappement (vitesse d'), ▷ vitesse de
 libération
échelette (réseau), 600
échelle
 de Brinell, 219
 de dissipation, ▷ échelle de
 Kolmogorov
 des distances cosmiques, 219
 facteur d'échelle cosmologique,
 269
 d'injection, 220
 internationale pratique de
 température, 220
 internationale de température,
 220
 invariance d', 364
 de Kolmogorov, 220
 logarithmique, 220
 loi d', 219
 de Newton, 220
 de perroquet, 220
 de Richter, 220
 de Roëmer, 220
 de température, 220
échelons
 lentille à, ▷ lentille de Fresnel
 réseau à, 601
ECHO, 221
écho, 221
écholocalisation, ▷ écho
Eckert (nombre d'), 221
éclair(s), 221
 tube à, 702
éclairage, 221
éclateur, 221
éclipse, 221

- écliptique, 222
- ECOC, ▷ observable
- écoulement, 222
 - de Couette, 222
 - fluvial, 222
 - laminaire, 222
 - plastique, 222
 - torrentiel, 222
 - turbulent, 222
 - de Venturi, 222
 - visqueux, 222, 223
- écran, 223
 - effet d', ▷ écrantage
- écrantage, 223
- écriture scientifique, 471
- écrouissage, 223
- Eddington
 - Arthur Stanley Sir, 223
 - expérience d', 223
 - Finkelstein (coordonnées de), 223
 - limite d', 399
 - nombre d', 223
- EDELWEISS, 224
- EDQ, ▷ électrodynamique quantique
- effectif(ve)(s)
 - charge, 108
 - lagrangien, 383
 - masse, 419
 - température, 667
- effet
 - Aharonov-Bohm, 15
 - Auger, 51
 - Barkhausen, 60
 - Barnett, 60
 - Bergeron, 65
 - Bohm-Aharonov, ▷ effet
 - Aharonov-Bohm
 - de bords, 78
 - Casimir, 93
 - de champ (transistor à), 692
 - Cherenkov, 111
 - chien de garde, ▷ effet Zénon
 - Coanda, ▷ effet théière
 - Compton, 128
 - Compton inverse, 128
 - Cotton, 151
 - Cotton-Mouton, 151
 - du vide, 151
 - couronne, 224
 - de Haas-van Alphen, 171
 - Doppler, 212
 - Doppler-Fizeau, ▷ effet Doppler
 - dynamo, 224
 - d'écran, ▷ écrantage
 - Einstein, 229
 - Einstein-de Haas, 230
 - Einstein-de Sitter, 230
 - d'entraînement des référentiels, ▷
 - effet Lense-Thirring
 - Eötvös, 248
 - Ettingshausen, 261
 - Faraday, 272
 - fontaine, 224
 - Goos-Hänchen, 316
 - Gunn-Peterson, 324
 - gyroscopique, 225
 - de Haas-van Alphen, 171
 - Hall, 326
 - anormal, 326
 - extraordinaire, ▷ effet Hall
 - anormal
 - quantique, 326
 - de spin, 326
 - Hartman, 330
 - Jahn-Teller, 369
 - Josephson, 371
 - Joule, 371
 - Joule-Kelvin, ▷ effet
 - Joule-Thomson
 - Joule-Thomson, 372
 - Kelvin, 375, ▷ équation de Kelvin,
 - ▷ effet de peau
 - Kerr, 376
 - Kerr magnéto-optique, 377
 - Kikoin, 377
 - Knudsen, 379
 - Kondo, 379
 - Kundt, 381
 - Landau-Pomeranchuk-Migdal, 386
 - Larsen, 389
 - laser, 225
 - Leidenfrost, 392
 - Lense-Thirring, 392
 - de lentille gravitationnelle, 394
 - lotus, 225
 - magnétocalorique, 225
 - magnéto-optique, 225
 - Magnus, 415
 - Marangoni, 415
 - marée de, 416
 - Meissner, 428
 - Meissner-Ochsenfeld, 428
 - Mössbauer, 453
 - Mpemba, 457
 - MSW, 457
 - Nernst, 463
 - Nordtvedt, 470
 - papillon, 225
 - Paschen-Back, 506
 - Pauli, ▷ Pauli
 - de peau, 507
 - anormal, 507
 - magnétique, 507
 - Peltier, 508
 - photoconducteur, 225
 - photoélectrique, 225
 - photovoltaïque, 226
 - piézo-électrique, 524
 - de pincement, 525
 - Pockels, 530
 - de pointe, 534
 - Pomeranchuk, 539
 - Purcell, 561
 - Raman, 574
 - Ramsauer-Townsend, 574
 - Sachs-Wolfe, 614
 - Sagnac, 615
 - Schottky, 617
 - Schwinger, 618
 - Seebeck, 621
 - de serre, 624
 - Shapiro, 625
 - Shubnikov-de Haas, 625
 - Soret, 633
 - Stark, 640
 - Sunyaev-Zel'dovich, 646
 - Terrell-Penrose, 674
 - théière, 226
 - thermoélectrique, 678
 - Thomson, 681
 - Tolman-Stewart, 683
 - tunnel, 226
 - microscope à, 436
 - Tyndall, 704
 - Unruh, 709
 - Venturi, 718
 - Voigt, 727
 - Volta, 728
 - Weissenberg, 731
 - Wigner, 733
 - Yarkovsky, 736
 - Zeeman, 738
 - Zel'dovich, 738
 - Zener, ▷ diode Zener
 - Zénon, 738
- efficace
 - rayon, 579
 - section, 620
 - valeur, 711
- efficacité
 - lumineuse, 227
 - quantique, 227
- efflorescence, 227
- effondrement
 - de la fonction d'onde, ▷ réduction
 - du paquet d'ondes
 - gravitationnel, 227
- efforts, 227
- effusion, 227
- égale épaisseur (franges d'), 296
- égale inclinaison (franges d'), 296
- égalité des dérivées croisées, 194
- EHF, ▷ radiofréquences
- Ehrenfest, 227
 - classification d', 227
 - formules d', 228
 - paradoxe d', 496
 - relations d', ▷ théorème d'
 - Ehrenfest
 - théorème d', 228
- eidophore, 228
- Eiffel (paradoxe d'), 496
- eikonale, ▷ iconale
- Einstein
 - Albert, 228
 - anneau d', 31
 - ascenseur d', 43
 - coefficients d', 121
 - convention d', 143
 - convention de sommation d', 143
 - croix d', 162
 - de Sitter
 - effet, 230
 - univers d', 709
 - distribution de Bose-, 209
 - effet, 229
 - équations d', 229
 - de Haas (effet), 230

- Hilbert (lagrangien d'), 383
- modèle d', 229
- Podolski-Rosen (paradoxe de), 496
- réfrigérateur d', 588
- relation de Planck-, 527
- Rosen (pont d'), 701
- statistique de Bose-, > distribution de Bose-Einstein
- Stokes- (relation de), 644
- Szilárd (pompe), 539
- train d', 687
- univers d', 709
- einstein, 229
- Einstein (univers d'), 709
- einsteinium, 230
- EIPT-68, > échelle internationale pratique de température
- EIT-90, > échelle internationale de température
- Ekman
 - couche d', 151
 - nombre d', 230
- ekpyrotique (scénario), 617
- élargissement
 - collisionnel, 230
 - Doppler, 230
- élargisseur de faisceau, 230
- élasticité, 231
 - limite d', 399
 - module d', 445
 - tenseur d', 670
- élastique, 231
 - onde, 480
- élastiquement lié (modèle de l'électron), 233
- Eldrige (expérience d'), 231
- électret, 231
- électricité, 231
 - anti-ferro-, > ferroélectricité
 - ferro-, 275
 - pyro-, 561
 - statique, 231
 - tribo-, 696
- électrique
 - accumulateur, 9
 - ampoule, 24
 - arc, 40
 - champ, 104
 - charge, 108
 - circuit, 114
 - courant, 155
 - densité de flux, > déplacement électrique
 - dipôle, 202
 - doublet, > doublet de Hertz
 - excitation, > déplacement électrique
 - grêle, 322
 - image, 347
 - impédance, 348
 - intensité, 357
 - ligne de champ, 397
 - machine, 410, > électrostatique
 - moment, 448
 - moment dipolaire, 447
 - moteur, 453
 - œuf, 478
 - pile, 524
 - potentiel, 542, 543
 - résistance, 602
 - susceptibilité, 654
 - tension, 672
 - transition dipolaire, 692
 - vent, 717
- électro-aimant, 231
- électrode, 231
- électrodynamique, 232
 - classique, 232
 - quantique, 232
- électrodynamomètre, 232
- électrofaible
 - brisure, 83
 - interaction, 358
- électroluminescence, 232
- électroluminescente (diode), 200
 - affichage à, 13
- électrolytique (condensateur), 129
- électromagnétique(s)
 - champ, 104
 - énergie, 240
 - gerbe, 314
 - induction, 351
 - masse, 419
 - onde, 480
 - rayonnement, > onde électromagnétique
 - spectre, 635
 - unités, 707
- électromagnétisme, 232
 - lagrangien de l', 383
- électromètre, 232
- électromoteur (champ), 104
- électromotrice (force), 289
 - induite, 289
- électron(s), 232
 - Auger, 233
 - biprisme à, 72
 - canon à, 90
 - de cœur, 233
 - diffraction d', 195
 - élastiquement lié, 233
 - K, > couche électronique
 - L, > couche électronique
 - libre, 233
 - libres (laser à), 391
 - M, > couche électronique
 - photo-, 518
 - positif, > positon
 - rayon classique de l', 578
 - de valence, 233
 - volt (eV), 233
- électron-volt (eV), 233
- électronique, 233
 - affinité, 14
 - capture, 92
 - circuit, 114
 - configuration, 134
 - cortège, 150
 - couche, 151
 - diffusion Raman, 574
 - microscope, 437
 - nuage, > cortège électronique
 - de puissance, 234
 - quantique, 234
 - sous-couche, 633
 - de spin, 234
 - structure, 645
 - température, 667
- électrophore, 234
- électrophorèse, 234
- électrorhéologique, 234
- électrorotation, > rotation de Quincke
- électroscope, 234
 - à feuilles d'or, 234
- électrostatique(s), 234
 - carillon, 92
 - champ, 104
 - énergie, 240
 - générateur, 311
 - influence, 353
 - lentille, 393
 - machine, 410
 - potentiel, 543
 - pression, 549
 - tourniquet, 687
 - unités, 707
- électrostriction, 234
- élément(s), 234
 - artificiel, 234
 - classification périodique des, 117
 - radio-, 571
 - de réduction, > torseur
 - superlourd, > transactinide
- élémentaire, 235
 - charge, 109
 - déplacement, 178
 - excitation, 264
 - particule, 503
- ELF, > radiofréquences
- elfe, 235
- ellipse, 236
- ellipsoïde, 236
 - de Heaviside, 236
 - des indices, 236
 - de Jacobi, 236
 - de McLaurin, 237
 - de Riemann, 237
- ellipticité, 237
- elliptique
 - galaxie, 305
 - translation, 693
- éloignée (diffraction), 195
- élongation, 237
- émagramme, 237
- émanation, 237
- émanométrie, 237
- embranchement (rapport d'), 575
- émergence, 237
- émetteur, 237
- émission, 237
 - de champ, 237
 - microscope à, 437
 - à effet de champ, 237
 - froide, > émission de champ
 - induite, > émission stimulée
 - ligne d', 397
 - secondaire, 238

- spectre d', 635
- spontanée, 238
- stimulée, 238
- thermoionique, 238
- émissivité, 238
- émittance, ▷ exitance
- empirique, 238
- émulsion, 238
- énantiomère, 238
- endergonique, 238
- endoénergétique, 239
- endothermique, 239
- énergétique
 - flux, 282
 - intensité, 357
- énergie, 239
 - bande d', 58
 - cinétique, 239
 - théorème de l', 239
 - conservation de l', 137
 - électromagnétique, 240
 - électrostatique, 240
 - de Fermi, 241
 - fossile, 294
 - géothermique, 241
 - impulsion
 - quadrivecteur, 563
 - tenseur, 670
- interne, 241
- de liaison, 241
- libre, 241
- magnétique, 242
- marémotrice, 242
- maréthermique, 242
- de masse, 242
- mécanique, 243
 - théorème de l', 243
- négative, 243
- niveau d', 467
- noire, 243
- pertes d', 514
- physique des hautes, 520
- de point zéro, 243
- potentielle, 243
 - de pesanteur, 243
- de réaction, 244
- réticulaire, 244
- de Rydberg, 244
- de seuil, 244
- sombre, 243
- utilisable, ▷ exergie
- enrichissement, 244
- enroulement, 244
- ensemble
 - canonique, 244
 - complet d'observables qui commutent, 244
 - de Gibbs, 244, ▷ ensemble statistique
 - grand-canonique, 244
 - microcanonique, 245
 - statistique, 245
- enstrophie, 245
- enthalpie, 245
 - de changement d'état, ▷ chaleur latente
- libre, 245
- entière (série), 623
- entraînement
 - accélération d', 7
 - force d'inertie d', 290
 - partiel de l'éther, 245
 - des référentiels (effet d'), ▷ effet Lense-Thirring
 - vitesse d', 724
- entrée
 - impédance d', 348
 - inverseuse, 246
 - non inverseuse, 246
- entrefer, 246
- entretenu (oscillateur), 489
- entropie, 246
 - concavité de l', 128
 - de Gibbs, 247
 - de mélange, 247
 - principe du maximum d', 424
 - résiduelle, 247
- environnement, 247
- éolipyle, 248
- Eötvös
 - effet, 248
 - expérience d', 248
 - Loránd, 248
 - nombre d', ▷ nombre de Bond
- eötvös, 248
- épaisseur
 - franges d'égale, 296
 - de peau, ▷ effet de peau
- épars (objets), 248
- éphéméride(s), 248
 - temps des, 669
- épicycle, 248
- épidiascope, 249
- épitaxie, 249
- épithermique, 249
- EPR (paradoxe), 496
- epsilon [ε], 249
- épurateur de faisceau, 249
- équant, 249
- équateur, 249
- équation(s)
 - d'advection, 13
 - algébrique, 249
 - de Berthelot, 66
 - de Bloch, 73
 - de Boltzmann, 76
 - de Burger, 86
 - de Callan-Symanzik, 88
 - de Callendar-Van Dusen, 679
 - de Cauchy-Riemann, 95
 - de la chaleur, 249
 - cinétique, 114
 - de conservation, 137
 - constitutive, 249
 - de continuité, 137
 - de continuité, 141
 - des cordes vibrantes, 148
 - aux dérivées partielles, 249
 - différentielle, 249
 - de diffusion, 197
 - de Dirac, 203
 - de Drake, 214
- de Duffing, 216
- eikonale, ▷ équation iconale
- d'Einstein, 229
- d'état, 250
 - de Clausius, 250
 - de van der Waals, 712
- d'Euler, 261
- d'Euler-Lagrange, ▷ équations de Lagrange
- de Fokker-Planck, 282
- de Frank-Tamm, 297
- de Fresnel, 299
- de Friedmann, 300
- de Friedmann-Robertson-Lemaître, 300
- des gaz parfaits, 309
- des géodésiques, 250
- de Hamilton, 327
- de Hamilton-Jacobi, 328
- de Helmholtz, 333
- horaire, 250
- iconale, 346
- KdV, ▷ équation de Korteweg-de Vries
- de Kelvin, 375
- de Kepler, 376
- de Killing, ▷ vecteur de Killing
- de Klein-Gordon, 378
- de Korteweg-de Vries, 380
- de Lagrange, 382
- de Lamé-Navier, 385
- de Lane-Emden, 386
- de Langevin, 387
- de Laplace, 387
- de Liouville, 399
- de Liouville-von Neumann, 400
- de London, 402
- maîtresse, 415
- de Mason-Weaver, 417
- de Maxwell, 424
- de Maxwell-Ampère, 425
- de Maxwell-Faraday, 426
- du mouvement, 455
- de Navier-Stokes, 462
- d'onde, 250
- des ondes, 479
- de Papapetrou, 493
- de Pauli, 506
- de Poisson, 535
- de propagation, 557
- de Rarita-Scwinger, 576
- de Rayleigh, 576
- de Sackur-Tetrode, 614
- de Schrödinger, 617
- de Sine-Gordon, 627
- de Stokes, 644
- des télégraphistes, 663
- de Tsiolkovski, 701
- de van der Waals, 712
- de Vlasov, 727
- de Wheeler-De Witt, 732
- équatoriales (coordonnées), 146
- équilibre, 251
 - dynamique, 251
 - statique, 251

- équilibre, 251
 - indifférent, 251
 - instable, 251
 - mécanique, 251
 - stable, 251
 - thermique, 251
 - thermodynamique, 251
 - local, 252
- équinoxe(s), 252
 - précession des, 547
- équipartition
 - de l'énergie, 252
 - théorème de l', 252
- équipotentielle, 252
- équiprojectif, 252
- équivalence
 - masse-énergie, 252
 - principe d', 551
- équivalent
 - de dose, 252
 - en eau, ▷ valeur en eau
 - mécanique de la chaleur, 253
- équivalente
 - impédance, 348
 - résistance, ▷ impédance
 - équivalente
- Er, ▷ erbium
- Eratosthène, 253
 - expérience d', 253
- erbium, 253
- ère cosmologique, 253
- erf, ▷ fonction d'erreur
- erfc, ▷ fonction d'erreur
- erg, 253
- ergodicité, ▷ hypothèse ergodique
- ergodique (hypothèse), 345
- ergosphère, 253
- Eris, 253
- EROS, 254, ▷ microlentille
 - gravitationnelle
- erreur, 254
 - d'arrondi, 254
 - complémentaire (fonction d'), ▷
 - fonction d'erreur
 - fonction d', 284
 - statistique, 254
 - systématique, 254
- Es, ▷ einsteinium
- Esaki (diode), ▷ diode tunnel
- escarpolette, ▷ balançoire
- espace
 - absolu, 254
 - de Calabi-Yau, 88
 - de Fock, 254
 - de Hilbert, 254
 - des phases, 255
 - propre, 255
 - tangent, 255
 - vectériel, 256
- espace-temps, 255
 - AdS, 708
 - anti de Sitter, 708
 - de de Sitter, 708
 - de Minkowski, 255
- espèce, 256
- espérance, 256
- essai
 - fonction d', 284
- est (déviation vers l'), 187
- éta [η], 256
- étain, 256
- étalement du paquet d'ondes, 256
- étalon, 257
 - kilogramme-, 378
 - mètre-, 433
- état
 - changement d', 107
 - cohérent, 257
 - correspondants
 - loi des, 257
 - principe des, 257
 - dégénéré, 257
 - de diffusion, 257
 - équation d', 250
 - excité, 257, ▷ excitation
 - fonction d', 284
 - de Hoyle, ▷ réaction triple alpha
 - intermédiaire, 257
 - lié, 257
 - macroscopique, 257
 - microscopique, 258
 - mixte, 258
 - propre, 258
 - pur, 258
 - quantique, 258
 - de Rydberg, ▷ atome de Rydberg
 - surface des, 653
 - thermodynamique, 258
 - variable d', 713
 - de vortex, ▷ état mixte
- étendue, 258
 - géométrique, 258
 - optique, 258
- éther, 259
 - entraînement partiel de l', 245
- étincelle(s), 259
 - chambre à, 102
 - de rupture, 259
- étoile(s), 259
 - artificielle, 259
 - du Berger, 259
 - à bosons, 259
 - étrange, 259
 - filante, 260
 - fixes (sphère des), 636
 - à neutrons, 260
 - polaire, 261
 - proto-, 557
 - transformation triangle-, ▷
 - théorème de Kennelly
 - variable, 261
- étrange, 261
 - étoile, 259
 - matière, 421
 - quark, 261
- étrangelet, 261
- Ettingshausen (effet), 261
- Eu, ▷ euler, ▷ europium
- euclidien(ne), 261
 - action, 11
 - gravité quantique, 11
- eudiomètre, 261
- Euler
 - angles d', 28
 - équation d', 261
 - équations d', 261
 - Lagrange (équations d'), ▷
 - équations de Lagrange
 - Poinot (mouvement d'), 456
 - relation d', 262
 - spirale d', ▷ spirale de Cornu
 - théorème d', 262
- euler, 261
- eulériennes (coordonnées), 146
- europium, 262
- eutectique, 262
- eutectoïde, 262
- eV, ▷ électron-volt, ▷ électron-volt
- évanescence (onde), 480
- évaporation, 262
 - d'un trou noir, 262
- Eve, ▷ cryptographie quantique
- événement(s), 262
 - rare (loi des), 210
- Everett (interprétation d'), 363
- évolution
 - principe d', 552
 - stellaire, 263
- exa-, 263
- exacte
 - différentielle, 194
 - forme, ▷ forme différentielle
- exactitude, 263
- exaltation de luminescence, 263
- excentricité, 263
- excès
 - de masse, 263
 - de neutrons, 263
 - de protons, 264
- excimer, 264
- excitation, 264
 - collective, 264
 - électrique, ▷ déplacement
 - électrique
 - élémentaire, 264
 - magnétique, ▷ champ magnétique
- excité (état), 257, ▷ excitation
- exciton, 264
- exclusion (principe d'), 552
- exergie, 264
- exergonique, 264
- exitance, 264
- exobase, ▷ thermopause
- exoénergétique, 264
- exoplanète, 265
- exosphère, 265
- exothermique, 265
- exotique, 265
 - atome, 49
 - matière, 421
 - méson, 430
 - noyau, 472
 - particule, 504
- expansion, 265
 - cosmologique, 265
- expérience
 - d'Allen-Jones, 19
 - de Colladon, 287

- de Tyndall, 287
 - expérience, 266
 - d'Abbe, 1
 - d'Airy, 17
 - d'Alvaeger, 20
 - d'Andronikashvili, 27
 - d'Arago, 40
 - d'Aspect, 44
 - de Berthollet, 66
 - de Bertozzi, 67
 - de Brumberg-Vavilov, 85
 - de Carnal-Mlynek, 92
 - de Cavendish, 95
 - à choix retardé, 266
 - de Clément-Desormes, 118
 - du clou chauffé, 119
 - de Daunt-Mendelssohn (expérience de), 169
 - de Davisson-Germer, 170
 - de Désaguliers, 182
 - de Dicke, 193
 - de Dunoyer, 216
 - d'Eddington, 223
 - d'Eldrige, 231
 - d'Eötvös, 248
 - d'Eratosthène, 253
 - de Faller, 271
 - de Fermi-Pasta-Ulam, 274
 - de Fizeau, 280
 - de FPU, 274
 - de Frank-Hertz, 296
 - de Galilée, 306
 - de Gassendi, 307
 - de Geiger-Marsden, 310
 - de Hafele-Keating, 325
 - de Hanbury-Brown - Twiss, 328
 - de Hertz, 335
 - de Hughes-Drever, 342
 - d'Ives-Stilwell, 368
 - de Jönsson, 371
 - de Joule, 372
 - de Kamerlingh Onnes, 373
 - de Kappler, 374
 - de Kennedy-Thorndike, 375
 - de Meslin, 429
 - de Michelson-Morley, 434
 - de Millikan, 439
 - de Moldover, 446
 - de Nesvizevsky, 463
 - d'Ersted, 478
 - de pensée, 266
 - de Perrin, 513
 - de Pictet, 524
 - de Plateau, 529
 - de Pound-Rebka, 545
 - du prisme de Newton, 553
 - du regel, 704
 - de Reich, 591
 - de Reynolds, 607
 - de Rossi-Hall, 610
 - de Rowland, 612
 - de Rumford, 612
 - de Rutherford, ▷ expérience de Geiger-Marsden
 - de Scheiner, 617
 - du seau de Newton, 466
 - de Stern-Gerlach, 643
 - de Taylor-Couette, 662
 - de Timoshenko, 681
 - de Tolman-Stewart, 683
 - du tonneau de Pascal, 684
 - de Tonomura, 684
 - de Trouton-Noble, 701
 - de Tyndall, 704
 - de Von Jolly, 728
 - de Wiener, 733
 - explosion, 266
 - exponentielle, 266
 - exposant, 266, ▷ notation scientifique critique, 266 de Lyapounov, 408
 - extensif, 266
 - extension, 266
 - extensomètre, 267
 - externe (paramètre), 501
 - extinction
 - coefficient d', ▷ coefficient d'atténuation
 - interstellaire, 267
 - extraction (travail d'), 696
 - extrados, 267
 - extraordinaire
 - effet Hall, ▷ effet Hall anormal
 - indice, 350
 - rayon, 579
 - transmission, 694
 - extrapolation, 267
 - extrasolaire (planète), ▷ exoplanète
 - extrinsèque, 267
 - résistance, 602
-
- F**
- F, ▷ fluor
 - couche, ▷ ionosphère
 - f (nombre), 492
 - fa, ▷ note
 - Faber-Jackson (relation de), 268
 - Fabry
 - Charles, 268
 - Perot (interféromètre de), 359
 - FACET, 268
 - facteur, 268
 - de Boltzmann, 268
 - de conversion, 268
 - d'inclinaison, 269
 - de Lorentz, 269
 - démagnétisant, 268
 - d'échelle cosmologique, 269
 - d'idéalité, 269
 - de Landé, 269
 - de puissance, 270
 - de qualité, 270
 - factorielle, 270
 - Fahrenheit (degré), 175
 - faible
 - interaction, 358
 - localisation, 401
 - faisceau, 270
 - élargisseur de, 230
 - épurateur de, 249
 - formation de, 292
 - gaussien, 270
 - moléculaire, 271
 - de neutrinos, 271
 - Faller (expérience de), 271
 - falsifier, 271
 - famille
 - Bernoulli, 65
 - de particules, 271
 - fantôme de Landau, 271
 - farad, 271
 - Faraday
 - cage de, 87
 - constante de, ▷ faraday
 - cylindre de, 167
 - disque de, 206, ▷ roue de Barlow
 - effet, 272
 - instabilité de, 354
 - isolateur de, 367
 - loi de, 272
 - Maxwell- (équation de), 426
 - Michael, 271
 - moteur de, 453
 - rotation, 272
 - tenseur de, 670
 - faraday, 272
 - farfadet, 272
 - fatiguée (lumière), 406
 - faux vide, 272
 - Faye (correction de), 149
 - f.c.é.m., 272
 - Fe, ▷ fer
 - f.é.m., ▷ force électromotrice
 - femto-, 272
 - femtoseconde
 - laser, 391
 - fenêtrage, 273
 - fenêtre, 273
 - fente(s), 273
 - infiniment fine, 273
 - de sélection, 273
 - d'Young, ▷ trous d'Young
 - fer, 273
 - doux, 273
 - pertes, 514
 - Fermat (principe de), 273
 - fermé, 273
 - fermée (forme), ▷ forme différentielle
 - Fermi, 274
 - accélération de, 7
 - constante de, 274
 - Dirac (statistique de), ▷ distribution de Fermi-Dirac
 - Dirac (distribution de), 209
 - énergie de, 241
 - Enrico, 273
 - gaz de, 308
 - liquide de, 400
 - mer de, 429
 - niveau de, 467
 - paradoxe de, 497
 - Pasta-Ulam (expérience de), 274
 - pression de, ▷ pression de dégénérescence
 - processus de, 7
 - question à la, 568
 - règle d'or de, 590
 - surface de, 653

- Teller
 - limite de, 399
 - longueur de, 403
- température de, 667
- théorie de, 274
- vitesse de, 724
- fermi, 274
- fermion, 274
 - lourd, 274
- fermium, 275
- ferrimagnétisme, 275
- ferrite, 275
- ferroélectricité, 275
- ferrofluide, 275
- ferromagnétique
 - doux, 275
 - dur, 275
- ferromagnétisme, 275
 - anti-, 35
- ferrotype, ▷ photographie
- Fert, 276
- fertile, 276
- Feshbach (résonance de), 604
- FET, ▷ transistor à effet de champ
- feuille(s)
 - d'or (électroscope à), 234
 - d'univers, 276
- feuilletage, 276
- Feynman
 - diagramme de, 189
 - formulation de, 293
 - graphe de, ▷ diagramme de Feynman
 - Richard, 276
- fibres optiques, 276
 - gaine, 304
 - à saut d'indice, 616
- Fick (loi de), 277
- fictive (force), ▷ force d'inertie d'entraînement
- fidélité, 277
- Fierz-Pauli (théorie de), 277
- figure(s)
 - de Bitter, 277
 - de Chladni, 277
 - de diffraction, 277
 - d'interférences, 277
 - de Lissajous, ▷ courbe de Lissajous
- fil(s), 278
 - chambre à, 102
 - quantique, 278
 - qui chante, 278
- filament, 278
- filante (étoile), 260
- fil, 278
- filtrage, 278
- filtre, 278
 - actif, 278
 - de Lyot, 278
 - notch, 278
 - passif, 278
 - de Wien, 278
- fine (structure), 645
 - constante de, 646
- finesse, 279
- fish-eye, ▷ œil de poisson
- fissile, 279
- fissile, 279
- fission
 - chaude, 279
 - froide, 279
 - nucléaire, 279
- fit, ▷ ajustement
- FitzGerald-Lorentz (contraction de), 142
- fixe (point), 532
- Fizeau
 - appareil de, 279
 - expérience de, 280
 - Hippolyte, 279
- Fl, ▷ flévorium
- flambage, ▷ brisure spontanée de symétrie, 280
- flambement, ▷ flambage
- flash de l'hélium, 280
- Fleming
 - diode de, ▷ diode à vide
 - règle de, ▷ règle de la main droite
 - valve de, ▷ diode à vide
- Flettner (voile de), 727
- flévorium, 280
- flint (verre), 719
- flip-flop, ▷ bascule, 280
- Floquet (théorème de), 280
- Flory (modèle de), 280
- fluage, 280
- fluctuation, 280
 - dissipation (théorème de), 280
- fluence, 281
- fluide(s), 281
 - caloporteur, 281
 - cosmologique, 281
 - ferro-, 275
 - frottement, 301
 - mécanique des, 426
 - newtonien, 281
 - super-, 647
- fluidité, 281
- fluor, 281
- fluorescence, 281
 - X, 281
- fluorescent (tube), 702
- fluvial (écoulement), 222
- fluvial (régime), 588
- flux, 281
 - coupé, 282
 - électrique (densité de), ▷ déplacement électrique
 - énergétique, 282
 - gazeux, 282
 - lumineux, 282
 - magnétique, 282
 - de flux, 565
 - règle du, ▷ loi de Faraday
 - tube de, 702
- fluxmètre, 282
- FM, ▷ modulation de fréquence
- Fm, ▷ fermium
- focal(e)
 - distance, 207
 - hyper- (distance), 207
 - longueur, ▷ distance focale
 - plan, 526
- Fock
 - espace de, 254
 - Hartree- (approximation de), 330
- focométrie, 282
- Fokker-Planck (équation de), 282
- fonction, 282
 - d'Airy, 17
 - analytique, 282
 - de Bessel, 283
 - de corrélation, 283
 - delta, ▷ distribution de Dirac
 - de dissipation de Rayleigh, 283
 - de distribution, 283
 - eikonale, ▷ fonction iconale
 - d'erreur, 284
 - d'erreur complémentaire, ▷ fonction d'erreur
 - d'essai, 284
 - d'état, 284
 - gamma, 284
 - généralisée, ▷ distribution
 - de Gibbs, 284
 - de Gouy, 317
 - de Green, 322
 - de Heaviside, 331
 - de Helmholtz, 284
 - hyperbolique, 284
 - iconale, 346
 - de Langevin, 387
 - de Legendre associée, 284
 - logique, 285
 - de Massieu, 420
 - d'onde, 285
 - de Hartle-Hawking, 329
 - de partition, 285
 - porte, 286
 - de transfert, 286
 - trigonométrique, 286
 - de Wigner, 733
 - zeta de Riemann, 286
- fonctionnelle, 287
 - dérivée, 180
- fonctionnement (point de), 287
- fond (indépendance de), 350
- fond diffus (rayonnement de), 581
- fondamental(e), 287
 - constante, 139
 - interaction, 358
- fontaine
 - blanche, ▷ trou blanc
 - effet, 224
 - de Héron, 287
 - lumineuse, 287
- fonte, ▷ acier, ▷ alliage
- force, 288
 - d'Abraham-Lorentz-Dirac, 4
 - d'Archimède, ▷ poussée d'Archimède
 - atomique (microscope à), 437
 - d'attraction, 51
 - de Casimir-Polder, 94
 - centrale, 288
 - centrifuge, 288
 - cinquième, 114

- contre-électromotrice, 288
- de Coriolis, 288
- de Coulomb, 289
- d'inertie, 290
- de Laplace, 290
- de Debye, 289
- de dispersion, ▷ forces de van der Waals
- électromotrice, 289
 - induite, 289
 - à vide, 289
- fictive, ▷ force d'inertie
 - d'entraînement
- de frottement, 289
- gravitationnelle, 290
- gravito-inertielle, 290
- de Hooke, 339
- d'inertie d'entraînement, 290
- de Keesom, 290
- ligne de, 398
- livre-, 401
- de London, 291
- de Lorentz, 291
- magnétique, 291
- magnétomotrice, 291
- de marée, 291
- moment d'une, 448
- polygone des, 538
- de répulsion, 291
- résultante des, 605
- de traînée, 687
- unification des, ▷ unification des interactions
 - de van der Waals, 291
- vive, 291
- forcée(s)
 - oscillations, 489
- forêt de Lyman-alpha, 291
- formalisme
 - de Dirac, 204
 - lagrangien, 292
 - de Minkowski, 439
 - Newman-Penrose, ▷ tétrade (formalisme de la)
 - de la tétrade, 674
- formation
 - de faisceaux, 292
 - des structures cosmologiques, 292
- forme, 292
 - différentielle, 293
 - exacte, ▷ forme différentielle
 - fermée, ▷ forme différentielle
 - mémoire de, 428
 - totale, ▷ forme différentielle
- formulation de Feynman, 293
- formule
 - de Balmer, 58
 - de Bekenstein, 64
 - de Bethe, 68
 - de Bethe-Bloch, 68
 - de Binet, 71
 - de Bohr, ▷ formule de Rydberg
 - de Boltzmann, 76
 - de Borda, 77
 - de Bouguer, 80
 - de Bour, 81
 - de Breit-Wigner, 83
 - de Briot, 83
 - de Cauchy, 95
 - de Clausius-Mossotti, 118
 - de conjugaison, 135
 - de Gullstrand, 324
 - de Descartes, 182
 - de Duperray, 216
 - de Dupré, 216
 - d'Ehrenfest, 228
 - de Fowler-Nordheim, ▷ émission de champ, 295
 - de Frenet, 297
 - de Frenet-Serret, 297
 - de Gell-Mann-Nishijima, 311
 - de Hagen-Rubens, 326
 - de Kidd-Fogg, 377
 - de Kittel, 294
 - de Larmor, 389
 - de Lorentz-Lorenz, 404
 - de Magnus-Teten, 415
 - de Molina, 446
 - de Neumann, 463
 - de Newton, 466
 - des opticiens, 294
 - de Rankine, 575
 - de Reech, 584
 - de Ritz, 609
 - de Rydberg, 613
 - de Schawlow-Townes, 617
 - de Sellmeier, 622
 - de Stirling, 643
 - de Stokes, 644
 - de Thomson, 681
 - de Weizsäcker, 731
 - de Wien, 733
 - de Zeuner, 739
- forte
 - interaction, 359
 - localisation, ▷ localisation d'Anderson
- fossile
 - énergie, 294
 - rayonnement, ▷ rayonnement de fond cosmologique
- Foucault
 - appareil de, 294
 - courants de, 155
 - Léon, 294
 - machine d'induction de, 411
 - pendule de, 508
- foucaultage, 294
- foudre, 295
- four, 295
 - à micro-ondes, 295
- Fourier, 295
 - analyse de, 26
 - loi de, 295
 - nombre de, 295
 - optique de, 486
 - plan de, ▷ optique de Fourier
 - série de, 623
 - transformation de, 689
- Fowler-Nordheim (formule de), ▷ émission de champ, 295
- foyer, 295
- profondeur de, 556
- FPU (expérience de), 274
- Fr, 296, ▷ francium, ▷ statcoulomb
- fractale, 296
 - dimension, ▷ dimension de Hausdorff
- francium, 296
- franges
 - d'égale inclinaison, 296
 - d'égale épaisseur, 296
 - d'Haidinger, ▷ franges d'égale inclinaison
 - de Meslin, 297
- Frank-Hertz (expérience de), 296
- Frank-Tamm (équation de), 297
- Franklin (Benjamin), 297
- franklin (Fr), ▷ statcoulomb
- Fraunhofer
 - achromat de, 9
 - diffraction de, 196
 - Joseph von, 297
 - raies de, 574
- Fréedericksz (transition de), 692
- freinage
 - pouvoir de, 546
 - rayonnement de, 582
- Frenet
 - formules de, 297
 - repère de, 598
 - Serret
 - formules de, 297
 - repère de, 598
- Frenkel
 - défaut de, 174
 - exciton de, ▷ exciton
- fréquence, 297
 - cyclotron, 298
 - de Rabi, 298
 - doublement de, 214
 - d'échantillonnage, 298
 - intermédiaire, 298
 - de Langmuir, ▷ fréquence de plasma
 - modulation de, 444, 445
 - de Nyquist, 298
 - peigne de, 507
 - de plasma, 298
 - porteuse, 298
 - propre, 298
 - radio-, 571
 - de Strouhal, 298
 - synchrotron, 298
- fréquentielle (agilité), 15
- Fresnel
 - Augustin, 299
 - biprisme de, 72
 - coefficient de, ▷ entraînement partiel de l'éther
 - diagramme de, ▷ représentation de Fresnel
 - diffraction de, 196
 - équations de, 299
 - intégrale de, 356
 - intégrales de, 639
 - Kirchhoff (intégrale de), 299
 - lentille de, 393

Index

miroirs de, 440
nombre de, 299
parallélépipède de, 500
représentation de, 599
rhomboèdre, ▷ parallélépipède de
Fresnel
spirale de, ▷ spirale de Cornu
vecteur de, ▷ représentation de
Fresnel
zone de, 739
fresnel, 299
friction, 299, ▷ frottement
friction dynamique, 299
Friedmann
équations de, 300
-Lemaître (modèle de), 300
-Robertson-Lemaitre (équations
de), 300
univers de, 709
frigorie, 300
frittage, 300
froide
émission, ▷ émission de champ
fission, 279
fusion, 303
fronde gravitationnelle, 300
front
d'onde, 300
division du, 212
plan de, 526
frottement, 301
coefficient de, 121
cône de, 133
de Coulomb, 301
fluide, 301
force de, 289
de glissement, 302
limite, 301
de pivotement, 302
de roulement, 302
sec, 301
solide, 302
de Tresca, 302
visqueux, 302
Froude (nombre de), 302
frustration magnétique, 302
fugacité, 302
fuite
bord de, 77
courant de, 156
résistance de, 602
spectrale, 273
fullérène, 302
fumée, 303
détecteur de, ▷ americium, 184
fusée, 303
fusible, 303
fusion, 303
chaleur latente de, 101
froide, 303
nucléaire, 303
point de, 532
fwhm, ▷ largeur à mi-hauteur

G

g, 8, 304

Ga, ▷ gallium
Gabor (Dennis), 304
gadolinium, 304
GAIA, 304
gain, 304
gaine, 304
gal (Gal), 304
galactique
bras, 83
bulbe, 85
cannibalisme, 89
disque, 206
halo, 327
galactomètre, ▷ aréomètre
galaxie(s), 304
active, 304
d'Andromède, 27
elliptique, 305
hobbit, 305
interaction entre, ▷ cannibalisme
galactique
irrégulière, 305
lenticulaire, 305
naine
du Grand Chien, 305
noyau actif de, 472
radio-, 571
elliptique naine du Sagittaire, 614
de Seyfert, 305
spirale, 306
Galaxy Evolution Explorer, 306
Galex (téléscope spatial), 306
Galilée
expérience de, 306
Galileo, 306
groupe de, ▷ transformation de
Galilée
lunette de, 407
nombre de, 306
relativité de (principe de), 593
thermomètre de, 679
transformation de, 689
galiléen
référentiel, 585
satellite, 615
Galileo (sonde), 306
Gallex, 307
gallium, ▷ dopage, 307
gallon, 307
galvanomètre, 307
gamma, 307
fonction, 284
radioactivité, 569
rayons, 579
sursaut, 654
Gamow
George, 307
pic de, 523
GANIL, 307
gap, 307
Gassendi (expérience de), 307
Gauss
approximation de, 39
Carl Friedrich, 308
conditions de, 130
distribution de, 209

théorème de, 308
gauss, 308
gaussien(-nes)
distribution, 209
faisceau, 270
unités, 707
Gay-Lussac
détente de Joule-, 185
loi de, 308
gaz, 308
baromètre à, 60
de Chaplygin, 308
dégénéré, ▷ gaz de Fermi
de Fermi, 308
parfait, 309
constante des, 309
équation des, 309
thermomètre à, 679
permanent, 309
de photons, 309
rare, 310
réel, 310
sur réseau, 310
théorie cinétique des, 676
tube compteur à, 702
gazeux (flux), 282
GBF, ▷ générateur basse fréquence
Gd, ▷ gadolinium
Ge, ▷ germanium
géante
magnétorésistance, 413
rouge, 310
gedankenexperiment, ▷ expérience de
pensée
gegenstein, 310
Geiger
-Marsden (expérience de), 310
-Müller (compteur), 128
-Nuttall (loi de), 310
gel, 310
gelée (point de), 532
Gell-Mann, 311
matrices de, 311
-Nishijima (formule de), 311
générale (relativité), 593
généralisée
coordonnée, 146
fonction, ▷ distribution
générateur, 311
basse fréquence, 311
convention, 143
de Cockcroft-Walton, 311
électrostatique, 311
de signaux, 311
de van de Graaff, 311
génération, ▷ famille de particules
genre, 312
géocentrique, 312
référentiel, ▷ géocentrique
géodésie, 312
géodésique(s), 312
deviation, 187
équation des, 250
postulat des, 312
précession, ▷ effet Einstein-de
Sitter

- géodétique (précession), ▷ effet Einstein-de Sitter
- géodimètre, 312
- géοide, 312
- géomagnétique (coupure), 154
- géomagnétisme, 313
- géométrie non-commutative, 313
- géométrique(s)
 - étendue, 258
 - optique, 486
 - quantification, ▷ quantification de Weyl
 - unités, 707
- géométdynamique, 313
- géon, 313
- géoneutrino, 313
- géostationnaire, 314
- géostrophique (vent), 717
- géosynchrone, 314
- géothermique (énergie), 241
- gerbe, 314
 - électromagnétique, 314
 - hadronique, 314
- germanium, 314
- GeV, 314
- Gibbs
 - Duhem (relation de), 314
 - ensemble de, 244, ▷ ensemble statistique
 - entropie de, 247
 - fonction de, 284
 - Helmholtz (relation de), 334
 - paradoxe de, 497
 - phénomène de, 516
 - surface de, 653
 - Willard, 314
- giga-, 314
- gigue, 314
- gilbert, 314
- Gilder (loi de), 315
- GIM (mécanisme de), 315
- giration (rayon de), 579
- glace, 315
 - amorphe, 315
 - vitreuse, 315
- Glashow, ▷ théorie de Glashow-Weinberg-Salam
- glissant (contact), 141
- glissement, 315
 - frottement de, 302
 - module de, ▷ module de cisaillement
 - roulement sans, 612
- glisseur, 316
- glitch, 316
- globulaire
 - amas, 21
- glu (boule de), 81
- glueball, ▷ boule de glu
- gluino, 316
- gluon, 316
 - plasma quark-, 528
- goldstino, 316
- Goldstone
 - boson de, ▷ boson de Nambu-Goldstone
- théorème de, 316
- gomme-gutte, ▷ expérience de Perrin
- gon, 316
- goniochromisme, 365
- Goos-Hänchen (effet), 316
- Gordon (équation de Klein-), 378
- goutte, 317
 - liquide (modèle de la), 317
 - noire, 317
 - pendante (méthode de la), 317
- Gouy
 - balance de, 57
 - fonction de, 317
 - phase de, 516
 - tube de, ▷ balance de Gouy
- Gpc, ▷ parsec
- GPS, 317
- GRACE, 317
- grad, ▷ gradient
- grade, 317
- gradient, 318
 - d'indice, 318
 - quadrivecteur, 563
- gradiomètre gravitationnel, 318
- Graëtz (pont de), ▷ pont de diodes
- Graham (loi de), 318
- grain, 318
 - joint de, 370
- gramme, 318
 - calorie-, 88
- grand
 - attracteur, 318
 - canonique (ensemble), 244
 - K, ▷ kilogramme-étalon
 - potentiel, 319
- Grand Chien (galaxie naine du), 305
- grande calorie, 88, ▷ calorie
- grandeur
 - algébrique, ▷ algébrique
 - ordre de, 488
 - visuelle, 319
- grandissement
 - angulaire, 319, ▷ grossissement
 - axial, 319
 - linéaire, 319
 - transversal, 319
- graphe, 319
 - de Feynman, ▷ diagramme de Feynman
- graphène, 319
- graphique, ▷ graphe
- Grashof (nombre de), 319
- Grassmann
 - nombre de, 319
 - variable de, 319
- grave (masse), 419
- gravidyne, 319
- gravitomagnétisme, 321
- gravimètre
 - absolu, 320
 - à coin de cube, 320
- gravimétrie, 320
- gravitation, 320
 - constante de la, 320
 - quantique, 320
 - théorie métrique de la, 434
 - universelle (loi de la), 321
- gravitationnel(le)
 - arc, 40
 - catapulte, 300
 - champ, 104
 - effondrement, 227
 - force, 290
 - fronde, 300
 - gradiomètre, 318
 - lentille (effet de), 394
 - microlentille, 435
 - mirage, 440
 - onde, 481
 - potentiel, 542, 543
 - rayonnement, ▷ onde gravitationnelle
 - rougissement, ▷ effet Einstein
- gravité, 320
 - anti-, 35
 - centre de, 98
 - onde de, 481
 - quantique
 - à boucles, 321
 - euclidienne, 11
- gravitino, 321
- gravito-inertielle (force), 290
- graviton, 321
- Gravity Probe A, 321
- Gravity Probe B, 321
- gray (Gy), 321
- grec, 321
- Grecs, 615
- Green
 - fonction de, 322
 - Ostrogradsky (théorème de), 322
- grêle électrique, 322
- grenaille (bruit de), 84
- grille, 322
- gris (corps), 148
- grossissement, 322
- groupe, 322
 - de Galilée, ▷ transformation de Galilée
 - de Lie, 323
 - de Lorentz, 323
 - de renormalisation, 323
 - de symétrie, 323
 - vitesse de, 724
- Groupe local, 323
- guide d'onde, 324
- Guldin (théorème de), 324
- Gullstrand (formule de), 324
- Gunn
 - diode, 201
 - Peterson (effet), 324
 - Tremaine- (limite de), 696
- GUT, ▷ théorie de grande unification
- Gy, ▷ gray, ▷ gray
- gyromagnétique (rapport), 575
- gyromagnétisme, 324
- gyromètre, 324
- gyroscope, 324
- gyroscopique (effet), 225
- GZK (coupure), 154

H

- H, 325, ▷ hartree, ▷ hydrogène
- h , ▷ constante de Planck
- H (théorème), 325
- Ha, ▷ dubnium
- de Haas
 - Einstein- (effet), 230
 - Shubnikov- (effet), 625
 - van Alphen (effet), 171
- habillée (charge), ▷ charge effective
- hadron, 325
 - transition quarks-, 693
- hadronique
 - gerbe, 314
- Hafele-Keating (expérience de), 325
- hafnium, 326
- Hagedorn (température de), 667
- Hagen
 - nombre de, 326
 - Rubens (formule de), 326
- hahnium, ▷ dubnium
- Haidinger (franges d'), ▷ franges d'égale inclinaison
- Haldat (appareil de), 326
- Hall
 - coefficient de, 326
 - effet, 326
 - anormal, 326
 - extraordinaire, ▷ effet Hall
 - anormal
 - sonde à, 632
 - de spin, 326
 - quantique (effet), 326
 - résistance de, 602
- Halley (comète de), 125
- halo, 327
 - galactique, 327
 - noyau à, 472
- halogène, 327
- Hamilton
 - équations de, 327
 - vecteur de, 327
- Hamilton-Jacobi
 - équations de, 328
 - théorie de, ▷ équation de Hamilton-Jacobi
- hamiltonien, 328
 - de Heisenberg, 328
- Hanbury-Brown - Twiss (expérience de), 328
- harmonique, 328
 - analyse, ▷ analyse de Fourier
 - oscillateur, 490
 - sphérique, 329
- Hartle-Hawking (fonction d'onde de), 329
- Hartman (effet), 330
- hartree, 330
- Hartree-Fock (approximation de), 330
- Harvard (classification de), 704
- hasard, 330
 - marche au, 415
- hassium, 330
- Hauksbee (machine de), 411
- Hausdorff (dimension de), 200
- Hausdorff-Besicovitch
 - dimension de, 200
- haut-parleur, 330
- haute tension, 330
- hautes énergies (physique des), 520
- hauteur
 - largeur à mi-, 389
- Hawking
 - rayonnement de, 582
 - Stephen, 330
 - température de, 667
- He, ▷ hélium
- Heaviside
 - ellipsoïde de, 326
 - Oliver, 331
- Heaviside (fonction de), 331
- hectare, 331
- hecto-, 331
- Heisenberg
 - hamiltonien de, 328
 - modèle de, 331
 - relations d'incertitude d', 592
 - principe d'indétermination d', 592
- Hele-Shaw (cellule de), 97
- hécité, 332
- hélismagnétisme, 332
- héliocentrique, 332
- héliogaine, 332
- héliomagnétisme, 332
- héliopause, 332
- héliosismologie, ▷ astrosismologie
- héliosphère, 332
- héliostat, 333
- hélium, 333
 - $3\text{ }(^3\text{He})$, 333
 - $4\text{ }(^4\text{He})$, 333
 - flash de l', 280
 - I, 333
 - II, 333
 - liquide, 333
 - néon (laser), 391
- Helmholtz, 333
 - bobines de, 74
 - équation de, 333
 - fonction de, 284
 - Kelvin-
 - contraction de, 141
 - instabilité de, 355
 - mouvement de, 456
 - relation de, 334
 - relation de Gibbs-, 334
 - résonateur de, 605
 - théorème de, 334
- hémisphères de Magdebourg, 334
- henry (H), 334
- hermitien (opérateur), 334
- Héron (fontaine de), 287
- herpolhodie, 334
- HERSCHEL, 335
- Herschel
 - condition d', 130
 - Sir William, 334
 - télescope de, 664
- Hertz
 - contact de, 141
 - douplet de, 214
 - expérience de, 335
 - expérience de Franck-, 296
- Heinrich, 335
 - Knudsen (relation de), 335
 - potentiel vecteur de, 545
- hertz (Hz), 335
- Hertzprung-Russell (diagramme de), 189
- hétérodyne, 335
- hétérosphère, 336
- heure, 336
 - ampère-, 23
 - kilowatt-, 378
 - watt-, 730
- Hevelius (lunette de), 408
- hexaquark, ▷ dibaryon
- HF, ▷ radiofréquences
- Hf, ▷ hafnium
- Hg, ▷ mercure
- hiérarchie BBGKY, 336
- Higgs
 - boson de, 79
 - champ de, 105
 - mécanisme de, 336
- Hilbert
 - espace de, 254
 - lagrangien de, 383
- hillingar, 337
- Hipparcos, 337
- Hipparque, 337
- Hirn (cycle de), 165
- Ho, ▷ holmium
- hobbit (galaxie), 305
- Hodge (dual de), 337
- hodochrone, 337
- hodographe, 337
- Hofstadter (papillon de), 494
- hollandaise (lunette), 407
- holmium, 337
- hologramme, 337
- holographie, 338
- holographique (principe), 338
- holomorphe, 338
- holonome (contrainte), 338
- Holweck-Lejay (pendule de), 509
- Homestake, 339
- homodyne, 339
- homogène, 339
- homosphère, 339
- Hooke
 - force de, 339
 - loi de, 339
 - Robert, 339
- Hopkinson (loi d'), 339
- horaire
 - angle, 28
 - équation, 250
- horizon, 340
 - apparent, 340
 - cosmique, 340
 - cosmologique, 340
 - problème, 553
 - de Rindler, 340
 - temporel, ▷ exposant de Lyapounov
- horizontale
 - branche, 82

- coordonnées, ▷ coordonnées azimutales
 - horloge, 340
 - atmos, 340
 - atomique, 340
 - à césium, ▷ horloge atomique
 - à quartz, 341
 - signal d', 626
 - Hoyle
 - état de, ▷ réaction triple alpha
 - résonance de, ▷ réaction triple alpha
 - hp, ▷ cheval vapeur britannique
 - HR (diagramme), ▷ diagramme de Hertzprung-Russell
 - Hs, ▷ hassium
 - Hubble
 - classification de, 117
 - constante de, 341
 - diapason de, 117
 - loi de, 341
 - paramètre de, 341
 - rayon de, 579
 - télescope spatial, 665
 - temps de, 342
 - Hughes-Drever (expérience de), 342
 - Hugoniot (relation d'), 342
 - humidité relative, 342
 - Humphreys (série de), 342
 - Hund (règles de), 342
 - Huygens
 - Christiaan, 342
 - construction de, 140
 - oculaire de, 477
 - pendule de, 509
 - principe de, 343
 - théorème de, 342
 - huygens, 342
 - Huygens-Fresnel
 - principe de, 343
 - Hy, ▷ huygens
 - hybridation, 343
 - hybride (méson), 430
 - Hydra, ▷ Pluton
 - hydraulique
 - bélier, 65
 - presse, 548
 - ressaut, 605
 - hydrodynamique, 343
 - hydrogène, 343
 - anti-, 35
 - atome d', 48
 - pile à, ▷ pile à combustible
 - hydrogénoïde (atome), 48
 - hydrométéore, 431
 - hydrophile, 343
 - hydrophobe, 343
 - super-, 647
 - hydrostatique, 343
 - hygromètre, 344
 - hyperbole, 344
 - hyperbolique (fonction), 284
 - hypercharge, 344
 - hyperespace, 344
 - hyperfine (structure), 646
 - hyper focale (distance), 207
 - hyperfréquence, 344
 - tube, 702
 - hypergone, ▷ œil de poisson
 - hypermétropie, 344
 - hypernova, 344
 - hypéron, 344
 - hypersonique, 344
 - hypersurface, 344
 - hypertélescope, 345
 - hypothèse
 - des grands nombres de Dirac, 345
 - ergodique, 345
 - de Stokes, 345
 - hypsomètre, 345
 - hystérésis, 345
 - courbe d', 157
 - Hz, ▷ hertz
-
- I
- I, ▷ iode
 - Ibn al-Haytham, ▷ Alhazen
 - iconale (équation), 346
 - iconale (fonction), 346
 - idéal(e), 346
 - cristal, 161
 - diode, 201
 - idéalité (facteur d'), 269
 - identité, 346
 - de Jacobi, 346
 - thermodynamique, 347
 - de Ward-Takahashi, 347
 - IEC, ▷ Commission électrotechnique internationale
 - flot de stabilité, 347
 - image, 347
 - aérienne, 347
 - électrique, 347
 - à l'infini, 347
 - pseudo-, 558
 - sagittale, 348
 - tangentielle, 348
 - transverse, ▷ image tangentielle
 - imagerie par résonance magnétique, ▷ IRM
 - imaginaire, ▷ nombre complexe
 - temps, 611
 - impact (paramètre d'), 502
 - impédance, 348
 - acoustique, 348
 - adaptation d', 12
 - caractéristique, 348
 - caractéristique du vide, 348
 - complexe, 348
 - électrique, 348
 - d'entrée, 348
 - équivalente, 348
 - de sortie, 348
 - thermique, 348
 - impesanteur, 348
 - tour d', 686
 - imprimé (circuit), 114
 - impulsion(s), 349
 - compteur d', 128
 - de Dirac, ▷ impulsion
 - énergie- (tenseur), 670
 - opérateur, 485
 - quadrivecteur énergie-, 563
 - spécifique, 349
 - impulsionnelle (réponse), 598
 - In, ▷ indium
 - incandescence, 349
 - ampoule à, 24
 - lampe à, ▷ ampoule électrique, ▷ ampoule électrique
 - incertitude, 349
 - principe d', ▷ principe d'indétermination
 - incidence
 - angle d', 28
 - rasante (télescope à), 665
 - inclinaison, 349
 - aberration d', 3
 - facteur d', 269
 - franges d'égale, 296
 - magnétique, 349
 - inclinomètre, 349
 - incompressible, 350
 - indépendance de fond, 350
 - indétermination (relations d'), 592
 - indice(s), 350
 - co-, 124
 - ellipsoïde des, 236
 - extraordinaire, 350, ▷ uniaxe
 - gradient d', 318
 - libre, 350
 - muet, 350
 - ordinaire, 350, ▷ uniaxe
 - de réfraction, 350
 - répétés, ▷ convention d'Einstein
 - saut d', 616
 - indicielle
 - notation, 470
 - indifférent (équilibre), 251
 - indirecte (détection), 184
 - indiscernable, 350
 - indium, 351
 - inductance, 351
 - auto-, 52
 - matrice, 423
 - mutuelle, 423
 - induction
 - auto-, 52
 - chauffage par, 111
 - électrique
 - vecteur, ▷ déplacement
 - électrique
 - électromagnétique, 351
 - magnétique, 351
 - unipolaire, 351
 - induit (réaction d'), 583
 - induite
 - émission, ▷ émission stimulée
 - transparence, 694
 - inégalité(s)
 - de Bell, 352
 - de Clausius, 352
 - inélastique, 352
 - diffusion, 198
 - inerte (masse), 419
 - inertie, 352
 - axe d', 54
 - centre d', 98

- force d', 290
- matrice d', 423
- moment d', 449
- principe d', 353
- produit d', 555
- thermique, 353
- inertiel
 - confinement, 135
 - observateur, 476
 - référentiel, 586
- Infeld (Léopold), 353
- infini, 353
- infiniment
 - grand, 353
 - petit, 353
- infinitésimal, 353
- inflation, 353
- inflaton, 353
- influence
 - électrostatique, 353
 - totale, 354
- information (paradoxe de l'), 497
- infrarouge, 354
 - lointain, 354
 - moyen, 354
 - proche, 354
- infrason, 354
- Ingenhousz (appareil d'), 354
- initiales (conditions), 131
- injection (échelle d'), 220
- insertion magnétique, 354
- instabilité, 354
 - de Born, 354
 - de Faraday, 354
 - de Jacobi, 354
 - de Jeans, ▷ longueur de Jeans
 - de Kelvin-Helmholtz, 355
 - de Plateau-Rayleigh, 355
 - de Rayleigh-Taylor, 355
 - de Saffman-Taylor, 356
 - de Taylor-Couette, 356
- instable, ▷ instabilité
 - équilibre, 251
- instantané(e)
 - axe de rotation, 54
 - centre de rotation, ▷ centre instantané de rotation
 - valeur, 712
 - vitesse, 724
- instanton, 356
- instrument d'optique, 356
- intégrale
 - de Fresnel, 356
- intégrale(s)
 - de chemin, 356
 - d'échange, 356
 - de Fresnel, 639
 - de Fresnel-Kirchhoff, 299
 - de recouvrement, 357
- intégrateur (montage), 451
- intégré (circuit), 114
- intensité, 357
 - acoustique, 357
 - corrélation d', 149
 - électrique, 357
 - énergétique, 357
 - lumineuse, 357
- intensive, 357
- interaction(s), 357
 - de couleur, 357
 - d'échange, 358
 - électrofaible, 358
 - faible, 358
 - fondamentale, 358
 - forte, 359
 - entre galaxies, ▷ cannibalisme galactique
 - de jauge, 359
 - unification des, 706
- interdite
 - bande, 59
 - transition, 692
- interfaciale (tension), 673
- interférences, 359
 - figure d', 277
- interférentielle (couleur), 153
- interféromètre, 359
 - de Fabry-Perot, 359
 - de Jamin, 360
 - de Mach-Zehnder, 360
 - de Michelson, 361
 - de Sagnac, 361
 - stellaire de Michelson, 361
- interférométrie, 361
 - optique, 362
 - de speckle, ▷ interférométrie de tavelures
 - de tavelures, 362
- interfrange, 362
- intergalactique (milieu), 438
- intermédiaire
 - boson, 79
 - état, 257
 - fréquence, 298
- intermétallique, 362
- intermoléculaires (forces), ▷ forces de van der Waals
- interne
 - conversion, 144
 - énergie, 241
 - pression, 712
 - résistance, 602
 - variable, 713
- interplanétaire
 - milieu, 438
- interpolation, 362
- interprétation
 - de Born, 362
 - de Copenhague, 362
 - d'Everett, 363
 - de la mécanique quantique, 362
- interstellaire
 - extinction, 267
 - milieu, 438
 - nuage, 472
 - rougissement, 612
 - vide, 720
- interstice, 363
- intersticiel, 363
 - défaut, ▷ intersticiel
- intervalle, 363
 - optique, 363
 - spectral libre, 363
- intrados, 363
- intrication quantique, 363
- intrinsèque, 363
- invar, 364
- invariance, 364
 - d'échelle, 364
 - de jauge, 364
 - de Lorentz, 364
- invariant(e), 365
 - adiabatique, 365
 - de Lagrange-Helmholtz, 383, ▷ relation de Lagrange-Helmholtz
 - masse, 419
- inverse
 - effet Compton, 128
 - mouvement, 456
 - osmose, ▷ osmose sens, 622
- inversé (pendule), 509
- inverseur
 - montage, 451
 - montage non-, 451
- inverseuse (entrée), 246
- inversion
 - du contraste, 365
 - couche d', 151
 - courbe d', 157, ▷ température d'inversion
 - de population, 365
 - de température, 365
 - température d', 668
- invisibilité (cape d'), 91
- iode, 365
- ion, 365
- ionique (propulsion), 557
- ionisant (rayonnement), 582
- ionisation, 365
 - chambre d', 102
 - détecteur d', 184
 - potentiel d', 543
- ionosphère, 365
- Ir, ▷ iridium
- iridescence, 365
- iridié (platine), 529
- iridium, 365
- iris (diaphragme à), 193
- IRM, 366
- irrégulière (galaxie), 305
- irréversible, 366
- irrotationnel (champ vectoriel, 106
- isenthalpique, 367
- isentropique, 367
- Ising (modèle d'), 443
- Islande (spath d'), 634
- isobare, 367
- isochore, 367
- isochrone, 367
- isochronisme des petites oscillations, 367
- isoélectronique, 367
- isolant, 367
 - de Mott, 367
- isolateur, 367
 - de Faraday, 367

optique, 367
isolé, 367
pseudo-, 558
isolement
résistance d', ▷ résistance de fuite
transformateur d', 688
isomère, 367
isoplanaire (angle), 29
isoplanétisme, 368
isospin, 368
isotherme, 368
d'Andrews, 368
calorimètre, 89
isotone, 368
isotope, 368
radio-, ▷ radionucléide
isotopique
abondance, 4
décalage, 172
rapport, 576
spin, ▷ isospin
isotrope, 368
ITER, 368
Ives-Stilwell (expérience d'), 368

J

J, ▷ joule
J/psi, 369
Jacobi
ellipsoïde de, 236
identité de, 346
instabilité de, 354
jacobien(ne), 369
matrice, 423
Jahn-Teller (effet), 369
Jamin
appareil de, ▷ interféromètre de Jamin
interféromètre de, 360
jansky (Jy), 369
jauge
boson de, 79
de contrainte, 369
de Coulomb, 369
interaction de, 359
invariance de, 364
de London, 402
de Lorenz, 369
de Pirani, 370
de radiation, ▷ jauge de Coulomb
radiative, ▷ jauge de Coulomb
symétrie de, 364
théorie de, 677
transformation de, 690
transverse, ▷ jauge de Coulomb, 370
à vide, 370
jaune, 370
Jeans
instabilité de, ▷ longueur de Jeans
longueur de, 370
jerk, 370
jet, 370
jj (couplage), 154
JK (bascule), 62
Johnson (bruit), 85

joint de grain, 370
jonction
diode à, 201
Josephson, 370
pn, 371
Jones (vecteur de), 716
Jönsson (expérience de), 371
Jordan-Brans-Dicke (théorie de), 83
Jordan-Fierz-Brans-Dicke (théorie de), 83
Josephson
constante de, 371
effet, 371
jonction, 370
volt, 728
Joule
cycle de, ▷ cycle de Brayton
effet, 371
expérience de, 372
-Gay-Lussac (détente de), 185
James Prescott, 371
-Kelvin (effet), ▷ effet Joule-Thomson
loi de, 372
lois de, 372
-Thomson
détente de, 185
effet, 372
parabole de, 157
joule, 371
jour, 372
jovien, 372
jumeaux (paradoxe des), 497
Jupiter, 372
satellites de, ▷ satellite galiléen
Jurin (loi de), 372
justesse, 372
JWKB (approximation), ▷ approximation WKB
Jy, ▷ jansky

K

K, ▷ kelvin, ▷ potassium
couche, ▷ couche électronique
électron(s), ▷ couche électronique
grand, ▷ kilogramme-étalon
méson, 374
Kaluza-Klein (théorie de), 373
Kamerlingh Onnes
expérience de, 373
Heike, 373
Kamiokande, 374
Super-, 647
kaon, 374
Kapitza-Dirac
diffraction de, 374
effet, 374
Kappler (expérience de), 374
Karnaugh (table de), 374
kat, ▷ katal
katal (kat), 374
Kater (pendule de), 510
KATRIN, 374
Kauzmann
paradoxe de, 498
température de, 667
kayser, 374
KdV, ▷ Korteweg-de Vries
Keesom (force de), 290
Kelvin
effet, 375, ▷ équation de Kelvin, ▷ effet de peau
équation de, 375
-Helmholtz
contraction de, 141
instabilité de, 355
Joule- (effet), ▷ effet Joule-Thomson
Lord, 374
principe de, 681
kelvin (K), 375
Kennedy-Thorndike (expérience de), 375
Kennelly
-Heaviside (couches de), 151
théorème de, 375
KEPLER, 376
Kepler
équation de, 376
Johannes, 375
loi de, 376
lois de, 376
lunette de, ▷ lunette astronomique
problème de, 553
képlérien (mouvement), 456
Kerr
constante de, 376, ▷ effet Kerr
effet, 376
magnéto-optique (effet), 377
-Newman (trou noir de), 700
singularité de, ▷ singularité annulaire
trou noir de, 699
ket, 377
Keyhole, 377
kg, ▷ kilogramme
KH-11, ▷ Keyhole
Kidd-Fogg (formule de), 377
Kikoin (effet), 377
Killing
équation de, ▷ vecteur de Killing
vecteur de, 377
kilo-, 377
kilogramme, 378
calorie-, 88
-étalon, 378
-force, 378
kilogrammètre, 378
kilowatt-heure, 378
Kirchhoff
Fresnel- (intégrale de), 299
loi de, 378
lois de, 378
Klechkowski (règle de), 378
Klein
-Gordon (équation de), 378
Kaluza- (théorie de), 373
paradoxe de, 498
Klemperer (rosette de), 610
klystron, 379
Knudsen
effet, 379

nombre de, 379
 régime de, 588
 relation de Hertz-, 335
 Koenig (théorèmes de), 379
 Kohn (anomalie de), 33
 Kolmogorov
 échelle de, 220
 spectre de, 635
 Kolmogorov-Arnold-Moser
 théorème, 675
 Kondo
 effet, 379
 température de, 668
 Koopmans (théorème de), 380
 Korteweg-de Vries (équation de), 380
 Kosterlitz-Thouless (transition de), 380
 kourtchatovium, ▷ rutherfordium
 kpc, ▷ parsec
 Kr, ▷ krypton
 Kramers
 -Krönig (relations de), 380
 théorème de, 380
 Kronecker (delta de), 380
 Krönig
 -Penney (modèle de), 380
 relations de Kramers-, 380
 Kruskal
 diagramme de, 190
 -Szekeres (coordonnées de), 380
 krypton, 381
 Ku, ▷ rutherfordium
 Kuiper (ceinture de), 96
 Kundt
 effet, 381
 tube de, 702
 Kutta-Joukowski (théorème de), 381

L

L
 couche, ▷ couche électronique
 électron(s), ▷ couche électronique
 La, ▷ lanthane
 la, ▷ note
 laboratoire (référentiel du), 586
 lactée (Voie), 727
 lacune, 382
 LAGEOS, 382
 Lagrange
 équations de, 382
 -Helmholtz
 invariant de, 383
 relation de, 383
 Joseph Louis, 382
 multiplicateurs de, 458
 point de, 532
 -Poisson (mouvement de), 456
 Lagrange-Helmholtz
 invariant de, ▷ relation de
 Lagrange-Helmholtz
 lagrangien(ne)
 de Darwin, 383
 lagrangien(ne)(s), 383
 coordonnées, 146
 densité, 177
 effectif, 383
 d'Einstein-Hilbert, 383
 de l'électromagnétisme, 383
 formalisme, 292
 de Hilbert, 383
 de Proca, 384
 de Yang-Mills, 384
 laiton, ▷ alliage, 384
 Lamb
 déplacement de, 178
 ondes de, 482
 lambda $[\lambda]$, 384
 point, 533
 Lambert
 -Beer (loi de), 64
 loi de, 384
 lambert, 384
 Lamé
 coefficients de, 121
 -Navier (équation de), 385
 lame
 d'air, 384
 cristalline, 384
 mince, 384
 retardatrice, ▷ lame cristalline
 de Wilhelm, 385
 lamellaire (champ vectoriel), 106
 laminaire (écoulement), 222
 lampe
 à décharge, 385
 halogène, 385
 à incandescence, ▷ ampoule
 électrique, ▷ ampoule
 électrique
 spectrale, 385
 à vapeur, 385
 Landau
 amortissement de, 22
 classification de, 386
 diamagnétisme de, 192
 fantôme de, 271
 Ginzburg- (théorie de), 315
 Lev, 385
 niveau de, 467
 pôle de, 537
 -Pomeranchuk-Migdal (effet), 386
 théorie de, 386
 vitesse critique de, 724
 Landauer (principe de), 386
 Landé
 facteur de, 269
 paradoxe de, 498
 landscape, ▷ paysage
 Lane-Emden (équation de), 386
 Langevin
 -Debye (relation de), 387
 équation de, 387
 fonction de, 387
 paradoxe de, ▷ paradoxe des
 jumeaux
 paramagnétisme de, 500
 Paul, 386
 langley, 387
 Langmuir (fréquence de), ▷ fréquence
 de plasma
 lanthane, 387
 lanthanides, 387

lanthanidique (contraction), 387
 Laplace
 démon de, 176
 équation de, 387
 force de, 290
 loi de, 388
 nombre de, 388
 Pierre-Simon de, 387
 résonance de, ▷ résonance orbitale
 -Runge-Lenz (vecteur de), 716
 transformation de, 690
 laplacien, 388
 champ vectoriel, 106
 vectoriel, 389
 largeur
 de bande interdite, 389
 à mi-hauteur, 389
 spectrale, 389
 Larmor
 formule de, 389
 précession de, 547
 pulsation de, 561
 rayon de, 579
 Larsen (effet), 389
 laser, 389
 accordable, 390
 Apollon, 38
 astrophysique, 390
 atomique, 390
 diode, 201
 effet, 225
 à électrons libres, 391
 femtoseconde, 391
 hélium-néon, 391
 à modes bloqués, 390
 refroidissement, 588
 à rubis, 391
 à semiconducteur, 391
 télémétrie, 663
 latente (chaleur), 101
 de fusion, 101
 de vaporisation, 101
 latitude, ▷ coordonnées sphériques,
 391
 libration en, 397
 Laurent (série de), 623
 Lavoisier (principe de), 391
 lawrencium, 391
 Lawson (critère de), 161
 lbf, ▷ livre-force
 LC (circuit), 114
 LCOA, ▷ combinaison linéaire des
 orbitales atomiques
 LED, ▷ diode électroluminescente
 Legendre
 fonction de, 284
 polynôme de, 538
 transformation de, 690
 Lehman, ▷ cristal liquide
 Leiden (bouteille de), ▷ bouteille de
 Leyde
 Leidenfrost
 effet, 392
 point de, 392
 lemme de Poincaré, 530
 Lenard (atome de), 49

- Lennard-Jones
 - potentiel de, 392
- Lense-Thirring (effet), 392
- lent
 - axe, 54
 - écoulement, ▷ régime fluvial
 - neutron, ▷ neutron thermique
- lenticulaire (galaxie), 305
- lentille, 392
 - acoustique, 393
 - de Barlow, 393
 - de champ, ▷ verre de champ
 - convergente, 393
 - diffractante, 393
 - divergente, 393
 - à échelons, ▷ lentilles de Fresnel
 - électrostatique, 393
 - de Fresnel, 393
 - gravitationnelle (effet de), 394
 - de Luneburg, 394
 - magnétique, 394
 - mince, 394
- Lenz (loi de), 394
- LEP, 395
- leptogénèse, 395
- lepton, 395
- leptonique (nombre), 469
 - conservation du, 138
- leptoquark, 395
- Lesage (théorie de), 395
- Leslie (cube de), 162
- levée de dégénérescence, 395
- Levi-Civita
 - symbole de, ▷ tenseur de Levi-Civita
 - tenseur de, 671
- levier, 396
 - bras de, 83
- lévitation, 396
 - magnétique, 396
- lévitron, 396
- lévogyre, 396
- Lévy (vol de), 728
- Lewis (nombre de), 396
- Leyde (bouteille de), 81
- LF, ▷ radiofréquences
- LHC, 396
- Li, ▷ lithium
- liaison (énergie de), 241
- liaison covalente, 396
- liante (orbitale), 487
- libération (vitesse de), 725
- liberté
 - asymptotique, 397
 - degré de, 175
- libration, 397
 - diurne, 397
 - en latitude, 397
 - en longitude, 397
- libre
 - chute, 114
 - électron, 233
 - énergie, 241
 - enthalpie, 245
 - indice, 350
 - intervalle spectral, 363
 - oscillateur, 490
 - parcours moyen, 397
 - temps de, ▷ libre parcours moyen
- lidar, 397
- Lie
 - algèbre de, 18
 - dérivée de, 181
 - groupe de, 323
- lié(e)
 - charge, 109
 - courant, 156
 - état, 257
- Liénard-Wiechert (potentiels de), 543
- ligne
 - de champ
 - électrique, 397
 - de magnétique, 397
 - de courant, 397
 - de champ, 397
 - d'émission, 397
 - de force, 398
 - neutre, 398
 - de transmission, 398
 - triple, 398
 - d'Univers, 398
- Lima-Arun (formule de), 398
- limite
 - angle, 29
 - centrale (théorème de la), 398
 - de Chandrasekhar, 418
 - classique, 398
 - couche, 151
 - cycle, 165
 - de diffraction, 398
 - d'Eddington, 399
 - d'élasticité, 399
 - de Fermi-Teller, 399
 - frottement, 301
 - newtonienne, 399
 - d'Oppenheimer-Volkoff, 485
 - de Roche, ▷ rayon de Roche
 - thermodynamique, 399
 - de Tremaine-Gunn, 696
- limité (développement), 186
- linac, ▷ accélérateur linéaire
- Linde
 - Andrei, 399
 - machine de, 411
- lineac, ▷ accélérateur linéaire
- linéaire, 399
 - accélérateur, 6
 - combinaison, 125
 - moteur, 453
 - régime, 589
 - réponse (théorie de la), 599
- linéarisation, 399
- linéique, 399
- masse, 419
- Liouville
 - équation de, 399
 - opérateur de, ▷ équation de Liouville
 - théorème de, 400
 - von Neumann (équation de), 400
- Lippmann (procédé de), 554
- liquéfaction, 400
- liquide, 400
 - azote, 55
 - cristal, 161
 - de Fermi, 400
 - hélium, 333
 - de Luttinger, 400
 - miroir, 441
 - de Tomonaga-Luttinger, ▷ liquide de Luttinger
- liquidus, 400
- Lissajous (courbe de), 157
- Listing (œil de), 477
- lithium, 401
- litre, 401
- livermorium, 401
- Livingston (diagramme de), 190
- livre, 401
- livre-force, 401
- Lloyd (miroir de), 441
- lobe, 401
 - radio, 401
 - de Roche, 401
- local(e)
 - bulle, 85
 - champ, 105
 - Groupe, 323
 - oscillateur, 490
 - superamas, 647
- localisation, 401
 - d'Anderson, 26
 - dynamique, 401
 - faible, 401
 - forte, ▷ localisation d'Anderson
- localité, 401
- logarithme, 402
- logarithmique
 - décroissement, 173
 - dérivée, 181
 - échelle, 220
- logique
 - circuit, 115
 - fonction, 285
 - porte, 541
- loi(s)
 - des actions réciproques, ▷ principe d'action-réaction
 - des aires, 17
 - d'Avogadro, 53
 - d'Avogadro-Ampère, ▷ loi d'Avogadro
 - de Beer-Lambert, 64
 - de Bernoulli, 66
 - de Biot, 71
 - de Biot-Savart, 71
 - de Bode, ▷ loi de Titius-Bode
 - de Boyle, 81
 - de Bragg, ▷ condition de Bragg
 - de Charles, 109
 - Charles-Gay-Lussac (première), ▷ loi de Gay-Lussac
 - Charles-Gay-Lussac (seconde), ▷ loi de Charles
 - de Coulomb, 153
 - de Curie, 163
 - de Curie-Weiss, 163

- de Dalton, 168
 - de Darcy, 169
 - de Graham, 318
 - de décroissance radioactive, 173
 - du déplacement de Wien, 732
 - de Dermott, 181
 - de Descartes, 182
 - de Dulong-Petit, 216
 - d'échelle, 219
 - des états correspondants, 257
 - des événements rares, 210
 - de Faraday, 272
 - de Fick, 277
 - de Fourier, 295
 - de Gay-Lussac, 308
 - de Geiger-Nuttal, 310
 - de Gilder, 315
 - de la gravitation universelle, 321
 - de Hooke, 339
 - d'Hopkinson, 339
 - de Hubble, 341
 - de Joule, 372
 - de Jurin, 372
 - de Kepler, 376
 - de Kirchhoff, 378
 - de Lambert, 384
 - de Laplace, 388
 - de Lenz, 394
 - des mailles, 415
 - de Malus, 415
 - de Mariotte, 416
 - de modération, ▷ loi de Lenz
 - de Moore, 452
 - de Moseley, 452
 - de Nernst-Einstein, 463
 - de Newton, 466
 - des nœuds, 468
 - normale, 209, ▷ distribution gaussienne
 - d'Ohm, 478
 - d'Ostwald, 492
 - de Paschen, 505
 - de Planck, 527
 - de Plateau, 529
 - de Poiseuille, 534
 - de Poisson, 210
 - de Raoult, 575
 - de Rayleigh-Jeans, 577
 - du rayonnement de Wien, 733
 - de refroidissement de Newton, 466
 - du retour inverse, 606
 - de Richardson, 608
 - de Richardson-Dushman, 608
 - de Snell-Descartes, 629
 - de Soddy, 630
 - de Stefan-Boltzmann, 642
 - de Stokes, 644
 - de Titius-Bode, 682
 - de Torricelli, 685
 - de Wiedemann-Franz, 732
 - de Wien, 733
 - lointain
 - champ, 105
 - infrarouge, 354
 - lollipop, ▷ tadpole
 - London
 - équation de, 402
 - force de, 291
 - jauge de, 402
 - longueur de, 404
 - relation de, 402
 - longitude, ▷ coordonnées sphériques, 403
 - libration en, 397
 - longitudinal(e), 403
 - onde, 403
 - longue dérivation, 179
 - longueur(s), 403
 - capillaire, 403
 - de cohérence, 403
 - contraction des, 142
 - de corrélation, 403
 - de Debye, 403
 - de diffusion, 403
 - de Fermi-Teller, 403
 - focale, ▷ distance focale
 - de Jeans, 370
 - de London, 404
 - d'onde, 404
 - Compton, 404
 - de de Broglie, 404
 - de Rayleigh, 404
 - Lorentz
 - champ local de, ▷ champ local
 - contraction de, 142
 - facteur de, 269
 - FitzGerald (contraction de), 142
 - force de, 291
 - formule de Lorenz-, 404
 - groupe de, 323
 - invariance de, 364
 - jauge de, ▷ jauge de Lorenz
 - Lorenz (formule de), 404
 - pendule de, 509
 - transformation de, 690
 - lorentzien(-ne)
 - distribution, 209
 - Lorenz
 - attracteur de, 50
 - formule de Lorenz-, 404
 - jauge de, 369
 - nombre de, 405
 - Loschmidt (constante de), 405
 - lotus (effet), 225
 - loupe, 405
 - de Stanhope, 405
 - lourd(e)
 - eau, 218
 - fermion, 274
 - Love (onde de), 482, ▷ onde sismique
 - lpi, 405
 - Lr, ▷ lawrencium
 - LS (couplage), 154
 - LSP, ▷ particule supersymétrique la plus légère
 - Lu, ▷ lutétium
 - lubrification, 405
 - lucarne, 405
 - ludion, 405
 - lumen, 405
 - lumière, 406
 - année-, 32
 - cendrée, 406
 - comprimée, 406
 - cône de, 133
 - déviation gravitationnelle de la, 187
 - fatiguée, 406
 - naturelle, 406
 - rayon de, ▷ rayon lumineux
 - vitesse de la, 725
 - zodiacale, 406
 - luminance, 406
 - luminescence, 407
 - bio-, 71
 - cathodo-, 94
 - chimio-, 112
 - électro-, 232
 - exaltation de, 263
 - photo-, 518
 - radio-, 572
 - sono-, 633
 - thermo-, 678
 - tribo-, 696
 - lumineux
 - fontaine, 287
 - lumineux(-se)
 - efficacité, 227
 - flux, 282
 - intensité, 357
 - pinceau, 525
 - rayon, 579
 - vibration, 720
 - luminosité, 407
 - distance de, 207
 - Lune, 407
 - nouvelle, ▷ phases de la Lune
 - phases de, 516
 - pleine, ▷ phases de la Lune
 - quartier de, ▷ phases de la Lune
 - lune, 407
 - co-orbitale, 615
 - Lunenburg (lentille de), 394
 - lunette
 - astronomique, 407
 - autocollimatrice, 407
 - de Galilée, 407
 - de Hevelius, 408
 - hollandaise, 407
 - de Kepler, ▷ lunette astronomique
 - terrestre, ▷ lunette de Galilée
 - lutétium, 408
 - Luttinger (liquide de), 400
 - lux (lx), 408
 - Lv, ▷ livermorium
 - lx, ▷ lux
 - Ly, ▷ langley
 - Lyapounov (exposant de), 408
 - Lyman
 - alpha
 - forêt de, 291
 - raie, 574
 - série de, 408
 - Lyot (filtre de), 278
-
- M**
-
- M**
- couche, ▷ couche électronique

- électron(s), ▷ couche électronique
- théorie, 409
- m, 409, ▷ mètre
- méthode
 - Rayleigh-Ritz (méthode de), 433
 - Ritz (méthode de), 433
- ma, ▷ myria-
- Mach
 - angle de, 29
 - cône de, 134
 - Ernst, 409
 - nombre de, 409
 - pendule de, 509
 - principe de, 409
 - Zehnder (interféromètre de), 360
- machine
 - d'Armstrong, 409
 - atmosphérique, 409
 - d'Atwood, 410
 - électrique, 410, ▷ électrostatique
 - électrostatique, 410
 - de Hawksbee, 411
 - d'induction de Foucault, 411
 - de Linde, 411
 - de Morin, 410
 - de Nollet, 411
 - de Szilárd, 411
 - thermique, 411
 - de Tipler, ▷ cylindre de Tipler
 - à vapeur, 411
 - de Wimshurst, 412
 - de Zeeman, 412
- MACHO, 412, ▷ microlentille
 - gravitationnelle
- macroscopique (état), 257
- Madelung (constante de), 412
- Magellan (nuages de), ▷ Groupe local, 472
- magellanique (courant), 156
- magique (noyau), 472
- magnésium, 412
- magnétique
 - anisotropie, 31
 - champ, 105
 - charge, 109
 - circuit, 115
 - confinement, 135
 - constante, 139
 - déclinaison, 173, ▷ pôle nord
 - magnétique
 - diffusivité, 199
 - domaine, ▷ domaine de Weiss
 - effet de peau, 507
 - énergie, 242
 - excitation, ▷ champ magnétique
 - flux, 282
 - force, 291
 - frustration, 302
 - imagerie par résonance, ▷ IRM
 - inclinaison, 349
 - induction, 351
 - insertion, 354
 - lentille, 394
 - lévitation, 396
 - ligne de champ, 397
 - miroir, 441
 - moment, 449
 - moment dipolaire, 448
 - monopôle, 450
 - nombre quantique, 469
 - orage, 487
 - perméabilité, 512
 - polarisation, 536
 - pôle, 537
 - pôle nord, 537
 - potentiel, 544
 - pression, 549
 - spectre, 635
 - susceptibilité, 655
- magnétisme, 412
 - anti-ferro-, 35
 - archéo-, 42
 - dia-, 192
 - électro-, 232
 - ferri-, 275
 - ferro-, 275
 - géo-, 313
 - gravito-, 321
 - gyro-, 324
 - héli-, 332
 - hélio-, 332
 - modèle ampérien du, 442
 - modèle coulombien du, 442
 - paléo-, 493
 - para-, 500
 - superpara-, 648
- magnétite, 413
- magnétocalorique (effet), 225
- magnétohydrodynamique, 413
- magnétomètre, 413
- magnétomotrice (force), 291
- magnéton
 - de Bohr, 413
 - nucléaire, 413
 - de Weiss, 413
- magnéto-optique
 - effet, 225
 - effet Kerr, 377
- magnétopause, 413
- magnétorésistance, 413
 - géante, 413
- magnétorhéologique, 414
- magnétosphère, 414
- magnétostatique, 414
- magnétostriktion, 414
- magnétron, 414
- magnitude, 414
- magnon, 415
- Magnus
 - effet, 415
 - Teten (formule de), 415
- maillachort, ▷ alliage
- mailles (loi des), 415
- main droite (règle de la), 590
- maîtresse (équation), 415
- Majorana
 - neutrino de, ▷ particule de Majorana
 - particule de, 504
- Maldacena (dualité de), ▷ correspondance AdS/CFT
- Malus
 - Dupin (théorème de), 415
 - loi de, 415
- Mandelstam (variables de), 713
- manganèse, 415
- Mangin (miroir de), 441
- manomètre, 415
- mantisse, ▷ notation scientifique
- Marangoni
 - effet, 415
 - nombre de, 415
- marche
 - aléatoire, ▷ marche au hasard
 - au hasard, 415
 - de potentiel, ▷ barrière de potentiel
- marée, 416
 - effet de, 416
 - forces de, 291
 - terrestre, 416
- marémotrice (énergie), 242
- maréthermique (énergie), 242
- marginal (rayon), 580
- Margoulis (nombre de), 416
- Mariotte
 - loi de, 416
 - parabole de, 495
 - température de, 668
- Markov
 - chaîne de, 100
 - processus de, 554
- markovien (processus), 554
- marmite de Papin, 416
- Mars, 416
- Mars Climate Orbiter, 417
- marteau d'eau, 417
- mascaret, 417
- mascon, ▷ réplétion
- maser, 417
- Mason-Weaver (équation de), 417
- masque, 417
 - codé, 417
- masse, 418
 - atomique, 418
 - unité de, 707
 - cachée, ▷ matière noire
 - centre de, 98
 - de Chandrasekhar, 418
 - conservation de la, 137
 - couche de, 152
 - critique, 418
 - défaut de, 174
 - effective, 419
 - électromagnétique, 419
 - énergie de, 242
 - grave, 419
 - inerte, 419
 - invariante, 419
 - linéique, 419
 - molaire, 420
 - moléculaire, 420
 - nombre de, 469
 - de Planck, 420
 - ponctuelle, 420
 - réduite, 420
 - référentiel du centre de, 585
 - relativiste, 420

Index

- au repos, 420
- solaire, 420
- spécifique, 420, ▷ masse volumique
- spectromètre de, 635
- test, ▷ particule-test volumique, 420
- Massieu (fonctions de), 420
- massique
 - chaleur, 101
 - titre, 682
 - volume, ▷ volume spécifique
- Masson (bobine de), 74
- masurium, ▷ technétium
- matériel(-le)
 - dérivée, ▷ dérivée convective
 - point, ▷ point
- matière, 421
 - condensée, 421
 - étrange, 421
 - exotique, 421
 - noire, 421
 - problème de la, 554
 - nucléaire, 422
 - ondes de, 482
 - quantité de, 565
 - sombre, ▷ matière noire
- matrice(s), 422
 - de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa, 87
 - CCD, 422
 - CKM, ▷ matrice de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa
 - de densité d'état, ▷ opérateur densité
 - de Dirac, 422
 - de Gell-Mann, 311
 - inductance, 423
 - d'inertie, 423
 - jacobienne, ▷ jacobien, 423
 - mécanique des, 427
 - de Pauli, 423
 - S, 424
- Maupertuis (principe de), 424
- Maxwell
 - Ampère (équation de), 425
 - bobines de, 74
 - construction de, 140
 - démon de, 176
 - distribution des vitesses de, 210
 - équations de, 424
 - Faraday (équation de), 426
 - James Clerk, 424
 - relations de, 425
- maxwell (Mx), 424
- Maxwell-Boltzmann
 - approximation de, 425
 - corrigée
 - distribution de, 210
 - statistique de, 210
 - distribution de, 210
 - statistique de, 210
- Mayer
 - relation de, 426
 - théorie de, 426
- McLaurin (ellipsoïde de), 237
- Md, ▷ mendelevium
- mécanique, 426
 - action, 11
 - analytique, 426
 - céleste, 426
 - classique, 426
 - énergie, 243
 - équilibre, 251
 - des fluides, 426
 - des matrices, 427
 - des milieux continus, 427
 - newtonienne, 427
 - ondulatoire, 427
 - du point, 427
 - quantique, 427
 - rationnelle, 427
 - relativiste, 427
 - du solide, 427
- mécanisme
 - de GIM, 315
 - de Higgs, 336
 - de Schwinger, 618
 - Umklapp, 705
- médicéen (satellite), 615
- méga-, 427
- Mégajoule, 428
- Meissner
 - effet, 428
 - Ochsenfeld (effet), 428
- meitnerium, 428
- mélange
 - angle de, ▷ angle de Weinberg
 - entropie de, 247
 - racémique, 428
 - réfrigérant, 428
 - statistique, 428
- mélasse optique, 428
- Melde (corde de), 148
- membrane, 428
 - paradigme de la, 495
- mémoire de forme, 428
- Mendeleiev (tableau de), ▷ classification périodique
- mendelevium, 429
- ménisque, 429
 - d'Amici, 429
- mer
 - de Dirac, 429
 - de Fermi, 429
 - de quarks, 429
- Mercure, 429
 - avance du périhélie de, 53
- mercure, 429
 - baromètre à, 60
 - millimètre, ▷ torr
 - thermomètre à, 679
- méridien, 429
- Mermin-Wagner (théorème de), 429
- Meslin
 - bilentille de, 70
 - expérience de, 429
 - franges de, 297
- mésos, 430
 - B, 430
 - exotique, 430
 - hybride, 430
- K, 374
- pi, 525
- mésonique
 - atome, 49
 - molécule, 446
- mésopause, 430
- mésophase, 430
- mésoscopique, 430
- mésosphère, 430
- mésotron, 430
- mesurable, 430
- mesure, 430
 - de Roëmer, 609
 - du temps, 431
 - de Wiener, ▷ intégrale de chemin
- métal, 431
 - isolant (transition), ▷ transition de Mott
 - semi-, 622
 - de transition, 431
- métallicité, 431
- métallique
 - inter-, 362
 - réflexion, 587
- métamatériau, 431
- métastabilité, 431
- météore, 431
- météorite, 431
- météoroïde, 432
- méthode
 - de Badal, 432
 - de Bessel, 432
 - de Bitter, 73
 - du col, 432
 - des images électriques, 347
 - des moindre carrés, 432
 - de la phase stationnaire, 432
 - de Poggendorf, 432
 - de Rüchardt, 612
 - de Schlieren, 617
 - de Silbermann, 433
 - variationnelle, 433
- mètre, 433
 - dosi-, 213
 - étalon, 433
 - sphéro-, 637
 - stalagmo-, 640
 - watt-, 730
- métrique, ▷ tenseur métrique
 - de Robertson-Walker, 609
 - de Schwarzschild, 434
 - système, 658
 - tenseur, 671
- métrologie, 434
- MeV, 434
- MF, ▷ radiofréquences
- Mg, ▷ magnésium
- MHD, ▷ magnétohydrodynamique
- mho, 434, ▷ siemens
- mi, ▷ note
- Michell (Révérend John), 434
- Michelson, 434
 - Albert Abraham, 434
 - expérience de Morley-, 434
 - interféromètre de, 361
 - interféromètre stellaire de, 361

- réseau à échelons, 601
- micro-, 435
- micro-onde(s), 435
 - four à, 295
 - rayonnement de fond
 - cosmologique, 581
- microbalance, 435
- microcanonique (ensemble), 245
- microélectronique, 435
- microfluidique, 435
- microlentille gravitationnelle, 435
- micrométéorite, 435
- micromètre, ▷ micron
- micron, 435
- micropesanteur, 436
- microphone, 436
- MICROSCOPE, 436
- microscope, 436
 - à effet tunnel, 436
 - électronique, 437
 - à émission de champ, 437
 - à force atomique, 437
 - ionique à effet de champ, 437
 - optique, 437
 - ultra-, 705
- microscopie
 - en champ proche, 438
 - en champ sombre, 438
 - à contraste de phase, 438
 - optique en champ proche, 438
 - à sonde locale, ▷ microscopie en champ proche
- microscopique (état), 258
- Mie (diffusion de), 198
- milieu(x)
 - aléatoire, 438
 - continus (mécanique des), 427
 - intergalactique, 438
 - interplanétaire, 438
 - interstellaire, 438
 - optique, 439
- milli-, 439
- Millikan (expérience de), 439
- millimètre de mercure, ▷ torr
- million (partie par), ▷ ppm
- Millman (théorème de), 439
- mince
 - couche, 152
 - lame, 384
 - lentille, 394
 - système, 658
- mineur (objet), ▷ astéroïde
- miniGRAIL, 439
- minimum de déviation, 439
- Minkowski
 - espace-temps de, 255
 - formalisme de, 439
- minute, 439
 - d'arc, 440
 - cocotte-, ▷ marmite de Papin
- mirage, 440
 - gravitationnel, 440
- mirliton, ▷ tube de Bourdon
- miroir(s), 440
 - argenté, 440
 - de Bragg, 440
 - concave, 441
 - convexe, 441
 - diélectrique, 440
 - de Fresnel, 440
 - liquide, 441
 - de Lloyd, 441
 - magnétique, 441
 - de Mangin, 441
 - parabolique, 441
 - plan, 441
 - semi-réfléchissant, 441
 - sphérique, 441
- miroitement, ▷ blazage
- missions Apollo, 38
- MIT (modèle du sac du), 614
- mixte
 - état, 258
 - produit, 555
- MKS (système d'unités), 659
- MKSA, ▷ Système International d'unités
- Mn, ▷ manganèse
- Mo, ▷ molybdène
- mo, ▷ myrio-
- MOA, 442
- mobilité, 442
- Möbius (résistance de), 602
- mode, 442
 - bloqués (laser à), 390
 - mono-, 450
 - multi-, 458
- modèle
 - d'Airy, 17
 - ampérien du magnétisme, 442
 - atomique
 - de Bohr, 48
 - de Rutherford, 49
 - de Thomson, 50
 - en couches, 442
 - coulombien du magnétisme, 442
 - de Debye, 171
 - de Drude, 215
 - d'Einstein, 229, 709
 - d'Einstein-de Sitter, 709
 - de l'électron élastiquement lié, 233
 - de Flory, 280
 - de Friedmann, 709
 - de Friedmann-Lemaître, 300
 - de la goutte liquide, 317
 - de Heisenberg, 331
 - d'Ising, 443
 - de Krönig-Penney, 380
 - des quarks, 442
 - du sac du MIT, 614
 - de Sommerfeld, 632
 - standard
 - de la cosmologie, 443
 - de la physique des particules, 444
 - XY, 444
- modérateur, 444
- modération (loi de), ▷ loi de Lenz
- modulation, 444
 - d'amplitude, 444
 - de fréquence, 444, 445
- module, 445
 - de cisaillement, 445
 - de compressibilité, 445
 - de Coulomb, ▷ module de cisaillement
 - d'élasticité, 445
 - de glissement, ▷ module de cisaillement
 - de rigidité, ▷ module de cisaillement
 - d'Young, 445
- Moho, ▷ discontinuité de Mohorovičić
- Mohorovičić (discontinuité de), 204
- moindre(s)
 - action (principe de), 445
 - carrés (méthode des), 432
 - diffusion (cercle de), 99
- mois, 446
- mol, ▷ mole
- molaire, 446
 - capacité calorifique, 91
 - masse, 420
 - volume, 728
- Moldover (expérience de), 446
- mole (mol), 446
- moléculaire
 - champ, 106
 - faisceau, 271
 - masse, 420
 - orbitale, 487
 - polarisabilité, ▷ polarisabilité atomique
- molécule, 446
 - mésonique, 446
- Molière (rayon de), 580
- Molina (formule de), 446
- Mollier (diagramme de), 190
- molybdène, 446
- moment, 446
 - anapolaire, 446
 - angulaire, ▷ moment cinétique
 - cinétique, 447
 - conservation du, 137
 - théorème du, 675
 - conjugué, 447
 - dipolaire
 - électrique, 447
 - électrique permanent, 447
 - magnétique, 448
 - dynamique, 448
 - théorème du, 675
 - électrique, 448
 - d'une force, 448
 - d'inertie, 449
 - magnétique, 449
 - anormal, 449
 - d'un torseur, 450
- monobare, 450
- monochromateur, 450
- monochromatique, 450
 - quasi-, 567
- monocristal, 450
- monomode, 450
- monophasé, 450
- monopôle, 450
 - de Dirac, 204
 - magnétique, 450

de 't Hooft-Polyakov, 681
monotherme, 451
montage
 additionneur, 451
 dérivateur, 451
 intégrateur, 451
 inverseur, 451
 non inverseur, 451
 séparateur, ▷ montage suiveur
 suiveur, 452
Monte-Carlo, 452
Moore (loi de), 452
Morin (machine de), 410
Morley (expérience de Michelson-), 434
Morse (potentiel de), 544
mort thermique de l'Univers, 452
Morton (nombre de), 452
Moseley (loi de), 452
Mössbauer (effet), 453
Mosotti (formule de Clausius-), 118
moteur, 453
 à air chaud, ▷ moteur Stirling
 d'Ampère, 351
 asynchrone, 453
 à courant continu, 453
 cycle, 165
 électrique, 453
 de Faraday, 453
 linéaire, 453
 Stirling, 454
 synchrone, 454
 thermique, 454
Mott
 isolant de, 367
 transition de, 693
 -Wannier (exciton de), ▷ exciton
mouillage, 454
mousse, 454
 solide, 454
mouvement, 455
 apparent, 455
 brownien, 455
 direct, 456
 équations du, 455
 d'Euler-Poinsot, 456
 de Helmholtz, 456
 inverse, 456
 képlérien, 456
 de Lagrange-Poinsot, 456
 perpétuel, 456
 plan, 456
 de Poinsot, 456
 de précession, 547
 propre, 457
 quantité de, 565
moyen(ne), 457
 champ, 106
 infrarouge, 354
 libre parcours, 397
 temps de vie, 669
 valeur, ▷ moyenne
 valeur quadratique, 712
 vitesse, 725
 vitesse quadratique, 726
Mpc, ▷ parsec

Mpemba (effet), 457
Ms, ▷ nombre de Margoulis
MSW (effet), 457
Mt, ▷ meitnerium
MTS (système d'unités), 659
mu [μ], 458
muet (indice), 350
multimètre, 458
multimode, 458
multiple (quasar), 567
multiplet, 458
multiplicateur (circuit), 115
multiplicateurs de Lagrange, 458
multiplicité, 458
multipolaire (développement), 186
multipôle, ▷ développement
 multipolaire
multivers, 458
muon, 458
muonique (atome), 49
muonium, 458
mur
 de Planck, 458
 du son, 459
mustimètre, ▷ aréomètre
mutarotation, 459
mutuelle (inductance), 423
Mx, ▷ maxwell
myopie, 459
myria-, 459
myrio-, 459

N

N, ▷ azote
 rayon, 580
n, 460
n-bein, ▷ tétrade
Na, ▷ sodium
nabla (opérateur), 460
nadir, 460
Nagaoka (atome de), 49
naine, 460
 blanche, 460
Nambu-Goldstone (boson de), 79
nano-, 461
nanotechnologie, 461
nanotube
 de carbone, 461
 de silicium, 461
nappe
 sagittale, 461
 tangentielle, 461
Natterer (tube de), 702
naturelle(s)
 lumière, 406
 unités, 708
nautique (aube), 51
Navier
 Lamé- (équation de), 385
 -Stokes (équation de), 462
Nb, ▷ niobium
Nd, ▷ néodyme
Ne, ▷ néon
nébuleuse, 462
Néel, 462
 Louis, 462
température de, 668
négatif, 462
 cristal, ▷ uniaxe
négative
 énergie, 243
 pression, 549
 réfraction, 587
 résistance, 602
 température, 668
négaton, 462
négligeable, 462
néguentropie, 462
nématique (phase), 516
néodyme, 463
néon, 463
 laser hélium-, 391
 tube, ▷ tube fluorescent
neper, 463
Neptune, 463
neptunium, 463
Nernst
 effet, 463
 -Einstein (loi de), 463
 principe de, 463, ▷ troisième
 principe de la
 thermodynamique
Nesvizhevsky (expérience de), 463
Neumann (formule de), 463
neutralino, 463
neutre, 464
 axe, ▷ ligne neutre
 courant, 156
 ligne, 398
neutrino(s), 464
 actif, 464
 atmosphérique, 464
 de Dirac, ▷ particule de Dirac
 faisceau de, 271
 géo-, 313
 de Majorana, ▷ particule de
 Majorana
 oscillation des, 491
 solaire, 464
 stérile, 465
 télescope à, 665
neutron(s), 465
 anti-, 35
 diffraction de, 196
 diffusion de, 198
 étoile à, 260
 excès de, 263
 lent, ▷ neutron thermique
 moment dipolaire électrique du,
 447
 quadri-, 563
 thermique, 465
neutronique
 activation, 11
 bilan, 70
neutronique (activation), 11
neutronisation, 465
neutronium, 465
neutronographie, 465
Newman (trou noir de Kerr-), 700
Newton, 466
 anneaux de, 31

- balancier de, 57
- Cartan (théorie de), 467
- constante de, 466
- échelle de, 220
- formule de, 466
- loi de, 466
- loi de refroidissement de, 466
- lois de, 466
- pendule de, ▷ balancier de Newton
- prisme de (expérience du), 553
- seau de, 466
- télescope de, 665
- troisième loi de, ▷ principe d'action-réaction
- tube de, 703
- newton, 466
- newtonien(-ne), 467
 - champ vectoriel, 106
 - fluide, 281
 - limite, 399
 - mécanique, 427
 - post-, 542
- Next Linear Collider, ▷ accélérateur linéaire
- Ni, ▷ nickel
- Nichols (radiomètre de), 572
- nickel, 467
- Nicol (prisme de), 553
- niobium, 467
- nit, 467
- niveau
 - accepteur, ▷ accepteur, 467
 - donneur, ▷ donneur, 467
 - d'énergie, 467
 - de Fermi, 467
 - de Landau, 467
- Nix, ▷ Pluton
- NLC, ▷ accélérateur linéaire
- No, ▷ nobélium
- nobélium, 468
- nodal
 - anti- (point), 531
 - plan, 526
 - point, 533
- Noether (théorème de), 468
- nœud(s), 468
 - loi des, 468
- noir(e)
 - chambre, 102
 - corde, 148
 - corps, 149
 - énergie, 243
 - goutte, 317
 - matière, 421
 - problème de la, 554
 - trou, 698
- Nollet (machine de), 411
- nombre
 - d'Abbe, ▷ constringence
 - algébrique, ▷ équation algébrique
 - d'Archimède, 42
 - d'Atwood, 51
 - d'Avogadro, 54
 - baryonique, 468
 - conservation du, 137
 - de Biot, 71
 - de Bond, 77
 - complexe, 468
 - de Deborah, 171
 - d'Eckert, 221
 - d'Eddington, 223
 - d'Ekman, 230
 - d'Eötvös, ▷ nombre de Bond f, 492
 - de Fourier, 295
 - de Fresnel, 299
 - de Froude, 302
 - de Galilée, 306
 - de Grashof, 319
 - de Grassmann, 319
 - de Hagen, 326
 - de Knudsen, 379
 - de Laplace, 388
 - leptonique, 469
 - conservation du, 138
 - de Lewis, 396
 - de Lorenz, 405
 - de Mach, 409
 - de Marangoni, 415
 - de Margoulis, 416
 - de masse, 469
 - de Morton, 452
 - de Nusselt, 474
 - d'Ohnesorge, 478
 - d'onde, 469
 - de Pécelet, 507
 - de Prandtl, 547
 - quantique, 469
 - azimutal, ▷ nombre quantique orbital
 - magnétique, 469
 - orbital, 469
 - principal, 469
 - secondaire, ▷ nombre quantique orbital
 - de spin, ▷ spin
 - de Rayleigh, 577
 - de Reech, 584
 - de Reynolds, 607
 - magnétique, 607
 - de Richardson, 608
 - de Rossby, 610
 - de Schmidt, 617
 - de Scruton, 618
 - de Stanton, 640
 - de Strouhal, 645
 - de Suratman, ▷ nombre de Laplace
 - de Taylor, 662
 - de Weber, 730
 - de Weissenberg, ▷ nombre de Deborah, 731
- non clonage (théorème de), 469
- non commutative
 - non-commutative (géométrie), 313
- non-inertiel (observateur), 476
- non inverseuse (entrée), 246
- non-linéarité, 470
- non-mouillage, ▷ mouillage
- non-perturbatif, ▷ perturbatif
- nord magnétique, ▷ pôle nord magnétique
- Nordtvedt (effet), 470
- normale, 470
 - accélération, 7
 - loi, 209, ▷ distribution gaussienne
 - pression, 549
- norme, 470
- normé, 470
- Nörremberg (appareil de), 470
- Norton (théorème de), 470
- Noskov (effet Kikoin-), 377
- notation
 - complexe, 470
 - de Dirac, 204
 - indicielle, 470
 - scientifique, 471
- notch (filtre), 278
- note, 471
- nouvelle
 - bougie, ▷ bougie
 - Lune, ▷ phases de la Lune
 - physique, 471
- nova, 471
- noyau(x), 471
 - actif de galaxie, 472
 - charte des, 110
 - d'une comète, ▷ comète
 - exotique, 472
 - à halo, 472
 - magique, 472
 - stellaire, ▷ cœur stellaire
- Np, ▷ neptunium
- nu [ν], 472
- nuage(s)
 - couleur des, ▷ diffusion de Mie
 - électronique, ▷ cortège électronique
 - interstellaire, 472
 - de Magellan, ▷ Groupe local, 472
 - de Oort, 472
- nucléation, 473
- nucléaire
 - fission, 279
 - fusion, 303
 - magnéton, 413
 - matière, 422
 - physique, 520
 - pycno-, 561
 - réaction, 583
 - réaction thermo-, 584
- nucléide, 473
- nucléon, 473
- nucléosynthèse, 473
 - explosive, 474
 - primordiale, 473
 - stellaire, 474
- nue
 - charge, ▷ charge effective
 - singularité, 628
- nul, ▷ genre
- numérique, 474
 - analogique (convertisseur), 144
 - analogique- (convertisseur), 144
 - application, 38
 - densité, 177
 - ouverture, 492
- numéro atomique, 474

Nusselt (nombre de), 474
 nutation, 474
 Nuttall (loi de Geiger-), 310
 Nyquist (fréquence de), 298

O

O, ▷ oxygène
 objectif, 475
 objet(s), 475
 astrophysique compact, 126
 épars, 248
 à l'infini, 475
 mineur, ▷ astéroïde
 obliquité, ▷ facteur d'inclinaison, 475
 obscurité (courant d'), 156
 observable, 475
 univers, 708
 observateur, 475
 inertiel, 476
 non-inertiel, 476
 Occam, ▷ Ockham
 occlusion, 476
 occultation, 476
 Ockham (rasoir d'), 576
 octet, 476
 octuple (voie), 727
 oculaire, 477
 anneau, 99
 cercle, 99
 de Huygens, 477
 dégagement, 207
 distance, 207
 de Ramsden, 477
 relief, 207
 Oe, ▷ (ersted)477
 œil, 477
 de Listing, 477
 de poisson, 477
 verre d', ▷ verre de champ
 Ørsted (expérience d'), 478
 ørsted (Oe), 478
 œuf électrique, 478
 OGLE, ▷ microlentille
 gravitationnelle, 478
 ohm (Ω), 478
 Ohm (loi d'), 478
 ohmique (conducteur), 132
 ohmmètre, 478
 Ohnesorge (nombre d'), 478
 Oklo (réacteurs naturels d'), 583
 Olbers (paradoxe d'), 498
 oléomètre, ▷ aréomètre
 ombre, 479
 ombroscopie, 479
 omega [ω], 479
 Omega Ω , 479
 once, 479
 onde(s), 479
 acoustique, 480
 d'Alfvén, 18
 capillaire, ▷ ondes de capillarité
 de capillarité, 480
 de choc, 480
 cuve à, 163
 de densité, 480
 élastique, 480

électromagnétique, 480
 équation d', 250
 équation des, 479
 étalement du paquet d', 256
 évanescence, 480
 fonction d', 285
 front d', 300
 division du, 212
 gravitationnelle, 481
 de gravité, 481
 guide d', 324
 de Lamb, 482
 longitudinale, 403
 longueur d', 404
 longueur d'
 de Compton, 404
 de de Broglie, 404
 de Love, 482, ▷ onde sismique
 de matière, 482
 micro-, 435
 nombre d', 469
 paquet d', 494
 plane, 482
 porteuse, 482
 progressive, 482
 quadrivecteur d', 564
 de Rayleigh, 482, ▷ onde sismique
 sismique, 482
 sonore, 480, 483
 stationnaires, 483
 rapport d', 575
 taux d', 662
 de surface, 483
 surface d', ▷ front d'onde
 térahertz, 483
 transversale, 483
 vecteur d', 716
 ondemètre, 483
 ondoscope, 483
 ondulatoire
 mécanique, 427
 optique, 486
 onduleur, ▷ insertion magnétique, 483
 Onsager (relations d'), 483
 Oort (nuage de), 472
 opacité, 484
 opalescence critique, 484
 OPERA, 484
 opérateur, 484
 adjoint, 13
 auto-adjoint, ▷ adjoint
 annihilation, 484
 de d'Alembert, ▷ d'alembertien
 création, 484
 del, ▷ nabla
 densité, 484
 hermitien, 334
 impulsion, 485
 laplacien, 388
 de Liouville, ▷ équation de
 Liouville
 nabla, 460
 quantité de mouvement, ▷
 opérateur impulsion
 rotationnel, 611
 opérationnel (amplificateur), 23

Oppenheimer
 approximation de Born-, 39
 -Volkoff (limite d'), 485
 opposition, 485
 de phase, 485
 opticiens (formule des), 294
 optique, 485
 active, 485
 activité, 12
 adaptative, 485
 anisotrope, 486
 axe, 54
 branche, 82
 centre, 98
 chemin, 111
 chiralité, 113
 cohérente (tomographie), 683
 densité, 177
 étendue, 258
 fibre, 276
 de Fourier, 486
 géométrique, 486
 instrument d', 356
 interférométrie, 362
 intervalle, 363
 isolateur, 367
 mélasse, 428
 microscope, 437
 milieu, 439
 ondulatoire, 486
 paraxiale, 487
 pince, 525
 pompage, 539
 pyromètre, 561
 quantique, 487
 système, 658
 théorème, 676
 optiquement plat, 487
 opto-électronique, 487
 or, 487
 électroscope à feuilles d', 234
 orage, 487
 magnétique, 487
 orange, 487
 orbital(e)(s), 487
 antiliante, 487
 atomique, 487
 combinaison linéaire des, 125
 liante, 487
 moléculaire, 487
 nombre quantique, 469
 résonance, 604
 orbitaire (approximation), 39
 orbite, 487
 géostationnaire, 314
 géosynchrone, 314
 synchrone, ▷ géosynchrone
 ordinaire
 indice, 350, ▷ uniaxe
 rayon, 580
 ordonnée, 487
 ordre, 487
 de grandeur, 488
 paramètre d', 502
 premier (transition de phase du),
 693

second (transition de phase du), 693
supérieur (blanc d'), 73
orientable, 488
orientation, 488
orienté (angle), 29
origine, 488
Orion (bras d'), 83
orthogonal(e), 488
orthonormée (base), 489
orthopositronium, 542
orthoradial, 489
orthotrope, 489
Os, ▷ osmium
oscillateur(s), 489
amorti, 489
anharmonique, ▷ anharmonique
couplés, 489
entretenu, 489
forcé, 489
harmonique, 490
libre, 490
local, 490
de van der Pol, 490
oscillation(s), 490
amortie, 489
couplées, 489
de Rabi, 491
entretenu, 489
forcées, 489
isochronisme des petites, 367
des neutrinos, 491
paramétrique, 491
de plasma, 491
de relaxation, 491
oscilloscope, 491
osmium, 491
osmose, 492
inverse, ▷ osmose
osmotique (pression), 550
Ostrogradsky (théorème de), 322
Ostwald (loi d'), 492
Otto-Beau de Rochas (cycle de), 165
ouvert, 492
ouverture
aberration d', 3
diaphragme d', 193
numérique, 492
relative, 492
synthèse d', 657
Overwhelmingly Large telescope, 492
OWL, 492
oxygène, 492

P

P, 493, ▷ phosphore
onde, ▷ onde sismique
violation de, 721
Pa, ▷ pascal, ▷ protactinium
Padé (approximant de), 39
paire(s), 493
de Cooper, 493
paléomagnétisme, 493
palladium, 493
PAMELA, 493

panneau solaire, ▷ cellule
photovoltaïque
panorium, ▷ technétium
Papapetrou (équation de), 493
papillon, ▷ iridescence
couleur des ailes de, ▷ couleur
interférentielle, ▷ cristal
photonique
effet, 225
de Hofstadter, 494
Papin (marmite de), 416
paquet, 494
paquet d'ondes, 494
étalement du, 256
réduction du, 584
parabole, ▷ conique
de Joule-Thomson, 157
de Mariotte, 495
de sécurité, 494
de sûreté, 494
parabolique
antenne, 34
miroir, 441
parabolique, 728
paraboloïde, 495
paradigme de la membrane, 495
paradoxe, 495
d'Aarau, 495
de Braess, 495
de d'Alembert, 496
de du Buat, 496
d'Ehrenfest, 496
d'Eiffel, 496
d'Einstein-Podolski-Rosen, ▷
paradoxe EPR
EPR, 496
de Fermi, 497
de Gibbs, 497
de l'information du trou noir, 497
des jumeaux, 497
de Kauzman, 498
de Klein, 498
de Landé, 498
de Langevin, ▷ paradoxe des
jumeaux
d'Olbers, 498
de Pascal, 499
parallaxe, 499
spectroscopique, 499
parallèle, 499
montage en, 451
transport, 694
univers, 709
paramagnétique (résonance
électronique), 605
paramagnétisme, 500
de Brillouin, 500
de Langevin, 500
de Pauli, 500
super-, 648
de Van Vleck, 501
paramètre(s), 501
affine, 501
cosmologiques, 501
de coupure, 501
de densité, 501
externe, 501
gravitationnel standard, 501
de Hubble, 341
d'impact, 502
d'ordre, 502
de Stokes, 502
paramétrique
amplification, 24
oscillation, 491
résonance, 604
paramétrisation affine, ▷ paramètre
affine
parapositronium, 542
parasélène, 502
parasite, 502
paraxial(e), 502
optique, 487
parcours moyen (libre), 397
parfait, 502
amplificateur opérationnel, 24
diamagnétisme, ▷ diamagnétisme
diffuseur, 196
gaz, 309
équation des, 309
parhélie, 502
parité, 503
-R, 569
paroi de Bloch, 503
parsec, 503
partenaire supersymétrique, 503
particulaire (dérivée), ▷ dérivée
convective
particule(s), 503
accélérateur de, 6
anti-, 36
astrophysique des, 46
de Dirac, 503
dualité onde-, ▷ dualité
onde-corpuscule
élémentaire, 503
exotique, 504
famille de, 271
de Majorana, 504
modèle standard de la physique
des, 444
physique des, 520
quasi-, 567
supersymétrique la plus légère,
504
-test, 504
partie
imaginaire, ▷ nombre complexe
par million, ▷ ppm
réelle, ▷ nombre complexe
partiel(le)
dérivée, 181
pression, 550
partition (fonction de), 285
parton, 504
pas, 505
Pascal
appareil de, 505
Blaise, 505
expérience du tonneau de, 684
paradoxe de, 499
principe de, 505

- pascal (Pa), 505
- Paschen
 - Back (effet), 506
 - loi de, 505
 - série de, 505
- passage (conditions de), 131
- passante (bande), 59
- passif(-ve)
 - dipôle, 203
 - filtre, 278
 - transformation, 691
- Paul (piège de), 524
- Pauli, 506
 - effet, 506, ▷ Pauli
 - équation de, 506
 - matrices de, 423
 - paramagnétisme de, 500
 - principe d'exclusion de, 552
 - Villars (régularisation de), 506
- paysage, 507
- Pb, ▷ plomb
- Pd, ▷ palladium
- Pe, ▷ nombre de Péclet
- peau
 - effet de, 507
 - anormal, 507
 - magnétique, 507
 - épaisseur de, ▷ effet de peau
- Péclet (nombre de), 507
- peigne
 - de Dirac, 507
 - de fréquences, 507
- Pellat (appareil de), 508
- Peltier (effet), 508
- pendante (méthode de la goutte), 317
- pendule
 - balistique, 508
 - de Blackburn, 508
 - de Borda, 508
 - double, 508
 - de Foucault, 508
 - de Holweck-Lejay, 509
 - de Huygens, 509
 - inverse, 509
 - de Kater, 510
 - de Lorentz, 509
 - de Mach, 509
 - de Newton, ▷ balancier de Newton
 - pesant, 509
 - de Pohl, 510
 - réversible, 510
 - simple, 510
 - de torsion, 511
 - de Wilberforce, 511
- pénétration (coefficient de), ▷
 - coefficient de traînée
- Penney (modèle de Krönig-), 380
- Penning (piège de), 524
- pénombre, 511
 - analyseur à, 26
- Penrose
 - Carter (diagramme de), 190
 - effet Terrell-, 674
 - processus de, 555
- pensée (expérience de), 266
- pentaquark, 511
- Penzias, 581
- pépite de quarks, 511
- père de l'acoustique, 277
- périabside, ▷ périastre
- périastre, 511
- périgée, 511
- périhélie, 511
 - avance du, 53
 - de Mercure (avance du), 53
- période, 512
 - pseudo-, ▷ oscillateur amorti
 - sidérale, 512
 - synodique, 512
- périodique, 512
 - classification, 117
 - tableau, ▷ classification
 - périodique des éléments
- péritectique, 512
- permanent
 - aimant, 16
 - courant, 156
 - gaz, 309
 - régime, 589
- perméabilité, 512
 - coefficient de, ▷ loi de Darcy
 - magnétique, 512
 - magnétique du vide, 513
- perméance, 513
- permise
 - bande, 59
 - transition, 693
- permittivité
 - diélectrique, 513
 - diélectrique du vide, 513
- permutation(s), 513
- tenseur des, 671
- Perot
 - Fabry, ▷ interféromètre de
 - Fabry-Perot
 - Alfred, 513
- perpétuel (mouvement), 456
- Perrin (expérience de), 513
- perroquet (échelle de), 220
- perte(s)
 - de charge, 513
 - cuivre, 514
 - diélectriques, 514
 - d'énergie, 514
 - fer, 514
 - magnétiques (tangente des), 662
 - tangente de, 662
- perturbatif, 514
 - développement, ▷ perturbatif
- perturbation(s), 514
 - théorie des, 514
- pesant (pendule), 509
- pesanteur
 - accélération de la, 8
 - champ de, 106
 - énergie potentielle de, 243
- pesée (balance de), 57
- péta-, 515
- Peterson (effet Gunn-), 324
- petit (infiniment), 353
- Petit (loi de Dulong-), 216
- petite calorie, 88
- pétrole (tonne équivalent), 684
- Petzval
 - courbure de, 158
 - surface de, 653
- Pfund (série de), 515
- ph, ▷ phot
- Pharao, 515
- phasé
 - mono-, 450
 - tri-, 696
- phase(s), 515
 - de Berry, 516
 - choléristique, 516
 - de Condon-Shortley, 329
 - contraste de (microscopie à), 438
 - diagramme de, 191
 - espace des, 255
 - de Gouy, 516
 - de la Lune, 516
 - méso-, 430
 - nématique, 516
 - opposition de, 485
 - portrait de, 541
 - règle des, 515
 - smectique, 516
 - stationnaire (méthode de la), 432
 - transition de, 693
 - verrouillage de, 719
 - vitesse de, 725
- phaseur, ▷ représentation de Fresnel
- phénakistiscope, ▷ stroboscopie
- phénomène de Gibbs, 516
- phlogistique, 517
- phonon, 517
- phononique (cristal), 161
- phosphore, ▷ dopage, 517
- phosphorescence, 517
- phot (ph), 517
- photino, 517
- photocathode, ▷ effet photoélectrique
- photocentre, 517
- photoconducteur (effet), 225
- photocourant, ▷ effet photoélectrique
- photodésintégration, 517
- photodiode, 518
- photodissociation, 518
- photoélasticimétrie, 518
- photoélasticité, 518
- photoélectrique
 - cellule, 97
 - effet, 225
- photoélectron, 518
- photographie, 518
 - de Lippmann, ▷ procédé de
 - Lippmann
 - de Schlieren, ▷ méthode de
 - Schlieren
- photographique (appareil), 38
- photolithographie, 518
- photoluminescence, 518
- photométrie (parallaxe), ▷
 - parallaxe spectroscopique
- photométrie, 518
- photomultiplicateur, 519
- photon, 519
 - bruit de, ▷ bruit de grenaille

- gaz de, 309
- de recul, 519
- sphère de, 637
- photonique, 519
 - cristal, 161
- photonucléaire (réaction), 584
- photopile, 519
- photopique, ▷ œil
- photorésistance, 519
- photosensible, 520
- photosphère, 520
- phototransistor, 520
- photovoltaïque
 - cellule, 97
 - effet, 226
- physique
 - aristotélécienne, 43
 - atomique, 520
 - des hautes énergies, 520
 - nouvelle, 471
 - nucléaire, 520
 - des particules, 520
 - modèle standard de la, 444
 - quantique, 521
 - relativiste, 522
 - du solide, 522
 - statistique, 523
- Pi, 523
- pi (π), 523
- pic
 - de Dirac, 209
 - de Gamow, 523
- PICASSO, 523
- Pickering (série de), 523
- pico-, 523
- Pictet (expérience de), 524
- piéd, 524
- piège
 - de Paul, 524
 - de Penning, 524
- piéze (pz), 524
- piézo-électricité, 524
- piézo-électrique (cellule), 97
- piézomagnétisme, ▷ magnétostriction
- piézomètre, 524
- piézorésistance, 524
- pile
 - alcaline, ▷ pile chimique
 - chimique, 524
 - à combustible, 524
 - électrique, 524
 - à hydrogène, ▷ pile à combustible
 - photo-, 519
 - saline, ▷ pile chimique
 - de Volta, 524
- pince
 - ampèremétrique, 525
 - optique, 525
- pinceau lumineux, 525
- pincement
 - effet de, 525
 - rayon de, ▷ rayon de ceinture
- pion, 525
- Pioneer (anomalie), 33
- Pirani (jauge de), 370
- piriforme, 525
- piston, 525
- Pitot (tube de), 703
- pivotement (frottement de), 302
- pixel, 525
- Pl, ▷ poiseuille
- plan
 - antinodal, 526
 - antiprincipal, 526
 - de Bragg, 526
 - complexe, 526
 - focal, 526
 - de Fourier, ▷ optique de Fourier
 - de front, 526
 - miroir, 441
 - mouvement, 456
 - nodal, 526
 - principal, 526
- planétoïde, ▷ astéroïde
- PLANCK, 526
- Planck
 - constante de, 527
 - Einstein (relation de), 527
 - loi de, 527
 - masse de, 420
 - Max, 526
 - mur de, 458
 - unités de, 708
- PLANET, 527
- planétaire(s)
 - anneaux, 31
 - disque proto-, 206
- planète, 527
 - exo-, 265
 - extrasolaire, ▷ exoplanète
 - naine, 528
 - tellurique, 528
- planétésimal, 528
- plasma, 528
 - accélérateur à, 6
 - fréquence de, 298
 - oscillation de, 491
 - quark-gluon, 528
- plasmopause, 528
- plasmaphère, 528
- plasmon, 528
- plasmonique, 529
- plasticité, ▷ écoulement plastique
 - super-, 648
- plastique, 529
 - écoulement, 222
 - pseudo-, ▷ rhéofluidifiant
- plat
 - optiquement, 487
 - potentiel, 544
 - univers, 709
- Plateau
 - expérience de, 529
 - instabilité de, 355
 - lois de, 529
 - Rayleigh (instabilité de), 355
- platine, 529
 - iridié, 529
 - thermomètre à résistance de, 679
- platitude (problème de la), 554
- pleine lumière (champ de), 106
- pleine Lune, ▷ phases de la Lune
- plekton, 529
- pléochroïsme, 529
- plomb, 529
- pluie, 529
- plume, ▷ lobe radio
- plus plat plus près, 529
- Pluton, 529
- plutonium, 530
- Pm, ▷ prométhéum
- PN, ▷ post-newtonien
- pn (jonction), 371
- Po, ▷ poise, ▷ polonium
- Pockels (effet), 530
- Podolski, ▷ paradoxe EPR
- Poggendorf (méthode de), 432
- Pohl (pendule de), 510
- poids, 530
- Poids et Mesures
 - Bureau International des, 86
 - Comité International des, 125
 - Conférence Générale des, 134
- Poincaré, 530
 - groupe de, 323
 - lemme de, 530
 - pression de, 550
 - section de, 621
 - sphère de, 637
- Poinsot
 - mouvement de, 456
 - voûte de, ▷ chaînette
- point(s), 531
 - antinodal, 531
 - antiprincipal, 531
 - d'application, 531
 - coïncident, 531
 - critique, 531
 - contournement du, 141
 - quantique, 531
 - d'ébullition, 219
 - fixe, 532
 - de fonctionnement, 287
 - de fusion, 532
 - de gelée, 532
 - de Lagrange, 532
 - lambda, 533
 - de Leidenfrost, 392
 - matériel, 531
 - mécanique du, 427
 - nodal, 533
 - de Poisson-Arago, 533
 - principal, 533
 - quantique, 534
 - de rosée, 609
 - triple, 534
 - vernal, 534
 - de Weierstrass, 730
 - de Young-Weierstrass, 737
- pointe (effet de), 534
- poise (Po), 534
- Poiseuille
 - écoulement de, 222
 - loi de, 534
- poiseuille (PI), 534
- Poisson
 - coefficient de, 535
 - crochets de, 161

- distribution de, 210
- équation de, 535
- Lagrange- (mouvement de), 456
- loi de, 210
- point de Arago-, 533
- Siméon Denis, 534
- poisson (œil de), 477
- poissonien, 535
 - sous-, 535
 - sur-, 535
- polaire(s), 535
 - aplatissement, 37
 - aurore, 52
 - coordonnées, 147
 - étoile, 261
 - vecteur, 716
- polarisabilité
 - atomique, 535
 - moléculaire, ▷ polarisabilité atomique
- polarisation, 536
 - angle de, 29
 - magnétique, 536
 - par réflexion, 536
 - rotatoire, 536
 - du vide, 536
- polariseur, 537
- polariton, 537
- polaritonique, ▷ polariton
- polaroïd, 537
- polaron, 537
- Polder (force de Casimir-), 94
- Polder (tenseur de), 671
- pôle, 537
 - de Landau, 537
 - magnétique, 537
 - nord
 - magnétique, 537
 - quadri-, 563
 - sud, ▷ pôle magnétique
- polhodie, 538
- poloïdal, 538
- polonium, 538
- Poltergeist (projet), 538
- polychroïsme, ▷ pléochroïsme
- polychromatique, 538
- polygone des forces, 538
- polynôme de Legendre, 538
- polytrophe, 539
- Pomeranchuk
 - effet, 539
 - refroidissement, 539
- pompage optique, 539
- pompe
 - à chaleur, 539
 - Einstein-Szilard, 539
- poncelet, 540
- ponctuelle (masse), 420
- pondération, 273
- pont
 - de la Basse-Chaîne, 540
 - de diodes, 540
 - d'Einstein-Rosen, 701
 - Graëtz, ▷ pont de diodes
 - de Tacoma, 540
 - de Wheatstone, 540
- population, 540
 - inversion de, 365
- portance, 541
- porte
 - fonction, 286
 - logique, 541
- porteur de charge, 541
- porteuse, 482
 - fréquence, 298
 - onde, 482
- portrait de phase, 541
- positif, 541
 - cristal, ▷ uniaxe
 - électron, ▷ positon
- position
 - quadrivecteur, 564
 - vecteur, 716
- positon(s), 541
 - tomographe à émission de, 683
- positron, ▷ positon
- positronium, 542
 - di-, 203
 - ortho-, 542
 - para-, 542
- porosité, 541
- post-minkowskien, 40
- post-newtonien, 542
- postulat des géodésiques, 312
- potassium, 542
- potentiel(le)(s), 542
 - anharmonique, ▷ anharmonique avancé, 542
 - barrière de, 61
 - chimique, 543
 - de contact, 543
 - différence de, 194
 - électrique, 542, 543
 - électrostatique, 543
 - énergie, 243
 - équi-, 252
 - grand, 319
 - gravitationnel, 542, 543
 - d'ionisation, 543
 - de Lennard-Jones, 392
 - de Liénard-Wiechert, 543
 - magnétique, 544
 - marche de, ▷ barrière de potentiel
 - de Morse, 544
 - plat, 544
 - pseudo-, 558
 - puits de, 560
 - quadrivecteur, ▷ quadri-potentiel
 - retardé, 544
 - thermodynamique, 544
 - vecteur, 544
 - de Hertz, 545
 - de Yukawa, 545
- potentiomètre, 545
- pouce, 545
- pound per square inch, ▷ psi
- Pound-Rebka (expérience de), 545
- poussée, 545
 - d'Archimède, 546
 - centre de, 98
- poussière, 546
 - tourbillon de, 687
- pouvoir
 - d'arrêt, ▷ pouvoir de freinage
 - dispersif, 546
 - de freinage, 546
 - de résolution, 546
 - rotatoire, 546
- Poynting
 - théorème de, 546
 - vecteur de, 717
- pp, ▷ proton-proton
- ppm, 547
- PPN
 - approximation, ▷ post-newtonien
 - développement, ▷ post-newtonien
- Pr, ▷ praséodyme
- Prandtl (nombre de), 547
- praséodyme, 547
- précession, 547
 - constante de, 139
 - des équinoxes, 547
 - géodésique, ▷ effet Einstein-de Sitter
 - de Larmor, 547
 - mouvement de, 547
 - de Thomas, 547
- premier ordre (transition de phase du), 693
- premier principe de la thermodynamique, 547
- première aimantation (courbe de), 158
- préon, 548
- presbytie, 548
- presse hydraulique, 548
- pressiomètre, 548
- pression, 548
 - d'arrêt, 549
 - atmosphérique, 549
 - atmosphérique standard, 549
 - de cohésion, 712
 - conditions ambiantes de, 130
 - conditions normales de température et de, 131
 - de dégénérescence, 549
 - dynamique, 549
 - électrostatique, 549
 - de Fermi, ▷ pression de dégénérescence interne, 712
 - magnétique, 549
 - négative, 549
 - normale, 549
 - osmotique, 550
 - partielle, 550
 - de Poincaré, 550
 - de radiation, 550
 - sonore
 - niveau de, ▷ dB SPL
 - standard, 550
 - de vapeur saturante, 550
- primaire
 - arc, 41
 - enroulement, ▷ enroulement
 - onde, ▷ onde sismique
 - vide, 720
- primitif (atome), 49

- primordial(e), 550
 - nucléosynthèse, 473
- principal(e)
 - axe d'inertie, 54
 - borne, 78
 - nombre quantique, 469
 - plan, 526
 - point, 533
 - rayon, 580
 - séquence, 623
- principe, 550
 - d'action-réaction, 550
 - anthropique, 34
 - d'Archimède, ▷ poussée
 - d'Archimède
 - du bilan détaillé, 70
 - de Carnot, 93
 - de censure cosmique, 97
 - de Clausius, 118
 - de combinaison de Ritz, 609
 - de complémentarité, 127
 - de correspondance, 149
 - cosmologique, 551
 - de Curie, 163
 - d'exclusion de Pauli, 552
 - d'équivalence, 551
 - des états correspondants, 257
 - d'évolution, 552
 - de Fermat, 273
 - fondamental
 - de la dynamique, ▷ relation fondamentale de la dynamique
 - holographique, 338
 - de Huygens-Fresnel, 343
 - d'incertitude, ▷ principe
 - d'indétermination
 - d'inertie, 353
 - de Kelvin, 681
 - de Landauer, 386
 - de Lavoisier, 391
 - de Mach, 409
 - de Maupertuis, 424
 - du maximum d'entropie, 424
 - de moindre action, 445
 - de Nernst, 463, ▷ troisième
 - principe de la thermodynamique
 - de Pascal, 505
 - de relativité, 593
 - de superposition, 648
 - de la thermodynamique
 - premier, 547
 - second, 619
 - troisième, 697
 - zéro, 552
 - de Thomson, 681
 - variationnel, 552
 - zéro de la thermodynamique, 552
- Principia, 552
- prise de terre, 552
- prisme, 552
 - de Newton (expérience du), 553
 - de Nicol, 553
- privilegié (référentiel), 586
- prix Nobel, 553
- probabilité
 - amplitude de, 24
 - courant de, 156
 - densité de, 178
 - distribution de, ▷ densité de probabilité
- problème
 - à deux corps, 553
 - à N corps, 554
 - à trois corps, 554
 - de l'horizon, 553
 - de Kepler, 553
 - de la matière noire, 554
 - de la platitude, 554
 - de Størmer, 554
- Proca (lagrangien de), 384
- procédé de Lippmann, 554
- processus
 - aléatoire, 554
 - de Fermi, 7
 - de Markov, 554
 - markovien, 554
 - de Penrose, 555
 - r , 555
 - s , 555
 - stochastique, 554
 - U , 705
 - Umklapp, 705
 - urca, 555
 - de Wiener, ▷ mouvement brownien
- proche
 - infrarouge, 354
- proche (champ), 106
 - microscopie en, 438
 - microscopie optique en, 438
- produit
 - d'inertie, 555
 - mixte, 555
 - scalaire, 555
 - tensoriel, 556
 - vectorel, 556
 - vectorel (double), 213
- profondeur
 - de champ, 556
 - de foyer, 556
- progressive (onde), 482
- projecteur, 556
- projectile, 557
- projection, 557
- projet
 - Argus, 43
 - Poltergeist, 538
- prolongement analytique, 282
- prométhéum, 557
- prométhium, ▷ prométhéum
- propagateur, 557
- propagation, 557
 - équation de, 557
- proportionnel(le)
 - chambre multifils, ▷ chambre à fils
 - compteur, 128
- propre, 557
 - espace, 255
 - état, 258
 - fréquence, 298
 - mouvement, 457
- temps, 669
- valeur, 712
- vecteur, 717
- propulsion ionique, 557
- protactinium, 557
- protoétoile, 557
- proton(s), 558
 - anti-, 36
 - chaîne proton-, ▷ cycle proton-proton
 - cycle proton-, 166
 - desintégration à deux, 183
 - desintégration du, 183
 - excès de, 264
- protonique (activation), 11
- protoplanétaire (disque), 206
- protoplanète, 558
- prototype, ▷ étalon
- protubérance solaire, 558
- Proudman, ▷ théorème de Taylor-Proudman
- proximum (punctum), 561
- pruténiques (tables), 661
- pseudo-
 - image, 558
 - isolé, 558
 - période, ▷ oscillateur amorti
 - plastique, ▷ rhéofluidifiant
 - potentiel, 558
 - pulsation, ▷ oscillateur amorti
 - scalaire, 558
 - vecteur, 558
- psi, 559
- PSR 1913 + 16, 560
- psychrométrie, 559
- Pt, ▷ platine
- Ptolémée, 559
 - système de, 658
- Pu, ▷ plutonium
- puissance, 559
 - densité spectrale de, 52
 - électronique de, 234
 - équivalente de bruit, 560
 - facteur de, 270
- puits
 - de potentiel, 560
 - quantique, 560
 - de Syène, ▷ expérience d'Eratosthène
- pulsar, 560
- pulsation, 561
 - de Larmor, 561
 - pseudo-, ▷ oscillateur amorti
- punctum
 - proximum, 561
 - remotum, 561
- pupille, 561
- pur
 - corps, 149
 - état, 258
- Purcell (effet), 561
- pynonnucléaire, 561
- pyranomètre, ▷ actinomètre
- pyréolophore, 561
- pyrhéliomètre, ▷ actinomètre
- pyroélectricité, 561

pyromètre optique, 561
 pyrophorique, 561
 pz, ▷ piéze

Q

q-bit, 562
 QED, ▷ électrodynamique quantique
 QFT, ▷ théorie quantique des champs
 quadrature, 562
 quadri-potentiel, 563
 quadri-accélération, 562
 quadrichromie, 562
 quadri-courant, ▷ quadrivecteur
 densité de courant
 quadri-divergence, ▷ divergence
 quadri-force, 562
 quadri-impulsion, ▷ quadrivecteur
 énergie-impulsion
 quadrineutron, 563
 quadripôle, 563
 quadrivecteur, 563
 courant, ▷ quadrivecteur densité
 de courant
 densité de courant, 563
 énergie-impulsion, 563
 gradient, 563
 d'onde, 564
 position, 564
 quadrivitesse, 564
 qualité (facteur de), 270
 quantification, 564
 bruit de, 84
 canonique, 564
 géométrique, ▷ quantification de
 Weyl
 seconde, 620
 de Weyl, 564
 quantifié, 564
 quantique
 chaos, 108
 chromodynamique, 113
 cohérence, 123
 cryptographie, 162
 défaut, 174
 efficacité, 227
 électrodynamique, 232
 électronique, 234
 état, 258
 fil, 278
 interprétation de la physique, 362
 intrication, 363
 mécanique, 427
 nombre, 469
 optique, 487
 physique, 521
 point, 534
 critique, 531
 puits, 560
 saut, 616
 statistique, 641
 superposition, 649
 vide, 720
 quantité
 d'accélération, 565
 de chaleur, 565

de matière, 565
 de mouvement, 565
 conservation de la, 138
 opérateur, ▷ opérateur
 impulsion
 quantum, 565
 d'action, ▷ constante de Planck
 de flux magnétique, 565
 quark(s), 566
 étrange, 261
 -gluon (plasma), 528
 -hadrons (transition), 693
 lepto-, 395
 mer de, 429
 modèles des, 442
 penta-, 511
 pépité de, 511
 tétra-, 675
 de valence, 566
 quarkonium, 566
 quartier de Lune, ▷ phases de la Lune
 quartz, 566
 horloge à, 341
 microbalance à, 435
 quasar, 566
 multiple, 567
 quasi
 -cristal, 567
 -monochromatique, 567
 -particule, 567
 -stationnaires (approximation des
 regimes, 40
 -statique, 567
 quaternaire (arc), 41
 quaternion, 568
 quatre P (règle des), 529
 qubit, ▷ q-bit
 question à la Fermi, 568
 queue, ▷ comète
 Quincke (rotation de), 610
 quintal, 568
 quintessence, 568

R

r (processus), 555
 R-parité, 569
 règle, ▷ alliage
 RA, ▷ ascension droite
 Ra, ▷ radium
 Rabi
 fréquence de, 298
 oscillations de, 491
 racémique (mélange), 428
 rad, 569
 radar, 569
 radial(e), 569
 ortho-, 489
 vitesse, 726
 radian, 569
 radiance (super-), 649
 radiation, 569
 ceinture de, 96
 jauge de, ▷ jauge de Coulomb
 pression de, 550
 de transition, ▷ rayonnement de
 transition

radiative (jauge), ▷ jauge de Coulomb
 radio, ▷ radiofréquences
 lobe, 401
 radioactive
 constante, 183
 série, 624
 radioactivité, 569
 alpha, 569
 bêta, 569
 gamma, 569
 radioastronomie, 570
 radiocarbonate, ▷ carbone 14
 radioélément, 571
 radiofréquences, 571
 radiogalaxie, 571
 radiogénique, 572
 radioisotope, ▷ radionucléide
 radioluminescence, 572
 radiomètre, 572
 de Crookes, 572
 de Nichols, 572
 radiométrie, 572
 radionucléide, 572
 radiosonde, 573
 radiosource, 573
 radiotélescope(s), 573
 d'Arecibo, 573
 réseau de, ▷ radiotélescope
 radium, 573
 radon, 573
 raideur (constante de), 139
 raie(s), 573
 à 21 cm, 573
 anti-Stokes, 574
 C, ▷ raies de Fraunhofer
 D, ▷ raies de Fraunhofer
 de Fraunhofer, 574
 F, ▷ raies de Fraunhofer
 H_α, ▷ raies de Fraunhofer
 H_β, ▷ raies de Fraunhofer
 K, ▷ raies de Fraunhofer
 Lyman alpha, 574
 spectre de, 635
 Stokes, 574
 tellurique, 574
 Raman
 diffusion, ▷ effet Raman
 effet, 574
 Ramsauer-Townsend (effet), 574
 Ramsden (oculaire de), 477
 Rankine, 574
 cycle de, 166
 degré, 175
 formule de, 575
 Raoult (loi de), 575
 rapide
 axe, 54
 écoulement, ▷ régime torrentiel
 rapidité, 575
 rapport
 de branchement, ▷ rapport
 d'embranchement
 de convergence, 319
 d'embranchement, 575
 gyromagnétique, 575
 isotopique, 576

- d'ondes stationnaires, 575
- signal sur bruit, 576
- de suréchantillonnage, 575
- de transformation, 576
- rare(s)
 - gaz, 310
 - loi des événements, 210
 - terres, 674
- raréfaction, 576
- Rarita-Scwinger (équation de), 576
- raser, 576
- rasoir d'Ockham, 576
- rationnelle (mécanique), 427
- Raveau (diagramme de), 191
- Rayleigh
 - Bénard (instabilité de), 355
 - critère de, 161
 - diffusion, 198
 - équation de, 576
 - fonction de dissipation de, 283
 - Jeans (loi de), 577
 - longueur de, 404
 - Lord, 576
 - nombre de, 577
 - onde de, 482, ▷ onde sismique
 - Ritz (méthode de), 433
 - Taylor (instabilité de), 355
- rayleigh, 576
- rayon(s)
 - angulaire, 577
 - atomique, 577
 - de Bohr, 577
 - canaux, 577
 - cathodiques, 577
 - de ceinture, 578
 - classique de l'électron, 578
 - cosmique, 578
 - de courbure, 578
 - covalent, 578
 - efficace, 579
 - extraordinaire, 579
 - gamma, 579
 - de giration, 579
 - de Hubble, 579
 - de Larmor, 579
 - de lumière, ▷ rayon lumineux
 - lumineux, 579
 - déviations gravitationnelles des, 187
 - marginal, 580
 - de Molière, 580
 - N, 580
 - d'orbite synchrone, 580
 - ordinaire, 580
 - de pincement, ▷ rayon de ceinture principal, 580
 - de Roche, 580
 - de Schwarzschild, 580
 - T, ▷ ondes térahertz, 580
 - vecteur, ▷ vecteur position
 - vert, 580
 - X, 580
 - durs, 735
 - mous, 735
 - tube à, 703
- rayonnement, 581
- Cherenkov, 112
- cohérent, 581
- cosmique, ▷ rayon cosmique
- diagramme de, 191
- électromagnétique, ▷ onde électromagnétique
- de fond cosmologique, 581
- fossile, ▷ rayonnement de fond cosmologique
- de freinage, 582
- gravitationnel, ▷ onde gravitationnelle
- de Hawking, 582
- infrarouge, ▷ infrarouge
- ionisant, 582
- synchrotron, 582
- thermique, 582
- de transition, 583
- Rb, ▷ rubidium
- RC (circuit), 115
- Re, ▷ rhénium
- ré, ▷ note
- réactance, 583
- réacteur(s)
 - nucléaire(s), 583
 - d'Oklo, 583
 - stato-, 642
- réaction, 583
 - en chaîne, 583
 - énergie de, 244
 - d'induit, 583
 - nucléaire, 583
 - photonucléaire, 584
 - thermonucléaire, 584
 - triple alpha, 697
- Réaumur
 - degré, 176
 - thermomètre de, 679
- Rebka (expérience de Pound-), 545
- recalécence, 584
- récepteur, 584
 - convention, 143
- récession, 584
 - vitesse de, 726
- réci-proque(s)
 - loi des actions, ▷ principe d'action-réaction
- réseau, 601
- recombinaison, 584
- rectangulaire (signal), 626
- rectiligne, 584
 - translation, 693
- recul (photon de), 519
- redressement, 584
- redshift, ▷ décalage vers le rouge
- réduction
 - du paquet d'ondes, 584
- réduction
 - éléments de, ▷ torseur
- réduite
 - constante de Planck, 139
 - masse, 420
- Reech
 - formule de, 584
 - nombre de, 584
- réel(le), 585
- gaz, 310
- référentiel, 585
 - absolu, 585
 - barycentrique, ▷ référentiel du centre de masse
 - du centre de masse, 585
 - de Copernic, 585
 - galiléen, 585
 - géocentrique, ▷ géocentrique
 - inertiel, 586
 - du laboratoire, 586
 - privilegié, 586
 - tournant, 586
- réflectance, 586
- réflecteur, 586
- réflexion, 586
 - angle de, 29
 - coefficient de, 121
 - métallique, 587
 - polarisation par, 536
 - totale, 587
 - frustrée, 587
 - vitreuse, 587
- réfractaire, 587
- réfraction, 587
 - angle de, 29
 - angle limite, 29
 - atmosphérique, 587
 - double, 213
 - indice de, 350
 - négative, 587
- réfractomètre, 588
- réfrigérant (mélange), 428
- réfrigérateur, 588
 - d'Einstein et Szilárd, 588
- réfrigération, 588
- refroidissement laser, 588
- réfuter, 588
- regel (expérience du), 704
- régime
 - bloqué, 588
 - critique, 588
 - fluvial, 588
 - de Knudsen, 588
 - linéaire, 589
 - permanent, 589
 - saturé, 589
 - torrentiel, 589
 - transitoire, 589
- registre, ▷ bascule D
- règle(s)
 - de Bohr-Sommerfeld, ▷ modèle de Sommerfeld
 - Duane-Hunt, 215
 - de Fleming, ▷ règle de la main droite
 - du flux, ▷ loi de Faraday
 - de Hund, 342
 - de Klechkowski, 378
 - de la main droite, 590
 - d'or de Fermi, 590
 - des phases, 515
 - des quatre P, 529
 - de Sargent, 615
 - de sélection, 590
 - du tire-bouchon, 682

- régularisation, 590
 - dimensionnelle, 590
 - de Pauli-Villars, 506
- régulateur, 590
 - à boules, ▷ régulateur de Watt
 - de Watt, 590
- Reich (expérience de), 591
- réionisation, 591
- Reissner-Nordström (trou noir de), 700
- relatif, 591
- relation(s)
 - de Clapeyron, 116
 - d'anticommutation, 591
 - babar, ▷ relation de Varignon
 - de Boltzmann, 76
 - de commutation, 591
 - de conjugaison, ▷ formules de conjugaison
 - de de Broglie, 170
 - de dispersion, 591
 - d'Ehrenfest, ▷ théorème d'Ehrenfest
 - d'Euler, 262
 - de Faber-Jackson, 268
 - fondamentale de la dynamique, 591
 - fondamentale de la dynamique en rotation, ▷ théorème du moment cinétique
 - de Fresnel, ▷ équations de Fresnel
 - de Gibbs-Duhem, 314
 - de Gibbs-Helmholtz, 334
 - de Helmholtz, 334
 - de Hertz-Knudsen, 335
 - d'Hugoniot, 342
 - d'incertitude de Heisenberg, ▷ relations d'indétermination d'Heisenberg
 - de Kramers-Krönig, 380
 - de Lagrange-Helmholtz, 383
 - de Langevin-Debye, 387
 - de London, 402
 - de Maxwell, 425
 - de Mayer, 426
 - d'Onsager, 483
 - de Planck-Einstein, 527
 - de Stokes-Einstein, 644
 - de Tully-Fischer, 703
 - de Varignon, 714
 - d'Young, 737
- relative
 - humidité, 342
 - ouverture, 492
- relativiste, 593
 - masse, 420
 - mécanique, 427
 - physique, 522
 - ultra-, 705
- relativité, 593
 - de Galilée (principe de), 593
 - générale, 593
 - principe de, 593
 - restreinte, 594
- relaxation, 595
 - oscillations de, 491
- violente, 595
- relief oculaire, ▷ distance oculaire
- relique (densité), 178
- réductance, 595
- réductivité, 595
- rem, 595
- rémanente (aimantation), 16
- remotum (punctum), 561
- rendement, 595
 - de Carnot, 596
- renormalisable, 596
- renormalisation, 596
 - groupe de, 323
- renversable, 597
- renversement du temps, 598
- repérable, 598
- repère, 598
 - de Frenet, 598
 - de Frenet-Serret, 598
- répétabilité, 598
- réplétion, 598
- réponse
 - coefficient de, 121
 - impulsionnelle, 598
 - linéaire (théorie de la), 599
- repos (masse au), 420
- représentation, 599
 - complexe, ▷ représentation de Fresnel
 - de Fresnel, 599
- reproductibilité, 599
- reptation, 599
- répulsion (force de), 291
- réseau
 - d'Abrikosov, 599
 - de Bravais, 600
 - cristallin, 600
 - diffractant, 600
 - échelette, 600
 - à échelons, 601
 - gaz sur, 310
 - de Michelson, ▷ réseau à échelons
 - de radiotélescopes, ▷ radiotélescope
 - réciproque, 601
 - de spin, 601
- résiduelle (entropie), 247
- résidus (théorème des), 601
- résilience, 601
- résistance, 601
 - bruit de, ▷ bruit Johnson
 - électrique, 602
 - équivalente, ▷ impédance équivalente
 - extrinsèque, 602
 - de fuite, 602
 - de Hall, 602
 - interne, 602
 - d'isolement d', ▷ résistance de fuite
 - magneto-magnéto-, 413
 - de Möbius, 602
 - négative, 602
 - différentielle, 602
 - photo-, 519
 - piézo-, 524
- de platine (thermomètre à), 679
- thermique, 602
- thermomètre à, 679
- résistivité, 602
 - de surface, 603
- résistor, ▷ résistance
- résolution, 603
 - angulaire, 603
 - pouvoir de, 546
- résonance, 603
 - de Feshbach, 604
 - de Hoyle, ▷ réaction triple alpha
 - de Laplace, ▷ résonance orbitale magnétique nucléaire, 604
 - imagerie par, ▷ IRM
 - orbitale, 604
 - paramagnétique électronique, ▷ résonance de spin électronique
 - paramétrique, 604
 - de Schumann, 604
 - de spin électronique, 605
- résonateur
 - confocal, 605
 - de Helmholtz, 605
- résonnance, ▷ résonance
- résonnante (cavité), 96
- ressaut hydraulique, 605
- ressort, 605
- restitution (coefficient de), 121
- restreinte (relativité), 594
- résultante, 605
 - cinétique, 606
 - dynamique, 606
 - théorème de, 676
- retard à l'ébullition, 606
- retardatrice (lame), 384
- retardé
 - expérience à choix, 266
 - potentiel, 544
- réticulaire (énergie), 244
- réticule, 606
- rétiline, ▷ œil
- retour inverse (loi du), 606
- rétroaction, 606
- rétrograde, 606
- réversible, 606
 - chemin, 111
 - pendule, 510
- révolution, 607
- recouvrement (intégrale de), 357
- Reynolds
 - expérience de, 607
 - nombre de, 607
 - magnétique, 607
- Rf, ▷ ruthenium
- RFD, ▷ relation fondamentale de la dynamique
- Rg, ▷ roentgenium
- Rh, ▷ rhodium
- rhé, 607
- rhénium, 607
- rhéopaississant, 607
- rhéofluidifiant, 607
- rhéogramme, 607
- rhéologie, 608
- rhéologique

- électro-, ▷ électrorhéologique
 - magnéto-, ▷ magnétorhéologique
 - rhéonome, 608
 - rhéopéctique, 608, ▷ thixotrope
 - rhéophysique, ▷ rhéologie
 - rhéostat, 608
 - RHIC, 608
 - rhô $[\rho]$, 608
 - rhodium, 608
 - rhodotron, 608
 - rhomboèdre de Fresnel, ▷
 - parallélépipède de Fresnel
 - Ricci
 - courbure de, 159
 - tenseur de, 671
 - Richardson
 - constante de, ▷ équation de Richardson-Dushman
 - Dushman (équation de), 608
 - nombre de, 608
 - Richter (échelle de), 220
 - ride, 608
 - Riemann
 - Christoffel (tenseur de), ▷
 - tenseur de courbure
 - ellipsoïde de, 237
 - fonction zeta de, 286
 - sphère de, 637
 - surface de, 653
 - tenseur de, 672
 - rigide
 - rotateur, 610
 - rotation, 611
 - rigidité, 609
 - module de, ▷ module de cisaillement
 - Rikitake (dynamo de), 217
 - Rindler (horizon de), 340
 - Ritchey-Chrétien (télescope de), 665
 - Ritz
 - formule de, 609
 - méthode de, 433
 - principe de combinaison de, 609
 - RL (circuit), 115
 - RLC (circuit), 115
 - RMN, 604, ▷ résonance magnétique nucléaire
 - rms, 609
 - Rn, ▷ radon
 - Robertson-Walker (métrique de), 609
 - Roche
 - limite de, ▷ rayon de Roche
 - lobe de, 401
 - rayon de, 580
 - Roëmer (mesure de), 609
 - Roëmer (échelle de), 220
 - roentgenium, 609
 - Roget (spirale de), 639
 - Rømer, ▷ Roëmer
 - röntgen, 609
 - ROS, ▷ taux d'ondes stationnaires
 - rosée, 609
 - courbe de, 609
 - point de, 609
 - Rosen (paradoxe d'Einstein-Podolski-), 496
 - Rosetta, 610
 - rosette de Klemperer, 610
 - Rossby (nombre de), 610
 - Rossi-Hall (expérience de), 610
 - rot, ▷ rotationnel
 - rotateur rigide, 610
 - rotation, 610
 - axe de, 54
 - axe instantané de, 54
 - centre instantané de, 98
 - courbe de, 158
 - différentielle, 610
 - Faraday, 272
 - de Quincke, 610
 - relation fondamentale de la
 - dynamique en, ▷ théorème du moment cinétique
 - rigide, 611
 - spécifique, ▷ pouvoir rotatoire
 - synchrone, 611
 - vecteur, 717
 - vitesse de, 726
 - de Wick, 611
 - de Wigner, 611
 - rotationnel, 611
 - champ vectoriel, 106
 - rotatoire
 - polarisation, 536
 - pouvoir, 546
 - roton, 611
 - rotor, ▷ alternateur, 611
 - roue
 - de Barlow, 611
 - libre (diode de), 201
 - rouge, 612
 - décalage vers le, 172
 - géante, 310
 - rougissement
 - gravitationnel, ▷ effet Einstein
 - interstellaire, 612
 - roulement
 - frottement de, 302
 - sans glissement, 612
 - Rowland
 - disque de, ▷ expérience de Rowland
 - expérience de, 612
 - RPE, ▷ résonance de spin électronique
 - rpm, 612
 - RS (bascule), 62
 - RSE, ▷ résonance de spin électronique
 - RSFQ (circuit), 115
 - Ru, ▷ ruthénium
 - Rubens
 - Hagen- (formule de), 326
 - tube de, 612
 - rubidium, 612
 - rubis (laser à), 391
 - Rüchardt (méthode de), 612
 - rudolphines (tables), 661
 - Ruhmkorff (bobine de), 74
 - Rumford (expérience de), 612
 - Runge-Lenz (vecteur de), 717
 - rupture
 - arc de, 41
 - étincelle de, 259
 - Russell-Saunders (couplage de), 154
 - ruthénium, 613
 - Rutherford
 - atome de, 49
 - diffusion de, 198
 - Ernest, 613
 - expérience de, ▷ expérience de Geiger-Marsden
 - modèle atomique de, ▷ atome de Rutherford
 - section efficace de, 621
 - rutherfordium, 613
 - Rydberg
 - atome de, 50
 - constante de, 613
 - énergie de, 244
 - état de, ▷ atome de Rydberg
 - formule de, 613
 - rydberg (Ry), 613
-
- ## S
-
- S, ▷ soufre
 - matrice, 424
 - onde, ▷ onde sismique
 - s, ▷ seconde
 - s (processus), 555
 - Sabathé (cycle de), 166
 - sac du MIT (modèle du), 614
 - Sachs-Wolfe (effet), 614
 - Sackur-Tetrode (équation de), 614
 - Saffman-Taylor (instabilité de), 356
 - SagDEG, ▷ galaxie elliptique naine du Sagittaire
 - Sagittaire (galaxie elliptique naine du), 614
 - sagittale
 - image, 348
 - nappe, 461
 - Sagnac
 - effet, 615
 - interféromètre de, 361
 - saisons (année des), 31
 - Sakharov (conditions de), 131
 - Salam, ▷ théorie de Glashow-Weinberg-Salam
 - Abdus, 615
 - saline (pile), ▷ pile chimique
 - saltation, 615
 - samarium, 615
 - Sargent (règle de), 615
 - satellite
 - COSMOS, ▷ sursaut gamma
 - galiléen, 615
 - de Jupiter, ▷ satellite galiléen
 - médicéen, 615
 - à traînée compensée, 615
 - troyen, 615
 - VELA, ▷ sursaut gamma
 - satellite(s), 615
 - saturation, 616
 - saturé (régime), 589
 - Saturne, 616
 - anneaux de, 31
 - saut
 - d'indice, 616

- quantique, 616
- savoir, 616
- Sb, ▷ antimoine
- sb, ▷ stilb
- Sc, ▷ scandium
- scalaire, 616
 - approximation, 40
 - produit, 555
 - pseudo-, 558
- scandium, 617
- scélérate (vague), 711
- scénario ekpyrotique, 617
- Schawlow-Townes (formule de), 617
- Scheiner (expérience de), 617
- Schlieren
 - méthode de, 617
 - photographie de, ▷ méthode de Schlieren
- Schmidt
 - Cassegrain (télescope de), 665
 - chambre de, ▷ télescope de Schmidt
 - nombre de, 617
 - télescope de, 665
- Schottky
 - anomalie de, 33
 - défaut, ▷ lacune
 - défaut de, 174
 - effet, 617
- Schrödinger
 - chat de, 110
 - équation de, 617
 - Erwin, 617
- Schumann (résonance de), 604
- Schwarz (théorème de), 618
- Schwarzschild
 - Karl, 618
 - métrique de, 434
 - rayon de, 580
 - singularité de, 628
 - trou noir de, 700
- Schwinger
 - effet, 618
 - mécanisme de, 618
- sciences (Académie des), 5
- scientifique
 - écriture, 471
 - notation, 471
- scintillateur, 618
- scintillation, 618
 - bruit de, 85
 - détecteur à, 184
- scléronome, 618
- scotopique, ▷ œil
- Scott (David), 306
- Scruton (nombre de), 618
- Se, ▷ sélénium
- seaborgium, 619
- Searle (barre de), 61
- seau de Newton (expérience du), 466
- sec (frottement), 301
- sèche (vapeur), 713
- second ordre (transition de phase du), 693
- second principe de la thermodynamique, 619
- second son, 620
- secondaire
 - arc, 41
 - émission, 238
 - enroulement, ▷ enroulement
 - nombre quantique, ▷ nombre quantique orbital
 - onde, ▷ onde sismique
 - vide, 720
- seconde, 620
 - d'arc, 620
 - quantification, 620
- secteur, 620
- section de Poincaré, 621
- section efficace, 620
 - différentielle, 621
 - de Rutherford, 621
 - de Thomson, 621
- séculaire, 621
 - variation, 714
- sécurité (parabole de), 494
- sédimentation, 621
- Seebeck (effet), 621
- seeing, 621
- sélection
 - fente de, 273
 - règles de, 590
- sélectron, ▷ supersymétrie
- sélénium, 622
- self, 622
- Sellmeier (formule de), 622
- semi-lourde (eau), ▷ eau lourde
- semiclassique (approximation), 622
- semiconducteur, 622
 - dégénéré, 622
 - laser à, 391
- semi-métal, 622
- semi-réfléchissant (miroir), 441
- sens
 - direct, 622
 - inverse, 622
 - trigonométrique, 622, 623
- sensibilité, 623
- sensible (chaleur), 101
- séparateur (montage), 452
- séparation du spin et de la charge, 623
- séparatrice, 623
- séquence principale, 623
- série
 - de Balmer, 58
 - de Brackett, 82
 - entière, 623
 - de Fourier, 623
 - de Humphreys, 342
 - de Laurent, 623
 - de Lyman, 408
 - montage en, 452
 - de Paschen, 505
 - de Pfund, 515
 - de Pickering, 523
 - radioactive, 624
 - de Taylor, 624
 - triboélectrique, 624
- serre (effet de), 624
- seuil, 625
- énergie de, 244
- Seyfert (galaxie de), 305
- Sg, ▷ seaborgium
- 's Gravesande (appareil de), 38
- Shannon (théorème de), 625
- Shapiro (effet), 625
- SHF, ▷ radiofréquences
- Shubnikov-de Haas (effet), 625
- Si, ▷ silicium
- si, ▷ note
- sidéral(e)
 - année, 31
 - mois, ▷ mois
 - période, 512
- sidérost, 625
- siemens, 625
- sievert (Sv), 625
- Sigma, 625
- sigma [σ], 625
- signal, 626
 - sur bruit (rapport), 576
 - carré, ▷ signal rectangulaire
 - d'horloge, 626
 - rectangulaire, 626
 - théorie du, 677
 - traitement du, 677, 687
 - triangulaire, 626
- signature, 626
- signe (convention de), 144
- significatifs (chiffres), 112
- Silbermann
 - appareil de, 626
 - méthode de, 433
- silicium, 626
 - nanotube de, 461
- sillage, 626
- simple
 - corps, 149
 - pendule, 510
- simulation numérique, 626
- SINAD, 576, 627
- Sine-Gordon (équation de), 627
- singularité, 627
 - annulaire, 628
 - de coordonnées, 628
 - de Kerr, ▷ singularité annulaire nue, 628
 - de Schwarzschild, 628
- singulet, 628
- sinus
 - d'Abbe (condition des), 131
 - cardinal, 628
 - hyperbolique, 284
- sismique (onde), 482
- sismographe, 629
- sismologie
 - astéro-, ▷ astrosismologie
 - astro-, 46
 - hélio, ▷ astrosismologie
 - stellaire, ▷ astrosismologie
- Skłodowska-Curie, ▷ Curie
- skot, 629
- skyrmion, 629
- Slater (déterminant de), 185
- slepton, 629
- slew rate, ▷ vitesse de balayage

- SLF, ▷ radiofréquences
- slug, 629
- Sm, ▷ samarium
- smectique (phase), 516
- SMES, 629
- Smith (abaque de), 1
- Sn, ▷ étain
- sn, ▷ sthène
- Snell-Descartes (lois de), 629
- SNO, 629
- SNR, 576
- SNU, 630
- Soddy (loi de), 630
- sodium, 630
 - derviche tourneur, 182
 - doublet jaune du, 214
- SOHO, 630
- sol, ▷ note
- solaire
 - activité, 12
 - année, 31
 - apex, 37
 - chauffage, 111
 - constante, 139
 - couronne, 159
 - cycle, 166
 - masse, 420
 - neutrino, 464
 - panneau, ▷ cellule photovoltaïque
 - protubérance, 558
 - système, 659
 - vent, 718
 - voile, 727
- Solar and Heliospheric Observatory, ▷ SOHO
- Soleil, 630
 - biquartz de, ▷ compensateur de Soleil
 - compensateur de, 127
- solénoïdal (champ vectoriel), 106
- solénoïde, 631
 - de Bitter, 631
- solide, 631
 - angle, 30
 - cristallin, 160
 - dispersion, 205
 - frottement, 302
 - mécanique, 427
 - mousse, 454
 - physique du, 522
 - solution, 632
 - super-, 649
 - de Wigner, 631
- solidification, 631
- solidus, 631
- soliton, 631
- soluté, ▷ solution
- solution, 632
 - analytique, 632
 - chorégraphique, 632
 - solide, 632
- solvant, ▷ solution
- sombre
 - âge, 14
 - énergie, 243
 - matière, ▷ matière noire
- microscopie en champ, 438
- Sommerfeld, 632
 - modèle de, 632
 - théorie de, 632
- sommet, 632
- son, 480
 - adiabaticité du, 12
 - infra-, 354
 - mur du, 459
 - second, 620
 - troisième, 697
 - vitesse du, 726
- sonar, ▷ écho
- sonde
 - à effet Hall, 632
 - locale (microscopie à), ▷ microscopie en champ proche
- sonoluminescence, 633
- sonomètre, 633
- sonore (onde), 480, 483
- Soret (effet), 633
- sorption, 633
- sortie
 - impédance de, 348
 - travail de, ▷ travail d'extraction
- soufre, 633
- source, 633
 - radio-, 573
 - spectrale, 633
 - synchrotron, 633
- sous-diffusion, ▷ diffusion anormale
- sous-échantillonnage, 634
- sous-poissonien, ▷ poissonien
- soustractive (synthèse), 657
- spallation, 634
- spath d'Islande, 634
- spatial(e)
 - ascenseur, 44
 - cohérence, 123
 - télescope, 665
 - télescope spatial Hubble, 665
- spécifique, 634
 - chaleur, 101
 - charge, 109
 - impulsion, 349
 - masse, 420, ▷ masse volumique
 - rotation, ▷ pouvoir rotatoire
 - volume, 728
- speckle, 634, ▷ tavelure
- spectral(e)
 - bande, 59
 - classe, ▷ type spectral
 - décalage, 172
 - fuite, 273
 - intervalle (libre), 363
 - lampe, 385
 - largeur, 389
 - source, 633
 - terme, ▷ principe de combinaison de Ritz
 - type, 704
- spectre, 634
 - d'absorption, 634
 - de bandes, 634
 - cannelé, 635
 - de corps noir, 149
- électromagnétique, 635
- d'émission, 635
- de Kolmogorov, 635
- magnétique, 635
- de raies, 635
- visible, 635
- spectromètre, 635
 - de masse, 635
- spectroscopie, 636
 - par transformée de Fourier, 636
- spectroscopique (parallaxe), 499
- spermion, ▷ tadpole
- sphaléron, 636
- sphère
 - asthéo-, 45
 - atmo-, 47
 - de Bloch, 636
 - céleste, 636
 - chromo-, 113
 - dure, 636
 - de Dyson, 637
 - ergo-, 253
 - des étoiles fixes, 636
 - exo-, 265
 - hélio-, 332
 - iono-, 365
 - magnéto-, 414, 520
 - méso-, 430
 - de photons, 637
 - de Poincaré, 637
 - de Riemann, 637
 - strato-, 645
 - thermo-, 680
 - tropo-, 698
- sphéricité (aberration de), 3
- sphérique(s)
 - aberration, 3
 - coordonnées, 147
 - dioptre, 202
 - harmonique, 329
 - miroir, 441
- sphéroïde, 637
- sphéromètre, 637
- spin, 638
 - chaîne de, ▷ réseau de spin
 - couplage orbite-, 154
 - courant de, 156
 - électronique de, 234
 - effet Hall de, 326
 - isotopique, ▷ isospin
 - nombre quantique de, ▷ spin
 - orbite (couplage), 154
 - réseau de, 601
 - résonance de, 605
 - statistique (théorème), 638
 - verre de, 719
- spineur, 638
- spinodale (courbe), 158
- spinon, 638
- spinthariscopes, 638
- spintronique, ▷ électronique de spin
- Spiral, 639
- spiral(e)
 - bras, 83
 - galaxie, 306
- spirale

Index

- de Cornu, 639
- d'Euler, ▷ spirale de Cornu
- de Fresnel, ▷ spirale de Cornu
- de Roget, 639
- spire
 - de courant, 639
 - de Thomson, 639
- Spitzer (téléscope spatial), 639
- spontanée
 - brisure (de symétrie), 83
 - émission, 238
- squark, 639
- SQUID, 639
- Sr, ▷ strontium
- sr, ▷ stéradian
- St, ▷ stokes
- st, ▷ stère
- stabilité, 640
 - îlot de, 347
 - vallée, 712
- stable
 - bi-, 73
 - équilibre, 251
 - méta-, 431
- stalagmomètre, 640
- standard
 - configuration, 134
 - dévation, ▷ écart-type
 - paramètre gravitationnel, 501
 - pression, 550
 - pression atmosphérique, 549
- Stanhope (loupe de), 405
- Stanton (nombre de), 640
- Starfish Prime, 640
- Stark (effet), 640
- STARLETTE, 640
- statA, ▷ statampère
- statampère (statA), 641
- statC, ▷ statcoulomb
- statcoulomb, 641
- statF, ▷ statfarad
- statfarad, 641
- statH, ▷ stathenry
- stathenry, 641
- stationnaire, 641
 - méthode de la phase, 432
 - onde, 483
 - Univers, 709
- statique, 641
 - coefficient de frottement, 301
 - électricité, 231
 - équilibrage, 251
 - quasi-, 567
- statistique
 - de Bose-Einstein, ▷ distribution de Bose-Einstein
 - ensemble, 245
 - erreur, 254
 - de Fermi-Dirac, 209
 - de Maxwell-Boltzman corrigée, 210
 - de Maxwell-Boltzmann, 210
 - mélange, 428
 - physique, 523
 - quantique, 641
- statmho, 642
- statohm, 642
- stator, ▷ alternateur, 642
- statoréacteur, 642
- statS, ▷ statsiemens
- statsiemens, ▷ statmho
- statT, ▷ stattesla
- stattesla, 642
- statV, ▷ statvolt
- statvolt, 642
- statW, ▷ statweber
- statweber, 642
- Stefan-Boltzmann
 - constante de, 642
 - loi de, 642
- STELLA, ▷ STARLETTE
- stellaire
 - cœur, 123
 - évolution, 263
 - noyau, ▷ cœur stellaire
 - nucléosynthèse, 474
 - sismologie, ▷ astrosismologie
 - vent, 718, ▷ vent solaire
- stellarator, 642
- sténopé, 642
- STEP, 643
- stéradian, 643
- stère, 643
- stéréoscopie, 643
- stérile (neutrino), 465
- Stern-Gerlach (expérience de), 643
- Stewart-Tolman, ▷ Tolman-Stewart
- sthène, 643
- stigmatisme, 643
- stilb, 643
- stimulée (émission), 238
- Stirling
 - formule de, 643
 - moteur, 454
- stochastique (processus), 554
- stockage (anneau de), 31
- Stokes
 - Einstein (relation de), 644
 - équation de, 644
 - formule de, 644
 - Georges, 644
 - hypothèse de, 345
 - loi de, 644
 - paramètres de, 502
 - raie, 574
 - raie anti-, 574
 - théorème de, 644
- stokes (St), 644
- Størmer (problème de), 554
- strangelet, ▷ étrangelet
- stratopause, 645
- stratosphère, 645
- Stribeck (courbe de), 158
- striction axiale, 645
- strioscopie, 645
 - orientée, 617
- stroboscopie, 645
- strontium, 645
- Strouhal
 - fréquence de, 298
 - nombre de, 645
- structure
 - algébrique, 645
 - électronique, 645
 - fine, 645
 - constante de, 646
 - hyperfine, 646
- subatomique, 646
- sublimation, 646
- subsonique, 646
- substitution de circuit, 646
- substitutionnel, 646
- sud (pôle), ▷ pôle magnétique magnétique, 538
- Sudbury Neutrino Observatory, ▷ SNO
- suiveur (montage), 452
- Sunyaev-Zel'dovich (effet), 646
- Super-Kamiokande, 647
- super-réseau, 646
- superamas
 - local, 647
- supercavitation, 647
- supercorde, ▷ théorie des cordes
- supercritique, ▷ surcritique
- superdiffusion, ▷ diffusion anormale
- super-échange, 647
- superespace, ▷ supersymétrie
- superficielle (tension), 673
- superfluide, 647
- superfluidité, 647
- supergravité, 647
- superhydrophobe, 647
- supérieur
 - blanc d'ordre, 73
 - mirage, 440
- superlourd, ▷ transactinide
- superluminaire, ▷ supraluminique
- supernova, 648
 - 1987A, 648
- superparamagnétisme, 648
- superpartenaire, 648
- superplasticité, 648
- superposition
 - principe de, 648
 - quantique, 649
- super-radiance, 649
- supersolide, 649
- supersonique, 649
 - bang, 59
- supersymétrie, 649
- supersymétrique
 - partenaire, 503
 - particule (la plus légère), 504
- supplémentaires (dimensions), 200
- supraconducteur, 650
 - de type I, 650
 - de type II, 650
- supraconductivité, 650
 - de couleur, 651
 - à haute température critique, 651
- supraluminique, 651
- Suratman (nombre de), ▷ nombre de Laplace
- surcritique, 652
- suréchantillonnage, 652
 - rapport de, 575
- sûreté (parabole de), 494

- surface, 653
 des états, 653
 de Fermi, 653
 de Gibbs, 653
 d'onde, ▷ front d'onde
 onde de, 483
 de Petzval, 653
 résistivité de, 603
 de Riemann, 653
 surfacique, 653
 charge, 109
 surfusion, 654
 surnuméraire (arc), 41
 sur-poissonien, ▷ poissonien
 sursaturation, 654
 sursaut gamma, 654
 susceptance, 654
 susceptibilité
 électrique, 654
 magnétique, 655
 suspension, ▷ dispersion solide
 Sv, ▷ sievert, ▷ sievert, ▷ svedberg
 svedberg, 655
 Syène (puits de), ▷ expérience
 d'Eratosthène
 sylphe, 655
 symbole
 de Christoffel, ▷ connexion affine
 de Levi-Civita, ▷ tenseur de
 Levi-Civita
 symétrie, 655
 brisée, 656
 brisure spontanée de, 83
 chirale, 656
 groupe de, 323
 de jauge, 364
 synchrocyclotron, 656
 synchrodyne, 656
 synchrone
 bascule, 62
 détection, 184
 moteur, 454
 orbite, ▷ géosynchrone
 rayon d'orbite, 580
 rotation, 611
 synchrotron, ▷ accélérateur de
 particules, 656
 fréquence, 298
 rayonnement, 582
 source, 633
 synodique
 mois, ▷ mois
 période, 512
 synthèse
 additive, 656
 d'ouverture, 657
 soustractive, 657
 systématique (erreur), 254
 système, 657
 d'Aristote, 657
 centré, 657
 de coordonnées, 145
 de Copernic, 657
 dynamique, 658
 métrique, 658
 mince, 658
 optique, 658
 solaire, 659
 petits corps du, 515
 tychonique, 704
 d'unités, 659
 CGS, 659
 international, 658
 MKS, 659
 MKSA, ▷ Système
 International d'unités
 MTS, 659
 syzygie, 660
 Szilárd
 machine de, 411
 pompe Einstein-, 539
 réfrigérateurs d'Einstein et, 588
-
- T**
-
- T, ▷ tesla
 bascule, 63
 rayons, ▷ ondes térahertz, 580
 t, ▷ tonne
 télécentrique, 663
 téphigramme, 673
 Ta, ▷ tantale
 table(s)
 alphonsines, 661
 astronomique, 661
 de Karnaugh, 374
 pruténiques, 661
 rudolphines, 661
 de vérité, ▷ table de Karnaugh
 tableau
 de Mendeleiev, ▷ classification
 périodique
 périodique, ▷ classification
 périodique
 tache d'Airy, 17
 tachyon, 661
 Tacoma (pont de), 540
 tadpole, 661
 Talbot (bande de), 59
 talbotype, ▷ photographie
 tangent
 espace, 255
 vecteur, ▷ dérivée directionnelle
 tangente
 hyperbolique, 284
 de pertes, 662
 magnétiques, 662
 tangentielle
 accélération, 8
 image, 348
 nappe, 461
 vitesse, 726
 tantale, 662
 Tantale (vase de), 715
 tau $[\tau]$, 662
 tautochrone, 662
 taux
 d'ondes stationnaires, 662
 de variation, 662
 tavelure(s), 662
 interférométrie de, 362
 Taylor
 -Couette
 expérience de, 662
 instabilité de, 356
 développement de, ▷ série de
 Taylor
 nombre de, 662
 -Proudman (théorème de), 663
 série de, 624
 Tb, ▷ terbium
 Tc, ▷ technétium
 Te, ▷ tellure
 tec, ▷ tonne équivalent charbon
 technétium, 663
 technicouleur, 663
 technique (atmosphère), 47
 tectite, 663
 TEF, ▷ transistor à effet de champ
 télégraphistes (équation des), 663
 télémétrie laser, 663
 télescope, 663
 de Cassegrain, 664
 de Herschel, 664
 hyper-, 345
 à incidence rasante, 665
 à neutrinos, 665
 de Newton, 665
 Overwhelmingly Large (OWL),
 492
 radio-, 573
 de Ritchey-Chrétien, 665
 de Schmidt, 665
 de Schmidt-Cassegrain, 665
 spatial, 665
 Chandra, 107
 Galex, 306
 Spitzer, 639
 spatial Hubble, 665
 tellure, 666
 tellurique
 bande, ▷ raie tellurique
 planète, 528
 raie, 574
 température, 666
 absolue, 666
 de blocage, ▷
 superparamagnétisme
 coefficient de, 122
 conditions ambiantes de, 130
 conditions normales de pression et
 de, 131
 de couleur, 666
 critique, 667
 de Curie, 667
 échelle, 220
 échelle internationale de, 220
 échelle pratique de, 220
 effective, 667
 électronique, 667
 de Fermi, 667
 de Hagedorn, 667
 de Hawking, 667
 d'inversion, 668
 inversion de, 365
 de Kauzmann, 667
 de Kondo, 668
 de Mariotte, 668
 de Néel, 668

- négative, 668
 - thermodynamique, 668
- tempon, 668
- temporel(le)
 - cohérence, 123
 - dilatation, 199
 - horizon, ▷ exposant de Lyapounov
- temps, 668
 - absolu, 669
 - atomique international, 669
 - base de, 63
 - de cohérence, 669
 - constante de, 139
 - cosmologique, 669
 - des éphémérides, 669
 - de Hubble, 342
 - imaginaire, 611
 - de libre parcours moyen, ▷ libre parcours moyen
 - mesure du, 431
 - propre, 669
 - renversement du, 598
 - de vie moyen, 669
 - voyage dans le, 729
- tenseur, 669
 - des contraintes, 670
 - de courbure, 670
 - des déformations, 670
 - élasticité, 670
 - énergie-impulsion, 670
 - de Faraday, 670
 - de Levi-Civita, 671
 - métrique, 671
 - des permutations, ▷ tenseur de Levi-Civita
 - de Polder, 671
 - de Ricci, 671
 - de Riemann-Christoffel, ▷ tenseur de courbure
 - totale antisymétrique, ▷ tenseur de Levi-Civita
 - des vitesses de déformation, 672
 - de Weyl, 672
- tensioactif, 672
- tensiomètre, 672
- tension, 672
 - de claquage, 672
 - de coude, 672
 - diviseur de, ▷ diviseur
 - électrique, 672
 - haute, 330
 - interfaciale, ▷ tension superficielle
 - superficielle, 673
 - de vapeur, ▷ pression de vapeur saturante
 - à vide, 289
- tensoriel (produit), 556
- tep, ▷ tonne équivalent pétrole
- téra-, 673
- térahertz, 673
- térahertz (ondes), 483
- terbium, 673
- terme
 - de Darwin, 169
- terme spectral, ▷ principe de combinaison de Ritz
- terminal(e)
 - choc, 113
 - vitesse, 726
- terminateur, 673
- Terre, 673
 - âge de la, 14
- terre, 673
 - borne de, ▷ borne principale
 - prise de, 552
 - rare, 674
 - tremblement de, 696
- Terrell-Penrose (effet), 674
- terrella, 674
- terrestre
 - champ magnétique, 105
 - lunette, ▷ lunette de Galilée
 - marée, 416
- terreux (alcalino-), 18
- tertiaire (arc), 41
- Tesla, 674
 - bobine de, 74
- tesla, 674
- teslamètre, 674
- test
 - charge-, ▷ particule-test
 - masse-, ▷ particule-test
 - particule-, 504
- têtard, ▷ tadpole
- Teten (formule de Magnus-), 415
- tétrade, 674
 - formalisme de la, 674
- tétraquark, 675
- tevatron, 675
- Th, ▷ thorium
- thallium, 675
- théière (effet), 226
- théodolite, 675
- théorème
 - d'Ampère, 22
 - de Babinet, 56
 - de Baierlein, 56
 - de Bertrand, 67
 - de Birkhoff, 72
 - de Bloch, 74
 - de Bohr-van Leeuwen, 75
 - de Boucherot, 80
 - de Buchdahl, 85
 - de calvitie, 675
 - de Clausius, 118
 - de Coleman, ▷ théorème de Mermin-Wagner
 - de Coleman-Mandula, 124
 - d'Earnshaw, 218
 - d'Ehrenfest, 228
 - de l'énergie cinétique, 239
 - de l'énergie mécanique, 243
 - de l'équipartition, 252
 - d'Euler, 262
 - de Floquet, 280
 - de fluctuation-dissipation, 280
 - de Gauss, 308
 - de Golstone, 316
 - de Green-Ostrogradsky, 322
 - de Guldin, 324
 - H, 325
 - de Helmholtz, 334
 - de Huygens, 342
 - KAM, 675
 - de Kennelly, 375
 - de Koenig, 379
 - Kolmogorov-Arnold-Moser, 675
 - de Koopmans, 380
 - de Kramers, 380
 - de Kutta-Joukovski, 381
 - de la limite centrale, 398
 - de Liouville, 400
 - de Malus-Dupin, 415
 - de Mermin-Wagner, 429
 - de Millman, 439
 - du moment dynamique, 675
 - du moment cinétique, 675
 - de Noether, 468
 - de non clonage, 469
 - de Norton, 470
 - optique, 676
 - d'Ostrogradsky, 322
 - de Poynting, 546
 - des résidus, 601
 - de la résultante dynamique, 676
 - de Schwarz, 618
 - de Shannon, 625
 - spin-statistique, 638
 - de Stokes, 644
 - de Taylor-Proudman, 663
 - de Thevenin, 680
 - du viriel, 721
- théorie
 - d'Abbe, 2
 - des accès, 8
 - atomique de Dalton, 168
 - des bandes, 59
 - BCS, 64
 - de Bohm, 75
 - de Born-Infeld, 78
 - de Brans-Dicke, 83
 - des catastrophes, 94
 - du champ unifié, 676
 - des champs
 - conformes, 676
 - cinétique des gaz, 676
 - classique des champs, 676
 - des cordes, 676
 - de Fermi, 274
 - de Fierz-Pauli, 277
 - de Ginzburg-Landau, 315
 - de grande unification, 677
 - de Hamilton-Jacobi, 328
 - de jauge, 677
 - de Jordan-Brans-Dicke, 83
 - de Jordan-Fierz-Brans-Dicke, 83
 - de Kaluza-Klein, 373
 - de Landau, 386
 - de Lesage, 395
 - M, 409
 - de Mayer, 426
 - métrique de la gravitation, 434
 - de Newton-Cartan, 467
 - des perturbations, 514
 - quantique des champs, 677
 - de la réponse linéaire, 599
 - du signal, 677
 - de Sommerfeld, 632

- des twisteurs, 678
- de Weinberg-Salam-Glashow, 315
- de Weiss, 731
- de Weyl, 732
- de Yang-Mills, 736
- thermalisation, 678
- thermie, 678
- thermique
 - agitation, 15
 - bouclier, 80
 - bruit, ▷ bruit Johnson
 - capacité, 91
 - choc, 113
 - coefficient d'échange, 121
 - conduction, 132
 - diffusivité, 199
 - dilatation, 199
 - équilibre, 251
 - impédance, 348
 - inertie, 353
 - machine, 411
 - moteur, 454
 - neutron, 465
 - rayonnement, 582
 - résistance, 602
 - transfert, 688
- thermistance, 678
- thermocouple, 678
- thermodiffusion, 678
- thermodynamique, 678
 - diagramme, 191
 - équilibre, 251
 - état, 258
 - identité, 347
 - limite, 399
 - potentiel, 544
 - premier principe de la, 547
 - principe zéro de la, 552
 - principes de la, 552
 - second principe de la, 619
 - température, 668
 - variable, 714
- thermoélastiques (coefficients), 122
- thermoélectriques (effets), 678
- thermoionique (émission), 238
- thermoluminescence, 678
- thermomètre, 679
 - à alcool, 679
 - de Galilée, 679
 - à gaz parfait, 679
 - à mercure, 679
 - de Réaumur, 679
 - à résistance, 679
 - à résistance de platine, 679
- thermonucléaire (réaction), 584
- thermopause, 680
- thermopile, 680
- thermos (bouteille), ▷ vase de Dewar
- thermoscope, 680
- thermosphère, 680
- thermostat, 680
- thêta $[\theta]$, 680
- Thévenin (théorème de), 680
- thixotrope, 680
 - anti-, ▷ thixotrope
- Thomas (précession de), 547
- Thomson
 - angle de, 30
 - atome de, 50
 - diffusion, 198
 - effet, 681
 - formule de, 681
 - Joule-
 - détente de, 185
 - effet, 372
 - parabole de, 157
 - principe de, 681
 - section efficace de, 621
 - spire de, 639
 - William, ▷ Kelvin
- 't Hooft, 681
- 't Hooft-Polyakov (monopôle de), 681
- thorium, 681
- thulium, 681
- thyristor, 681
- THz, ▷ térahertz
- Ti, ▷ titane
- timbre, 681
- Timoshenko (expérience de), 681
- Tipler (cylindre de), 167
- titane, 682
- Titius-Bode (loi de), 682
- titre, 682
 - massique, 682
 - volumique, 682
- tiu, 682
- Tl, ▷ thallium
- Tm, ▷ thulium
- TNT (tonne de), 684
- tokamak, 683
- Tolman
 - Oppenheimer-Volkoff (limite d'),
 - ▷ limite
 - d'Oppenheimer-Volkoff
 - Stewart
 - effet, 683
 - expérience de, 683
- tomographie, 683
 - à émission de positons, 683
 - optique cohérente, 683
- Tompkins, 683
- ton, 683
- tonne, 683
 - équivalent charbon, 684
 - équivalent pétrole, 684
 - de TNT, 684
- tonneau de Pascal (exp. du), 684
- Tonomura (expérience de), 684
- top, 684
- top-down, 684
- topologie, 684
 - de l'Univers, 684
- topologique (défaut), 174
- tore, 685
- toroïdal, 685
- torr, 685
- torrentiel (écoulement), 222
- torrentiel (régime), 589
- Torricelli
 - loi de, 685
 - tube de, 685
- torseur, 685
- cinématique, 686
- cinétique, 686
- dynamique, 686
- moment d'un, 450
- torsion, 686
 - balance de, 57
 - constante de, 139
 - pendule de, 511
- TOS, ▷ taux d'ondes stationnaires
- totale
 - dérivée, 181
 - différentielle, 194
 - frustrée (réflexion), 587
 - influence, 354
 - réflexion, 587
- toupie, 686
- tour d'impesanteur, 686
- tour/minute, 686
- tourbillon, 687
 - de poussière, 687
- tournant
 - champ, 106
 - référentiel, 586
- tournevis électrostatique, 687
- TQC, ▷ théorie quantique des champs
- traction (contrainte de), 142
- trafic routier, ▷ équation de Burger
- train d'Einstein, 687
- trainée, 687
 - coefficient de, 122, ▷ frottement
 - fluide
 - compensée (satellite à), 615
- trait, 687
- traitement du signal, 677, 687
- trajectoire, 687
 - balistique, 688
- transactinide, 688
- transatlantique (câble), 87
- transducteur, 688
- transfert
 - de chaleur, 688
 - fonction de, 286
 - thermique, 688
- transformateur, 688
 - d'isolement, 688
- transformation, 688
 - active, 688
 - de Bogolioubov, 689
 - canonique, 689
 - conforme, 689
 - étoile-triangle, ▷ théorème de Kennelly
 - de Fourier, 689
 - de Galilée, 689
 - de jauge, 690
 - de Laplace, 690
 - de Legendre, 690
 - de Lorentz, 690
 - passive, 691
 - rapport de, 576
 - triangle-étoile, ▷ théorème de Kennelly
- transformée, ▷ transformation
- transformée de Fourier (spectroscopie par), 636
- transistor, 691

- bipolaire, 691
 - à effet de champ, 692
 - photo-, 520
 - transit, 692
 - transition, 692
 - de Berezinsky-Kosterlitz-Thouless, 380
 - BKT, 380
 - dipolaire électrique, 692
 - de Fréedericksz, 692
 - interdite, 692
 - de Kosterlitz-Thouless, 380
 - métal de, 431
 - métal-isolant, ▷ transition de Mott
 - de Mott, 693
 - permise, 693
 - de phase, 693
 - quarks-hadrons, 693
 - rayonnement de, 583
 - transitoire, 693
 - régime, 589
 - translation, 693
 - translucide, 694
 - transmission
 - coefficient de, 122
 - extraordinaire, 694
 - ligne de, 398
 - transmittance, 694
 - transmutation, 694
 - transneptunien, 694
 - transparence induite, 694
 - transparent, 694
 - transport
 - coefficient de, 122
 - parallèle, 694
 - transposée, 695
 - transsonique, 695
 - transuranien, 695
 - transversal(e), 695
 - onde, 483
 - transverse
 - image, ▷ image tangentielle
 - jauge, ▷ jauge de Coulomb, 370
 - onde, ▷ onde transversale
 - trapèze, ▷ balançoire
 - travail, 695
 - d'extraction, 696
 - de sortie, ▷ travail d'extraction
 - TRD, ▷ rayonnement de transition
 - Tremaine-Gunn (limite de), 696
 - tremblement de terre, 696
 - trembleur, 696
 - trempe, 696
 - Tresca (frottement de), 302
 - triangle (transformation étoile-), ▷ théorème de Kennelly
 - triangulaire (signal), 626
 - triboélectricité, 696
 - triboélectrique (série), 624
 - tribologie, 696
 - triboluminescence, 696
 - tribomètre, 696
 - tricritique, 696
 - trigonométrique
 - fonction, 286
 - sens, 622, 623
 - triphasé, 696
 - triple
 - alpha (réaction), 697
 - ligne, 398
 - point, 534
 - triplet, 697
 - apochromatique, 697
 - tritium, 697
 - triton, 697
 - troisième son, 697
 - trop-plein (vase à), ▷ vase de Boudreau
 - tropique (année), 31
 - tropopause, 697
 - troposphère, 698
 - trou(s), 698
 - blanc, 698
 - noir, 698
 - évaporation d'un, 262
 - de Kerr, 699
 - de Kerr-Newman, 700
 - paradoxe de l'information du, 497
 - de Reissner-Nordström, 700
 - de Schwarzschild, 700
 - de ver, 701
 - d'Young, 701
 - Trouton-Noble (expérience de), 701
 - troyen (satellite), 615
 - Troyens, 615
 - Tsiolkovski (équation de), 701
 - tube
 - de Bourdon, 81
 - capillaire, 701
 - cathodique, 702
 - compteur à gaz, 702
 - de Coolidge, 702
 - de Crookes, 702
 - à éclairs, 702
 - fluorescent, 702
 - de flux, 702
 - de Gouy, ▷ balance de Gouy
 - hyperfréquence, 702
 - de Kundt, 702
 - de Natterer, 702
 - néon, ▷ tube fluorescent
 - de Newton, 703
 - de Pitot, 703
 - à rayons X, 703
 - de Rubens, 612
 - de Torricelli, 685
 - de Venturi, ▷ débitmètre de Venturi
 - à vide, 703
 - Tully-Fischer (relation de), 703
 - tungstène, 703
 - tunnel
 - diode, 201
 - effet, 226
 - turbine, 703
 - turbopause, 703
 - turbovoile, 704
 - turbulence, 704
 - développée, 704
 - turbulent (écoulement), 222
 - twisteurs (théorie des), 678
 - Tycho Brahe, 82
 - tychonique (système), 704
 - Tyndall
 - effet, 704
 - expérience de, 287, 704
 - type I
 - supernova de, 648
 - supraconducteur de, 650
 - type II
 - supernova de, 648
 - supraconducteur de, 650
 - type spectral, 704
-
- ## U
-
- U, ▷ uranium
 - processus, 705
 - UHF, ▷ radiofréquences
 - ULF, ▷ radiofréquences
 - ultramicroscope, 705
 - ultrarelativiste, 705
 - ultrason, 705
 - ultravide, 705
 - ultraviolet, 705
 - ultraviolette (catastrophe), 94
 - Umlapp (processus), 705
 - uniaxe, 705
 - unification
 - des interactions, 706
 - théorie de grande, 677
 - unifié (théorie du champ), 676
 - uniforme, 706
 - unipolaire (induction), 351
 - unitaire, 706
 - unité(s), 706
 - astronomique, 706
 - atomiques, 706
 - changement d', ▷ conversion d'unités
 - cohérentes, 706
 - conversion, 144
 - électromagnétiques, 707
 - électrostatiques, 707
 - gaussiennes, 707
 - géométriques, 707
 - de masse atomique, 707
 - naturelles, 708
 - de Planck, 708
 - système d', 659
 - MTS, 659
 - Système International, 658
 - Système International 2014, 658
 - Univers, 708
 - âge de l', 14
 - de de Sitter, 708
 - feuille d', 276
 - ligne d', 398
 - mort thermique de l', 452
 - observable, 708
 - parallèle, 709
 - primordial, 550
 - stationnaire, 709
 - topologie de l', 684
 - univers
 - de Friedmann, 709

plat, 709
 universalité, 709
 universelle (loi de la gravitation), 321
 unnilpentium, ▷ dubnium
 unnilquadium, ▷ rutherfordium
 unp, ▷ dubnium
 unq, ▷ rutherfordium
 Unruh (effet), 709
 ununbium, ▷ copernicium
 ununhexium, ▷ livermorium
 ununoctium, 710
 ununpentium, 710
 ununseptium, 710
 ununtrium, 710
 unuquadium, ▷ flérovium
 up, 710
 Upsilon (Υ), 710
 uranium, 710
 uranométrie, 710
 Uranus, 710
 urca (processus), 555
 usine à B, 710
 utilisable (énergie), ▷ exergie
 Uuo, ▷ ununoctium
 Uup, ▷ ununpentium
 Uus, ▷ ununseptium
 Uut, ▷ ununtrium
 UV, ▷ ultraviolet

V

V, ▷ vanadium, ▷ volt
 VA, ▷ volt-ampère
 vague, 711
 scélérate, 711
 valence, 711
 bande de, 59
 électron de, 233
 quark de, 566
 valeur
 absolue, 711
 de crête, 711
 en eau, 711
 efficace, 711
 instantanée, 712
 moyenne, ▷ moyenne
 propre, 712
 quadratique moyenne, 712
 validité (domaine de), 212
 vallée de stabilité, 712
 valve de Fleming, ▷ diode à vide
 Van Allen (ceinture de), 96
 van de Graaff (générateur de), 311
 van der Pol (oscillateur de), 490
 van der Waals, 712
 équation de, 712
 forces de, 291
 Van Dusen (équation de Callendar-), 679
 van Leeuwen (théorème de Bohr-), 75
 van Vleck (paramagnétisme de), 501
 vanadium, 713
 vapeur
 lampe à, 385
 machine à, 411
 saturante (pression de), 550
 sèche, 713

tension de, ▷ pression de vapeur
 saturante
 vaporisation, 713
 chaleur latente de, 101
 VAr, 713
 variable(s)
 aléatoire, 713
 cachée, 713
 canoniques, 713
 d'état, 713
 étoile, 261
 de Grassmann, 319
 interne, 713
 de Mandelstam, 713
 thermodynamique, 714
 variance, 714
 cosmique, 714
 variation
 des constantes fondamentales, 139
 séculaire, 714
 taux de, 662
 variationnel(-le)
 méthode, 433
 principe, 552
 varicap, 714
 variété, 714
 de Calabi-Yau, 88
 Varignon (relation de), 714
 variomètre, 714
 vase
 de Boudreau, 714
 de Dewar, 714
 de Tantale, 715
 à trop-plein, ▷ vase de Boudreau
 Vavilov (expérience de Brumberg-), 85
 vecteur, 715
 axial, ▷ pseudo-vecteur
 de Bloch, 715
 boson, 79
 déplacement, 716
 de Hamilton, 327
 induction électrique, ▷
 déplacement électrique
 de Jones, 716
 de Killing, 377
 de Laplace-Runge-Lenz, ▷ vecteur
 de Runge-Lenz
 d'onde, 716
 polaire, 716
 position, 716
 potentiel, 544
 de Poynting, 717
 propre, 717
 pseudo-, 558
 rayon, ▷ vecteur position
 rotation, 717
 de Runge-Lenz, 717
 tangente, ▷ dérivée directionnelle
 vectoriel
 champ, 106
 double produit, 213
 espace, 256
 irrotationnel (champ), 106
 lamellaire (champ), 106
 laplacien (champ), 106

newtonien (champ), 106
 produit, 556
 rotationnel (champ), 106
 solénoïdal (champ), 106
 véhicule, 717
 VELA (satellites), ▷ sursaut gamma
 vélocimétrie, 717
 vent
 électrique, 717
 géostrophique, 717
 solaire, 718
 stellaire, 718
 ventre, 718
 Venturi
 débitmètre de, 171
 écoulement de, 222
 effet, 718
 Vénus, 718
 ver (trou de), 701
 Verdet (constante de), 718
 verge anglaise, ▷ yard
 vergence, 718
 vérité (table de), ▷ table de Karnaugh
 vernal (point), 534
 vernier, 718
 verre, 719
 de champ, 719
 crown, 719
 flint, 719
 d'œil, ▷ verre de champ
 de spin, 719
 verrouillage de phase, 719
 vert, 720
 rayon, 580
 Very Large Array, 726
 VHF, ▷ radiofréquences
 vibration, 720
 vide, 720
 diode à, 201
 effet Cotton-Mouton du, 151
 force électromotrice à, 289
 impédance caractéristique du, 348
 interstellaire, 720
 jauge à, 370
 perméabilité magnétique du, 513
 permittivité diélectrique du, 513
 polarisation du, 536
 pompe à, 539
 primaire, 720
 quantique, 720
 secondaire, 720
 tube à, 703
 vielbein, ▷ tétrade
 vierbein, ▷ tétrade
 Vierge (amas de la), 21
 violation, 720
 de CP, 720
 de CPT, 721
 du nombre baryonique, ▷
 conservation du nombre
 baryonique
 du nombre leptonique, ▷
 conservation du nombre
 leptonique
 de P, 721
 violente (relaxation), 595

Index

violet, 721
violon, ▷ oscillation de relaxation
viriel, 721
 coefficients du, 721
 théorème du, 721
virtuel, 721
viscoélasticité, 722
viscosimètre, 722
viscosité, 722
visible (spectre), 635
vision binoculaire, 71
visqueux
 écoulement, 222, 223
 frottement, 302
visuelle (grandeur), 319
vitesse, 723
 addition des, 127
 angulaire, 723
 apparente, 723
 aréolaire, 723
 de balayage, 723
 de cisaillement, 724
 composition des, 127
 critique de Landau, 724
 dérive, 724
 d'échappement, ▷ vitesse de libération
 d'entraînement, 724
 de Fermi, 724
 de groupe, 724
 instantanée, 724
 de libération, 725
 de la lumière, 725
 moyenne, 725
 de phase, 725
 quadratique moyenne, 726
 quadri-, 564
 radiale, 726
 de récession, 726
 de rotation, 726
 du son, 726
 tangentielle, 726
 terminale, 726
vitreuse
 glace, 315
 réflexion, 587
vive (force), 291
VLA, 726
Vlasov (équation de), 727
VLF, ▷ radiofréquences
Voie lactée, 727
voie octuple, 727
Voigt (effet), 727
voile
 de Flettner, 727
 solaire, 727
 turbo-, 704
vol
 de Lévy, 728
 parabolique, 728
Volkoff (limite d'Oppenheimer-), 485
volt, 728
 Josephson, 728
Volta
 effet, 728
 pile de, 524

voltmètre, 728
volume, 728
 anomalie de, 33
 massique, ▷ volume spécifique
 molaire, 728
 spécifique, 728
volumique
 masse, 420
 titre, 682
Von Jolly (expérience de), 728
von Karman (allées de), 19
von Klitzing (constante de), 729
von Laue (condition de), 132
vortex, 729
 état de, ▷ état mixte
vorticité, 729
voûte de Poincot, ▷ chaînette
voxel, 729
voyage dans le temps, 729
Voyager, 729
Vulcain, 729

W

W, ▷ tungstène, 730, ▷ watt
waist, ▷ rayon de ceinture
Ward-Takahashi (identité de), 347
Watt
 diagramme de, 192
 James, 730
 régulateur de, 590
watt, 730
 balance du, 57
 -heure, 730
 -mètre, 730
wattmètre, 730
Wb, ▷ weber
Weber
 barre de, 61
 nombre de, 730
weber, 730
Weierstrass (points de), 730
Weinberg, 731
 angle de, 30
 -Salam-Glashow (théorie de), 315
Weiss
 domaine de, 212
 loi de Curie-, 163
 magnéton de, 413
 théorie de, 731
Weissenberg
 effet, 731
 nombre de, ▷ nombre de Deborah, 731
Weizsäcker (formule de), 731
Weyl
 quantification de, 564
 tenseur de, 672
 théorie de, 732
Wheatstone (pont de), 540
Wheeler
 -De Witt (équation de), 732
 John Archibald, 732
Wick (rotation de), 611
Wiedemann-Franz (loi de), 732
Wien
 constante de, 732

 filtre de, 278
 formule de, 733
 loi de, 733
 loi du déplacement de, 732
 loi du rayonnement de, 733
Wiener
 expérience de, 733
 mesure de, ▷ intégrale de chemin
 processus, ▷ mouvement brownien
wiggler, ▷ insertion magnétique
Wigner
 ami de, 21
 cristal de, ▷ solide de Wigner
 fonction de, 733
 rotation de, 611
 -Seitz (cellule de), 97
 solide de, 631
Wilberforce (pendule de), 511
Wilhelmy (lame de), 385
Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, 734
Wilson, 734
 chambre de, ▷ chambre à brouillard
WIMP, 734
Wimshurst (machine de), 412
Witten (Edward), 734
WKB (approximation), 40
WMAP, 734
wobulation, 734
Wolfe (effet Sachs-), 614
Wood
 anomalie de, 34
 Robert Williams, 734

X

X
 fluorescence, 281
 rayons, 580
 durs, 735
 mous, 735
 tube à rayons, 703
x, 735
xaser, 735
Xe, ▷ xénon
Xena, ▷ Eris
xénon, 735
XMM, 735
XY (modèle), 444

Y

Y, ▷ yttrium
y, 736
YAG, 736
Yagi (antenne), 34
Yang-Mills
 lagrangien de, 384
 théorie de, 736
yank, 736
yard, 736
Yarkovsky (effet), 736
Yb, ▷ ytterbium
YBaCuO, 736
YIG, 736
ylem, 736

yocto-, 736
 yotta-, 736
 Young
 fentes d', ▷ trous d'Young
 module d', 445
 relation d', 737
 Thomas, 737
 trous d', 701
 de Weierstrass- (points de), 737
 ytterbium, 737
 yttrium, 737
 Yukawa (potentiel de), 545

Z

Z, 738
 z, 738
 Z-pinch, ▷ striction axiale
 Z^0 , 738
 zamak, ▷ alliage
 Zeeman
 effet, 738
 machine de, 412
 Zel'dovich
 effet, 738
 effet Sunyaev-, 646
 Zener
 diode, 201
 effet, ▷ diode Zener
 zénith, 738
 Zénon (effet), 738
 zepto-, 738
 Zernike (bilentille de), 70
 zéro
 absolu, 738
 énergie de point, 243
 zeta (fonction de Riemann), 286
 zetta-, 739
 Zeuner (formule de), 739
 zevatron, 739
 zinc, 739
 zirconium, 739
 zitterbewegung, 739
 Zn, ▷ zinc
 zodiacale (lumière), 406
 zone
 de Brillouin, 739
 de déplétion, 740
 zone de Fresnel, 739
 Zr, ▷ zirconium
 Zwicky
 Fritz, 740

Cet ouvrage définit plus de 6000 termes de physique relevant du vocabulaire de base de la physique générale (noms d'équations, de théories, d'effets physiques, d'unités, etc.) ou du vocabulaire plus spécialisé des différents domaines de la physique (mécanique, optique, thermodynamique, électromagnétisme, physique quantique, physique nucléaire, physique des particules, relativité, astronomie et astrophysique, etc.).

Ce dictionnaire contient aussi de nombreuses entrées relevant de la culture scientifique dans le domaine de la physique (expériences marquantes, grands personnages, théories oubliées, phénomènes de la vie courante). Les définitions sont agrémentées de nombreuses dates destinées à situer l'apparition des concepts dans leur contexte historique.

Enfin, plus de 3 700 références bibliographiques soigneusement choisies dans des revues de qualité (*American Journal of Physics*, *Physics Today*, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, *Images de la Physique*, *Pour la Science*, *La Recherche*, etc.) complètent un grand nombre de définitions.

Ce dictionnaire de physique est destiné aux étudiants de **Licence ou de classes préparatoires aux grandes écoles**, ainsi qu'aux étudiants de Master ou d'Écoles d'ingénieurs. Il sera aussi un outil précieux pour les étudiants préparant les concours d'enseignement (**capes et agrégation**) de sciences physiques ou pour les enseignants eux-mêmes.

Les plus

- ▶ Traduction de chaque entrée en anglais
- ▶ Plus de 6000 termes de physique
- ▶ 3 700 références bibliographiques
- ▶ 37 encadrés proposant des définitions plus développées
- ▶ 57 tables numériques donnant des ordres de grandeur ou des valeurs pour les définitions correspondantes
- ▶ 196 figures
- ▶ Chronologie historique détaillée
- ▶ Nombreuses annexes (formulaires, index des noms, index, unités, ordres de grandeur, etc.)
- ▶ Site web compagnon : www.dicodphysique.fr

Richard Taillet, ancien élève de l'ENS de Lyon en Physique, Docteur en Physique théorique, dans le domaine de l'astrophysique, est agrégé de Sciences Physiques, Professeur à l'Université de Savoie et chercheur en astrophysique au LAPH (Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique Théorique).

Loïc Villain, Docteur en Physique Théorique de l'Université Paris VII, dans le domaine des objets astrophysiques compacts, est Maître de Conférences à l'Université François Rabelais de Tours, chercheur au LMPT (Laboratoire de Mathématiques et Physique Théorique).

Pascal Febvre, ancien élève de l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la ville de Paris, Docteur en Physique de l'Université Paris VI dans le domaine de l'astronomie et des techniques spatiales, est Maître de Conférences à l'Université de Savoie, et chercheur sur les dispositifs quantiques supraconducteurs au LAHC (Laboratoire Hyperfréquences et Caractérisation).

9782804175542



9 782804 175542