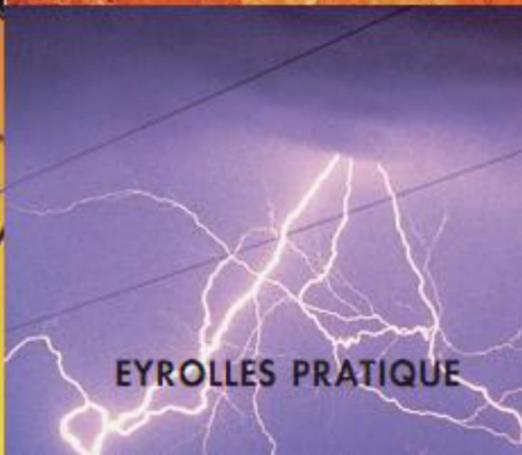
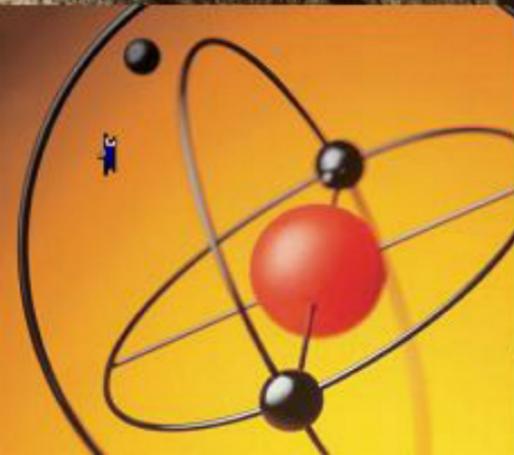
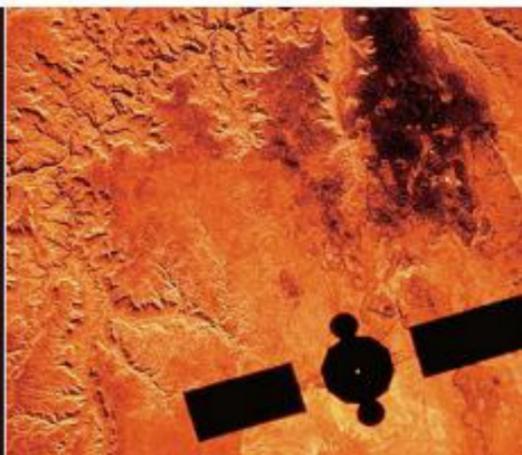
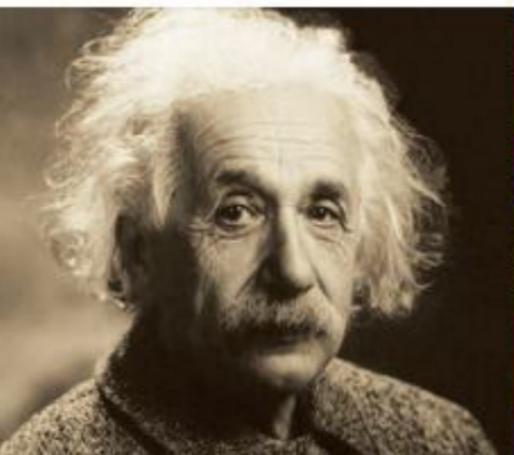


Frédéric Borel

Comprendre la physique



EYROLLES PRATIQUE

Comprendre la physique : QCM illustré

Chez le même éditeur :

- *Comprendre l'hindouisme*, Alexandre Astier
- *Communiquer en arabe maghrébin*, Yasmina Bassaïne et Dimitri Kijek
- *QCM de culture générale*, Pierre Biélande
- *Le christianisme*, Claude-Henry du Bord
- *La philosophie tout simplement*, Claude-Henry du Bord
- *Marx et le marxisme*, Jean-Yves Calvez
- *L'histoire de France tout simplement*, Michelle Fayet
- *QCM Histoire de France*, Nathan Grigorieff
- *Citations latines expliquées*, Nathan Grigorieff
- *Philo de base*, Vladimir Grigorieff
- *Religions du monde entier*, Vladimir Grigorieff
- *Les philosophies orientales*, Vladimir Grigorieff
- *Les mythologies tout simplement*, Sabine Jourdain
- *Découvrir la psychanalyse*, Edith Lecourt
- *Comprendre l'islam*, Quentin Ludwig
- *Comprendre le judaïsme*, Quentin Ludwig
- *Comprendre la kabbale*, Quentin Ludwig
- *Le bouddhisme*, Quentin Ludwig
- *Les religions*, Quentin Ludwig
- *La littérature française tout simplement*, Nicole Masson
- *Dictionnaire des symboles*, Miguel Mennig
- *Histoire du Moyen Âge*, Madeleine Michaux
- *Histoire de la Renaissance*, Marie-Anne Michaux
- *L'Europe*, Tania Régin
- *Histoire du XX^e siècle*, Dominique Sarciaux
- *QCM Histoire de l'art*, David Thomisse
- *Comprendre le protestantisme*, Geoffroy de Turckheim

Frédéric Borel

Comprendre la physique : QCM illustré

EYROLLES

The logo for EYROLLES features the word "EYROLLES" in a bold, sans-serif font. Below the text is a horizontal line with a small grey circle centered underneath it.

Éditions Eyrolles
61, Bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Mise en pages : Istria



Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée notamment dans les établissements d'enseignement, provoquant une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du Droit de Copie, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2007
ISBN 978-2-212-53850-2

Sommaire

Introduction	7
Pour commencer	9
Astronomie	25
Électromagnétisme	51
Mécanique	73
Optique	97
Thermodynamique	117
Structure de la matière	133
Chimie	153
Glossaire	181
Index	187

Introduction

Tel Monsieur Jourdain qui faisait de la prose sans le savoir, nous faisons de la physique sans en avoir conscience. Chaque jour, des phénomènes physiques ont lieu sous nos yeux sans que nous leur accordions la moindre attention tant ils nous sont devenus familiers. Faire bouillir de l'eau, allumer un radiateur électrique, laisser tomber un objet ou encore prendre une photo, autant d'actions qui nous semblent simples et anodines et qui font pourtant appel à des principes physiques fondamentaux : les changements d'état de la matière, la gravité, l'effet Joule, etc.

Dans cet ouvrage, nous avons tenté de rendre accessibles tous ces termes barbares qui font souvent de la physique une discipline mal-aimée (bien à tort, évidemment !). Vous y trouverez donc un questionnaire à choix multiples dans lequel les notions sont abordées par le biais d'exemples concrets. Chaque réponse est complétée par des précisions historiques.

Par souci de clarté, l'ouvrage est découpé en 7 chapitres qui recouvrent les grands domaines des sciences physiques : astronomie, électromagnétisme, mécanique, optique, thermodynamique, structure de la matière et chimie.

Nous espérons que ce livre, qui s'adresse à toute la famille, vous permettra d'approfondir et d'élargir vos connaissances dans ces divers domaines tout en passant un agréable moment.

Pour commencer

Question A

Pourquoi les mois font une trentaine de jours ?

Réponse

Cela correspond au cycle lunaire, c'est-à-dire au temps mis par la Lune pour faire un tour autour de la Terre. Celui-ci est d'environ 28 jours. Il était utile d'arrondir à 30 car, multiplié par 12 ($30 \times 12 = 360$), on se rapproche au plus près de 365 jours, temps que met la Terre pour tourner autour du Soleil.

Question B

Sur un calendrier des postes sont indiquées, à l'emplacement du mois de février, la lettre dominicale et l'épacte. Que signifie chacun de ces mots ?

Réponse

La lettre dominicale est la position du premier dimanche après le 1^{er} janvier. Elle sert au calcul très compliqué de la

date de Pâques. On attribue des lettres de A à G aux différents jours : par exemple, si le 1^{er} janvier est un mardi (lettre A), on attribue au dimanche la lettre F : la lettre dominicale de l'année est ainsi la lettre F. Quant à l'épacte, elle est liée au nombre de jours écoulés depuis la nouvelle Lune.

Question C

Pourquoi le mois de février n'a que 28 ou 29 jours alors que tous les autres ont 30 ou 31 jours ?

Réponse

Le premier calendrier romain n'avait que dix mois et commençait en mars. Lorsque les romains rajoutèrent deux mois après décembre, le mois de février devint le dernier. C'est lui qui fut raccourci pour qu'il y ait 365 jours dans le calendrier. On attribua un nombre impair de jours (29 ou 31) à tous les autres mois car les nombres pairs étaient considérés comme néfastes. Seul le mois de février, consacré aux morts, hérita de 28 jours.

Quelques calendriers historiques

Jules César fonde le calendrier julien. Après 1500 ans d'utilisation, ce calendrier ne correspond plus à la réalité astronomique. Une réforme s'impose : ce sera le calendrier grégorien encore utilisé de nos jours.

Les premiers calendriers

Les calendriers sont fondés sur les cycles du Soleil ou de la Lune ou encore des deux à la fois. Les plus anciens sont égyptiens et chinois. Le calendrier hébraïque, utilisé dans la vie religieuse, prend pour origine le 7 octobre 3761 avant J.-C., date présumée de la Création du monde.

Le calendrier julien

Le calendrier romain était à l'origine un calendrier lunaire de 304 jours. Jules César décide de fonder un calendrier sur le temps que met la Terre pour faire un tour autour du Soleil, c'est-à-dire 365 jours et 6 heures. Il propose donc 12 mois alternés avec 30 jours et 31 jours. Le dernier mois de l'année, celui de février (le début de l'année étant le 1^{er} mars), devait être bissextile, c'est-à-dire qu'on devait doubler le 24 février, une fois tous les 4 ans.

Jalousie d'empereur !

À l'origine, le mois dédié à Auguste, août, n'avait que 30 jours, et celui dédié à Jules, juillet, 31. Auguste n'étant pas inférieur à César, le Sénat a dû rétablir l'équilibre et le mois d'août revint à 31 jours.

Le calendrier grégorien

Le calendrier julien montre ses limites. Il prend un retard d'environ 11 minutes par an. Le pape Grégoire XIII décide donc de le réformer en supprimant 10 jours. Ainsi, le lendemain du jeudi 4 octobre 1582 fut le vendredi 15 octobre 1582 ! Le problème est que tous les pays n'assimilèrent pas cette transformation. Les pays protestants eurent du mal à accepter une réforme catholique.

Question D

Que sont les solstices et les équinoxes ?

Réponse

L'équinoxe est le moment de l'année où la durée du jour est égale à la durée de la nuit. Cela se produit deux fois dans l'année, aux alentours du 21 mars (début du printemps) et du 21 septembre (début de l'automne). Les solstices correspondent au jour le plus court pour le début de l'hiver (vers le 21 décembre) et au jour le plus long pour le solstice d'été (21 juin).

Question E

À quoi correspondent les tropiques du Cancer et du Capricorne ?

Réponse

Les tropiques du Cancer et du Capricorne sont des lignes imaginaires du globe terrestre qui délimitent une région où les habitants sont susceptibles de voir le Soleil passer à la verticale à certains moments de l'année, phénomène qui n'arrive jamais en France.

Question F

Pourquoi fait-il plus froid en hiver qu'en été ?

Réponse

On pourrait croire que c'est dû au temps d'ensoleillement qui est plus court en hiver. Mais il n'y a pas que cela, puisque au pôle Nord, quand le Soleil éclaire six mois sans se coucher, les températures sont néanmoins glaciales. Le facteur principal est la hauteur du Soleil sur l'horizon. Les rayons lumineux chauffent d'autant plus qu'ils sont verticaux. Des rayons qui rasant la Terre, comme en hiver sous nos latitudes, ne sont pas du tout efficaces.

La mesure du temps 1

Alignements de pierres, cadrans solaires, clepsydes... l'homme a toujours eu de l'imagination pour mesurer le temps qui passe.

Les alignements de pierre

Les pierres qui se trouvent à Stonehenge en Grande-Bretagne datent d'environ 2000 avant J.-C. Dans les années 1960, les savants Hawkins et Hoyle constatent que la disposition de certaines pierres matérialise les solstices et les équinoxes. En outre, ils constatent que ce monument mégalithique peut prévoir les éclipses, faisant de Stonehenge l'un des premiers observatoires de l'humanité.

Les cadrans solaires

L'ombre d'un bâton planté dans la terre, le gnomon, suffit à indiquer le moment de la journée. L'inclinaison du gnomon dépend de la latitude où se trouve le cadran solaire. Plusieurs cadrans solaires de civilisations anciennes furent découverts en Inde, en Grèce, en Égypte, etc.

Les clepsydes

Une clepsyde est un instrument identique au sablier mais où le sable a été remplacé par l'eau. Elles prenaient le relais des cadrans solaires la nuit. La difficulté de fabrication résidait dans l'écoulement : celui-ci devait être constant, quel que soit le niveau d'eau à l'intérieur de la cuve. On attribue l'invention de la clepsyde aux Égyptiens. L'emploi des clepsydes se répandit ensuite en Grèce et dans tout l'Empire romain.

Question G

Combien y a-t-il de secondes dans une vie de 90 ans ?

Réponse

« Seulement » 3 milliards ! Il y a 3600 secondes dans une heure, environ 80 000 dans une journée et environ 30 millions dans une année.

Question H

Comment est définie la seconde ?

Réponse

Les Romains définissaient la seconde comme la 60^e partie de la minute, donc la 86 400^e partie de la journée ($60 \times 60 \times 24 = 86\,400$). Cette définition a convenu pendant 2000 ans. La définition fondée sur le jour solaire n'était pas assez fiable à cause des infimes variations de celui-ci. La définition moderne gagne en précision ce qu'elle perd en simplicité. En 1967, les scientifiques choisissent l'atome de césium comme référence. Comme tout atome, celui-ci peut émettre une onde électromagnétique qui oscille dans l'espace. La durée d'oscillation est appelée la « période ». La seconde « moderne » correspond environ à 9 milliards de fois cette période.

Question I

Quelles sont les conséquences du passage de l'heure d'hiver à l'heure d'été ?

Réponse

Puisque le Soleil se couche une heure plus tard, il y a une économie sur la dépense énergétique en éclairage. Certains pensent néanmoins qu'il y a des effets néfastes : perturbation des rythmes biologiques (adultes, enfants, animaux), heures de grande circulation au moment le plus chaud de la journée augmentant ainsi le pic d'ozone, perturbation dans l'organisation des transports.

La mesure du temps 2

L'horloge est devenue indispensable pour réguler la vie quotidienne. Quelques modernisations s'imposèrent...

L'horloge mécanique

Les premières horloges mécaniques, qui dateraient du début du XIV^e siècle, étaient constituées d'un poids qui tombe, entraînant la rotation d'une seule aiguille. Galilée pensait qu'un balancier pourrait battre la seconde. Le savant Christian Huygens reprit cette idée en créant la première horloge à balancier qui deviendra la pendule. Le ressort à spirale a été inventé par ce même Huygens en 1675.

L'horloge électrique

En 1840, la première horloge électrique est inventée par l'Anglais Alexander Bain. La première montre électrique, quant à elle, ne fut inventée que 100 ans plus tard, en 1952. Vingt ans après, les premières montres à quartz utilisent le phénomène de piézoélectricité pour battre la seconde de manière très précise.

Quelle heure est-il ?

Inventée par le directeur de l'Observatoire de Paris Ernest Esclançon, l'horloge parlante fut mise en service en France le 14 février 1933. Il y eut 140 000 appels le premier jour.

L'horloge atomique

Une horloge atomique tient sa précision de la stabilité de la fréquence des radiations émises entre deux niveaux d'énergie d'un atome. La première horloge atomique voit le jour en 1954. Depuis, les horloges atomiques n'ont cessé d'être perfectionnées, atteignant la précision actuelle d'une seconde d'erreur pour quelques millions d'années !

Question J

À quelle latitude se trouve la ville de Bordeaux ?

Réponse

La latitude d'un lieu est l'angle entre ce dernier et l'équateur. Le pôle Nord se trouve donc à une latitude de 90 degrés. La ville de Bordeaux se trouve à une latitude d'environ 45 degrés, c'est-à-dire à mi-chemin entre l'équateur et le pôle Nord.

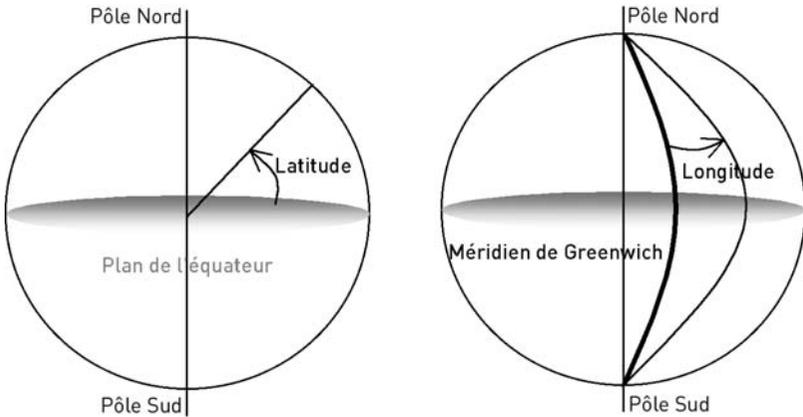
Question K

Quelle est l'importance du méridien de Greenwich ?

Réponse

Un méridien est une ligne imaginaire reliant les deux pôles. Celui de Greenwich sert de référence aux calculs des longitudes. La longitude est l'angle formé entre un lieu et Greenwich qui sert donc naturellement de référence aux fuseaux horaires.

Latitude et longitude



La mesure des angles

À la Révolution, les scientifiques ont essayé d'imposer le système décimal dans la mesure des angles. Cela fut un échec cuisant.

La base 60 des Mésopotamiens

Il y a environ 5000 ans, les habitants de Mésopotamie comptaient de 60 en 60 comme nous actuellement de 10 en 10. Pourquoi ? L'une des hypothèses imagine la rencontre de deux peuples. L'un comptait de 12 en 12, l'autre de 5 en 5. Leur confrontation ($12 \times 5 = 60$) aurait donné le système sexagésimal. Le nombre 60 et ses multiples servent de référence à la mesure des angles en degrés. On retrouve également le « 60 » pour la mesure du temps : il y a 60 minutes dans une heure et 60 secondes dans une minute.

La Révolution et le système décimal

Avec le système métrique et la définition du mètre, les scientifiques de la Révolution souhaitèrent réformer la mesure des angles. Aussi inventèrent-ils le grade. L'angle droit faisait 100 grades au lieu de 90 degrés. Un tour complet faisait donc 400 grades à la place de 360 degrés. Le grade n'est plus très utilisé à l'heure actuelle.

L'unité officielle des angles : le radian

Un angle de 180 degrés vaut π radians. L'angle droit vaut donc $\pi/2$ radians, soit environ 1,57 radians... Cela simplifie les calculs !

Le 12 dans le langage

Alors que notre système de numérotation est décimal, le 12 reste dans notre vocabulaire par un héritage très ancien : la douzaine d'huîtres, la demi-douzaine d'œufs, les 24 heures d'une journée... La numérotation anglaise accorde une place à ce nombre puisque au-delà de 12, il n'existe plus de mot nouveau : on reprend l'unité et on lui rajoute 10 (*thirteen*, *fourteen*, et ainsi de suite).

Question L

Quelle est la différence entre les unités de distance mille et mile ?

Réponse

Le mille est une unité de distance utilisée en marine. Elle vaut 1 852 mètres et correspond à la longueur d'un arc de 1 degré sur l'équateur. Le nœud marin correspond au nombre de milles en une heure. Le mile est une unité anglo-saxonne qui vaut environ 1 609 mètres.

Question M

Que signifie « micro » dans micromètre ou microscopique ?

Réponse

« Micro » signifie petit en grec. Un micromètre, autrement appelé micron, correspond à un millionième de mètre, c'est-à-dire 0, 000 001 mètre. On trouve ensuite le nanomètre qui est mille fois plus petit que le micromètre, puis le picomètre, le femtomètre ...

Question N

Que signifie « giga » dans le mot gigantesque ?

Réponse

« Giga » signifie géant en grec. Un gigamètre correspond à un milliard de mètres. Le mégamètre est mille fois plus petit, c'est-à-dire égal à un million de mètres, alors que le teramètre est mille fois plus grand et équivaut à 1 000 000 000 000 mètres.

Petite histoire du mètre

La France de l'Ancien Régime connaissait une profusion d'unités de longueur. Depuis, plusieurs siècles se sont écoulés. La Révolution a bien eu lieu, jusque dans les unités de mesure.

La confusion des anciennes unités

La toise, le pouce, l'aune... Au Moyen Âge, les unités sont si nombreuses en France qu'elles créent de nombreux malentendus dans les tractations marchandes, une même unité n'ayant pas la même valeur selon les régions. À la fin du XVII^e siècle, pour définir l'étalon de la toise, l'astronome Jean Picard prenait pour référence la largeur d'une arcade du Louvre ! En 1789, les cahiers de doléances rédigés avant la Révolution réclament : « Un roi, une loi, un poids et une mesure. »

La Révolution et le système métrique

En 1792, les scientifiques français Méchain et Delambre sont envoyés sur les routes pour calculer la longueur d'un arc du méridien, de Dunkerque à Barcelone. Pendant plusieurs années et dans des conditions parfois difficiles, ils remplissent leur mission malgré le décès de Méchain. Le mètre est alors défini comme la 10 000 000^e partie du quart du méridien terrestre, c'est-à-dire la partie comprise entre le pôle Nord et l'équateur.

Vestige métrique !

Parmi les 16 mètres-étalons placés dans Paris à la Révolution, il n'en reste plus que deux. Le seul qui subsiste à son emplacement d'origine est situé au 36, rue de Vaugirard, sous les arcades.

Les définitions modernes

En 1927, un mètre-étalon en platine sert de référence. En 1960, une définition complexe fondée sur l'atome de krypton est adoptée. Enfin, en 1983, le mètre est défini grâce à une constante fondamentale de la physique, la vitesse de la lumière. Le mètre devient la distance parcourue par la lumière en $1/299\,792\,458^{\text{e}}$ seconde.

Question O

Qu'est-ce que le fléau d'une balance ?

Réponse

Il s'agit de la tige horizontale aux extrémités de laquelle sont suspendus les plateaux.

Question P

Quelle est l'origine de la balance de Roberval ?

Réponse

Au XVII^e siècle, Gilles Personne eut l'ingénieuse idée de placer le fléau de la balance sous les plateaux. Il gagna en précision et put construire des balances adaptées selon le poids à mesurer. Roberval est un village de l'Oise dont était originaire Gilles Personne.

La mesure des masses

Chaque époque a conçu des étalons de poids, de l'obole grecque au kilogramme contemporain.

L'Antiquité

L'obole de la Grèce antique correspondait à 0,72 g. La drachme valait 6 oboles. L'once romaine valait le douzième de la livre. L'once deviendra une unité anglo-saxonne valant environ 28 g (le symbole est « oz » ; on le voit souvent sur les emballages alimentaires).

L'Ancien Régime

Au Moyen Âge, la confusion est à son comble. Si l'on retrouve des appellations communes comme la livre ou le grain, elles n'ont pas toutes la même valeur d'une ville à l'autre. Par exemple, la livre pesait 9216 grains à Paris, mais 9456 grains à Venise, tout simplement parce que Paris avait choisi le grain de froment comme référence et Venise le grain d'orge ! Fabriquée au XIV^e siècle, la pile de Charlemagne est un ensemble de petits godets de cuivre qui servit d'étalon à Lavoisier en 1799 pour déterminer le grave (poids d'un litre d'eau à 4 °C).

Le kilogramme actuel

Le prototype du kilogramme, fabriqué à la fin du XIX^e siècle, est un cylindre en platine d'une hauteur de 39 mm. Il est actuellement conservé au pavillon de Breteuil à Sèvres. Les scientifiques souhaiteraient que la définition du kilogramme ne dépende plus d'un étalon, qui peut s'altérer au cours du temps, comme un morceau de métal. C'est déjà le cas pour la seconde et le mètre qui « bénéficient » d'une définition liée à la constitution des atomes.

Question Q

Que vaut un are ?

Réponse

L'are vient du grec *area* qui signifie « aire ». Créé lors de la Révolution française, il vaut 100 m^2 . L'hectare est plus utilisé : il vaut 100 ares, soit $10\,000 \text{ m}^2$.

Question R

Que vaut un stère de bois ?

Réponse

Cela dépend ! Si les bûches de bois mesurent 1 mètre de long, alors 1 stère = 1 mètre cube. Mais si les bûches font 50 centimètres, alors 1 stère = 0,8 mètre cube. Le volume exprimé en stères correspond au volume apparent du bois, sans tenir compte de l'espace entre les bûches.

Question S

Quel est le symbole du mot litre : « L » ou « l » ?

Réponse

Les deux sont acceptés, mais on privilégie le premier symbole. En effet le « l » minuscule s'écrit le plus souvent « l » et risque d'être confondu avec le chiffre « 1 ». On préférera donc écrire « 1 L » plutôt que « 1 l ».

Les unités du Système International

Le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère... Il existe 7 unités de base utilisées en physique. Petit tour d'horizon des unités moins connues.

Une unité de température : le kelvin

Celsius et Fahrenheit sont des échelles de température à 2 points fixes, c'est-à-dire que la congélation et l'ébullition de l'eau servent de référence. L'anglais William Thomson, lord Kelvin, propose, au XIX^e siècle, la température absolue, dont le zéro correspond à l'immobilité totale des molécules. Il faut ajouter 273,15 à la température en Celsius. Ainsi, 25 °C correspond à 298,15 K.

Une unité de quantité de matière : la mole

Il s'agit d'une unité très utilisée en chimie. Une mole correspond à un nombre gigantesque. Lorsqu'on parle d'une mole de grains de sable, cela représente environ un quadrillion de grains de sable, c'est-à-dire :
1 000 000 000 000 000 000 000 000 !

Watt, Joule, Newton...

Toutes les autres unités utilisées en physique s'expriment à l'aide des 7 unités de base. Ainsi le watt se dit aussi « kilogramme mètre carré par seconde au cube », ce qui est moins pratique !

Une unité lumineuse : la candela

Provenant du latin qui signifie « chandelle », la candela est l'unité officielle d'intensité lumineuse. On connaît également l'unité d'éclairement, le lux, plus utile dans la vie quotidienne. Une nuit de pleine Lune correspond à un éclairement de 0,5 lux, alors qu'une journée ensoleillée correspond à plusieurs dizaines de milliers de lux.

Chapitre 1

Astronomie

Question 1. La chance vous sourit

Né(e) en février, mon signe du zodiaque est Poisson. Qu'est-ce que le zodiaque en astronomie ?

- A. L'ensemble des douze étoiles les plus brillantes du ciel
- B. L'ensemble des étoiles de la Grande Ourse
- C. La zone du ciel dans laquelle se déplacent le Soleil et les principales planètes du système solaire

Réponse

La réponse est C. Cette zone se situe au-dessus de l'horizon ; elle est divisée en 12 parties de 30 degrés de largeur chacune. Chaque partie contient une constellation*¹ du nom de nos signes zodiacaux : Bélier, Taureau, Gémeaux, Cancer, Lion, Vierge, Balance, Scorpion, Sagittaire, Capricorne, Verseau, Poisson.

Un peu d'histoire

Il y a environ 4000 ans, **les Mésopotamiens** connaissaient déjà le zodiaque. Le mot « zodiaque » vient du grec *zōon* qui signifie « être vivant ». De tout temps, les astrologues se sont très souvent trouvés aux côtés d'hommes politiques. Le plus connu est certainement Nostradamus, astrologue de Catherine de Médicis au XVI^e siècle.

La treizième constellation du zodiaque : le Serpenteaire

Le Serpenteaire, encore appelé « Ophiucus », est une constellation de l'hémisphère Nord qui coupe la constellation du serpent en deux et s'insère normalement entre le Scorpion et le Sagittaire. Elle est sur la trajectoire du Soleil et représente, depuis 1922, le treizième signe du zodiaque. L'astrologie, qui date de quelques milliers d'années, n'en tient pas compte.

1. Les termes suivis d'un astérisque renvoient au glossaire en fin d'ouvrage.

Question 2. Soyons ponctuels !

Le cadran solaire indique l'heure solaire. Lorsque je lis 13 h sur un cadran solaire, en été et en France, ma montre indique :

- A. 11 h ?
- B. 13 h ?
- C. 15 h ?

Réponse

La réponse est C. Il est midi, heure solaire, quand le Soleil atteint sa position la plus haute dans le ciel. À Greenwich en Angleterre, en hiver, le midi du Soleil correspond au midi des montres. Quand on s'écarte du méridien* de Greenwich, il faut rajouter ou retrancher une heure selon le fuseau horaire dans lequel on est. Alors que nous devrions avoir la même heure que les Britanniques, nous avons adopté l'heure des Allemands, c'es-à-dire une heure de plus en hiver et deux heures en été.

Un peu d'histoire

Philosophe grec originaire de Milet, **Anaximandre** est le disciple et l'ami de **Thalès**. Il aurait été l'un des premiers à utiliser un bâton planté dans le sol, un gnomon, pour estimer la hauteur du Soleil, inventant ainsi le cadran solaire. Il aurait également su prévoir les solstices* et les équinoxes. Les équinoxes sont les moments de l'année où la durée du jour est égale à la durée de la nuit (automne et printemps). Les solstices correspondent au jour le plus long (été) et au jour le plus court (hiver).

Quel jour sommes-nous ?

La ligne de partage des jours (pour départager hier de demain) se trouve dans l'océan Pacifique et traverse une des îles de l'archipel des Fidji. Les habitants y ont donc installé une pancarte sur laquelle on peut lire à gauche « ici vous êtes hier » et à droite « ici vous êtes demain ».

Question 3. Le Soleil a rendez-vous avec la Lune

Le Soleil et la Lune semblent avoir la même taille dans le ciel. Le Soleil, beaucoup plus gros, est :

- A. 500 fois plus éloigné que la Lune ?
- B. 10 fois plus éloigné que la Lune ?
- C. 3 fois plus éloigné que la Lune ?

Réponse

La réponse est A. Le Soleil est placé à 150 millions de km de la Terre, alors que la Lune n'est « seulement » qu'à 300 000 km. La planète Pluton, la dernière du système solaire, est environ 40 fois plus éloignée de la Terre que le Soleil.

Un peu d'histoire

Aristarque (III^e siècle avant J.-C.) est originaire de l'île grecque de la mer Égée, Samos. Il évalua les distances relatives de la Terre à la Lune et de la Terre au Soleil. Celui-ci fut également le premier à imaginer que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.

Mieux vaut partir à point

Si le Concorde avait été capable de voler dans l'espace, il lui aurait fallu environ une semaine pour atteindre la Lune ; un avion de ligne, lui, mettrait une quinzaine de jours. Malheureusement, les avions ont besoin d'air pour voler, contrairement aux fusées, et la vitesse qu'il faut atteindre pour s'arracher de l'attraction terrestre est de 40 000 km par heure, vitesse inimaginable pour un avion !

Question 4. Cher Phileas Fogg

Quelle distance a dû parcourir le héros de Jules Verne en 80 jours ?

- A. Environ 40 000 km
- B. Environ 400 000 km
- C. Environ 4 000 000 km

Réponse

La réponse est A. Le rayon de la Terre étant de 6400 km, on trouve la circonférence en le multipliant par 2π . La Terre n'est pas tout à fait une boule : elle est aplatie aux deux pôles à cause de sa rotation et de la force centrifuge.

Un peu d'histoire

Directeur de la bibliothèque d'Alexandrie, **Ératosthène** (vers -276 / -194) était philosophe, mathématicien et géographe. Il se servit de l'ombre d'un obélisque pour mesurer la circonférence de la Terre.

Le whisky du capitaine Haddock

Tous les objets célestes sont des sphères. On explique la formation des planètes par l'accumulation de matière venant de tous les endroits de l'espace. Dans l'album de bande dessinée *On a marché sur la Lune* (1954), le dessinateur Hergé imagina que le whisky du capitaine Haddock se transformait en une sorte de boule en apesanteur*. Cette intuition se révéla exacte plusieurs années avant l'envoi d'hommes dans l'espace.

Question 5. Le nombril du monde

Le Soleil est au centre :

- A. De l'Univers ?
- B. De notre galaxie ?
- C. De l'ensemble des planètes ?

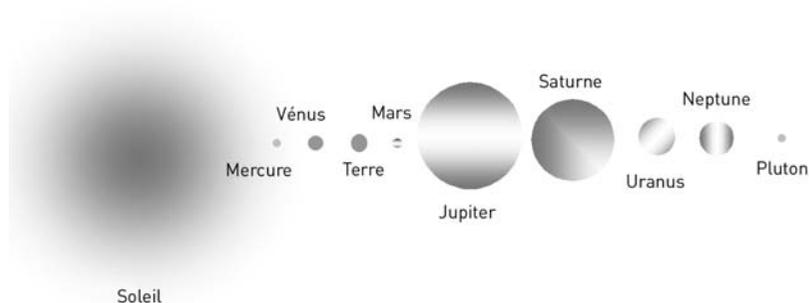
Réponse

La réponse est C. Le Soleil est au centre de notre système solaire. Ce dernier regroupe neuf planètes, leurs satellites naturels, des comètes qui reviennent périodiquement fondre près du Soleil, des astéroïdes et des météorites. Ce système solaire n'est qu'un grain de sable dans une structure beaucoup plus grosse appelée « galaxie ». Notre galaxie est la Voie lactée* : elle contient plusieurs milliards d'étoiles, identiques à notre Soleil. Les planètes qui gravitent autour de ces étoiles contiennent-elles de la vie ? Mystère...

Un peu d'histoire

Ptolémée (vers 90-vers 170) est l'auteur d'un traité, *l'Almageste*, qui expose un modèle géocentrique* du système solaire. Ce modèle erroné, adopté par l'Église catholique, va s'imposer pendant près de 1500 ans jusqu'à l'audacieuse intervention de Copernic au XVI^e siècle puis de Galilée au XVII^e siècle : c'est bien la Terre qui tourne autour du Soleil. Ptolémée fut également géographe et musicien.

Les 9 planètes du système solaire et leur taille relative



Question 6. Terre, Terre...

Pour découvrir l'Amérique, Christophe Colomb a dû se servir d'un astrolabe. De quoi s'agit-il exactement ?

- A. Un instrument permettant d'évaluer les distances à la surface de la Terre
- B. Une carte détaillée des continents
- C. Un instrument permettant de mesurer la hauteur des astres

Réponse

La réponse est C. Un astrolabe est constitué d'un bras tournant accroché au centre d'un rapporteur. On fixe une étoile avec l'extrémité du bras mobile et sa position peut alors être lue sur le rapporteur. L'astrolabe permet également de déterminer l'heure en un endroit donné.

Un peu d'histoire

Perfectionné par les savants arabes, l'astrolabe arrive en Europe au X^e siècle après J.-C. En latin, le mot « astrolabe » signifie « prendre une étoile ». L'un des plus anciens astrolabes conservés date du X^e siècle.

Avant le GPS...

Le portulan était une carte permettant de repérer les côtes maritimes. Le sextant servait quant à lui à mesurer la hauteur d'un astre ; il remplaça l'astrolabe au XVIII^e siècle.

Question 7. Bonne année !

Quelle est la durée d'une année ?

- A. 365 jours
- B. 365 jours et 3 heures
- C. 365 jours et 6 heures

Réponse

La réponse est C. Une année correspond au temps mis par la Terre pour faire le tour du Soleil. L'année n'est pas égale à un nombre entier de jours. Il faut ajouter un quart de journée, soit 6 heures. Pour rattraper ce retard, notre calendrier rajoute un jour tous les 4 ans : c'est alors une année bissextile*.



Copernic

Un peu d'histoire

Dans son ouvrage *De Revolutionibus orbium coelestium* (*Sur les révolutions des sphères célestes*), publié l'année de sa mort, le Polonais **Nicolas Copernic** (1473-1543) place le Soleil au centre du système planétaire, la Terre tournant autour de ce dernier. Il reprend l'hypothèse du Grec Aristarque de Samos et vient contredire le système de Ptolémée, en vigueur depuis 1500 ans et défendu par l'Église, qui place la Terre au centre de l'Univers. Il faudra attendre l'invention de la lunette, quelques décennies plus tard, pour confirmer la théorie de Copernic.

Question 8. Étoile montante

À la campagne, par une nuit sans nuages, combien d'étoiles pouvez-vous observer à l'œil nu ?

- A. Plusieurs dizaines
- B. Plusieurs centaines
- C. Plusieurs milliers

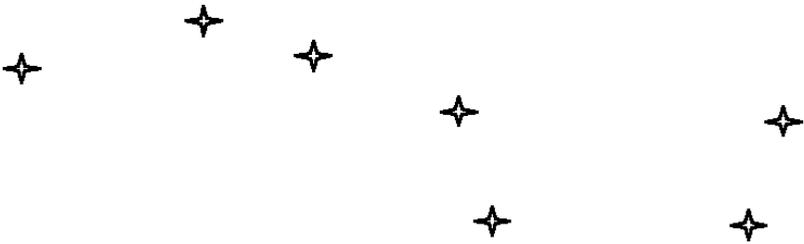
Réponse

La réponse est C. Les étoiles que l'on observe à la campagne les soirs d'été sont regroupées par constellations*. Officiellement, ces dernières sont au nombre de 88. La Grande Ourse*, composée de sept étoiles principales, a l'allure d'une casserole. Cassiopée ressemble à un « W ». On peut également observer les constellations du Cygne, de l'Aigle et du Zodiaque.

Un peu d'histoire

En 1576, le roi du Danemark, Frédéric II, offre à **Tycho Brahé** (1546-1601) le premier observatoire moderne sur l'île de Hveen au Danemark. C'est dans cette magnifique construction appelée *Uraniborg* et entouré de savants et d'étudiants, que Brahé va effectuer des mesures d'une incroyable précision. L'observation des mouvements de Mars permettra à l'un de ses élèves favoris, **Kepler**, d'énoncer les fameuses lois qui portent son nom.

La Grande Ourse



Question 9. Un beau spectacle

Qu'est-ce qu'une supernova ?

- A. Un vaste nuage de gaz
- B. Une étoile géante qui explose
- C. Un ensemble regroupant plusieurs milliards d'étoiles

Réponse

La réponse est B. L'arrêt des réactions nucléaires au cœur de certaines étoiles provoque leur implosion suivie de l'explosion des couches extérieures de l'étoile à une vitesse vertigineuse : environ 15 000 km par seconde.

Un peu d'histoire

Dans la nuit du 11 novembre 1572, l'astronome danois **Tycho Brahé** observe une étoile très brillante dans la constellation de Cassiopée. Elle fut qualifiée de « Nova » car Brahé pensait qu'une nouvelle étoile venait d'apparaître dans le ciel. On observe ce type d'étoiles depuis environ 2000 ans. Des scientifiques américains pensent qu'une supernova datant de 225 millions d'années aurait provoqué, par son rayonnement, l'extinction d'espèces vivantes sur Terre.

Question 10. Chassez l'intrus

Parmi ces trois objets célestes, un astre ne fait pas comme les deux autres. Lequel ?

- A. La comète
- B. La planète
- C. Le satellite naturel

Réponse

La réponse est C. Les satellites naturels, comme la Lune, tournent autour d'une planète alors que la comète et la planète tournent autour du Soleil. Le Soleil bouge dans notre Voie lactée, la Voie lactée dans un amas de galaxies, et l'amas de galaxies se meut dans l'Univers. La structure de l'Univers s'apparente ainsi à des boîtes gigognes !

Un peu d'histoire

En 1592, le philosophe **Giordano Bruno** est accusé d'hérésie : l'Inquisition lui reproche, entre autres, d'être partisan des idées de Copernic sur la place du Soleil au centre du système solaire. À Rome, son procès va durer huit ans. Il sera brûlé en 1600. À la sentence de peine de mort, Giordano Bruno répondit : « Vous éprouvez sans doute plus de craintes à rendre cette sentence que moi à l'accepter ! ». Quelques dizaines d'années plus tard, toujours en Italie, Galilée se heurtera à la même résistance de l'Eglise sur la position du Soleil et de la Terre dans l'espace.

Mal luné !

La Lune a toujours exercé une fascination sur les hommes, si bien que de nombreuses superstitions et autres croyances entourent notre satellite naturel : la Lune rousse serait très mauvaise pour les bourgeons et les jeunes pousses, il ne faudrait semer qu'en Lune croissante ; le nombre de naissances augmenterait les jours de pleine Lune ; la pleine Lune provoquerait des insomnies et décolorerait même nos rideaux et les carrosseries de nos voitures ! La seule influence de la Lune prouvée à ce jour est celle qu'elle exerce sur les marées.

Question 11. Le grand manège

Les planètes parcourent autour du Soleil une trajectoire :

- A. Circulaire ?
- B. Ovale ?
- C. Hélicoïdale ?

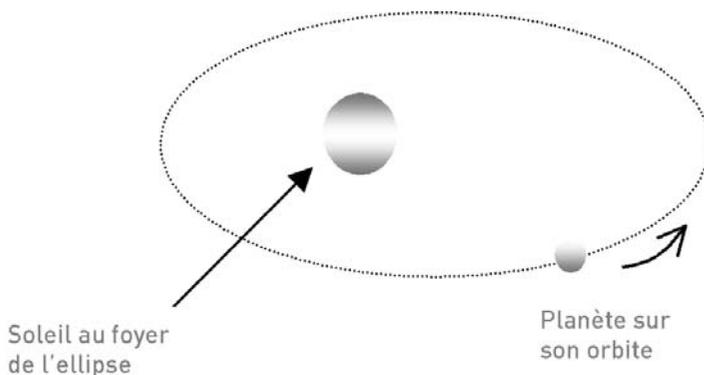
Réponse

La réponse est B. Les planètes suivent une trajectoire ovale ou elliptique autour du Soleil. Le Soleil n'est pas placé au centre de l'ellipse mais à côté, en un point appelé « foyer ». Les astres comme les comètes et les astéroïdes parcourent également une ellipse autour du Soleil. Il en est de même pour la Lune, autour de la Terre.

Un peu d'histoire

On a longtemps cru que les planètes parcouraient des cercles autour du Soleil. L'astronome allemand **Johannes Kepler** (1571-1630), élève de **Tycho Brahé**, se servit des observations très précises de Mars effectuées par son maître, pour arriver à ses conclusions : les planètes parcourent une ellipse autour du Soleil.

La trajectoire des planètes autour du Soleil



Question 12. Lever les yeux au ciel

Quelle est la différence entre une lunette et un télescope ?

- A. La lunette est composée de lentilles et le télescope de miroirs
- B. La lunette sert en navigation maritime et le télescope en astronomie
- C. Il n'y en a pas

Réponse

La réponse est A. Actuellement, les astronomes privilégient les télescopes* aux lunettes*, en raison de la difficulté de fabriquer des lentilles de grande taille.

Un peu d'histoire

En 1608, l'opticien néerlandais **Hans Lippershey** invente la première lunette. La légende raconte que Lippershey doit son invention à deux enfants qui jouaient avec deux lentilles dans la rue, s'amusant à les mettre l'une devant l'autre. Ils s'aperçurent qu'ils voyaient l'église de leur village plus grande. Lippershey s'en étonna et eut l'idée de mettre ces lentilles dans un tube en bois. Il essaya alors de vendre son invention à l'armée, qui la refusa. Le célèbre physicien italien **Galilée** récupéra l'idée lors d'un voyage à Venise, où la lunette avait déjà été exportée, et construisit sa propre lunette en 1609. Il en augmenta considérablement le grossissement. Cette invention l'amena à découvrir une multitude d'objets célestes.

Question 13. Le plus grand des astres

La Lune est le satellite naturel de la Terre. Comment s'appellent les quatre gros satellites naturels de Jupiter ?

- A. Prométhée, Atlas, Télésto et Calypso
- B. Cordelia, Ophelia, Bianca et Cressida
- C. Io, Europe, Ganymède et Callisto

Réponse

La réponse est C. Très récemment, on a découvert qu'il y avait plus de soixante satellites autour de Jupiter ! Ganymède est le satellite le plus gros avec un diamètre de 5000 km.

Un peu d'histoire

C'est l'Italien **Galilée** (1564-1642) qui a découvert, grâce à l'invention toute récente de sa lunette, ces quatre satellites naturels de Jupiter, dont les noms sont issus de la mythologie grecque.

Eppur si muove

« Et pourtant, elle tourne ! » Cette célèbre phrase de Galilée s'inscrit dans le long procès qui l'opposa à l'Église sur ses idées coperniciennes. En 1632, Galilée publie le *Dialogue sur les deux principaux systèmes du monde*, où trois personnes sont mises en scène : un défenseur des idées de Ptolémée (et de l'Église), un copernicien et un sceptique. D'avril à juin 1633, le tribunal du Saint-Office juge Galilée en ces termes : « Nous te demandons d'abjurer tes erreurs et hérésies. Nous ordonnons la prohibition du livre sur les Dialogues. Nous te condamnons à la prison du Saint-Office. »

Question 14. Le seigneur des anneaux

Ce n'est pas la seule planète à en posséder, mais les anneaux de Saturne sont très connus. Ils sont constitués :

- A. De glace ?
- B. De roche ?
- C. De gaz ?

Réponse

La réponse est A. Il y a environ un millier d'anneaux autour de Saturne, épais d'un kilomètre chacun. Ils sont constitués de blocs de glace allant du grain de poussière au morceau d'une dizaine de mètres de diamètre.



Galilée

Un peu d'histoire

Galilée fut le premier à observer, en 1610, quelque chose autour de Saturne. Ce qui l'intrigua c'est que ces astres, qu'il prenait pour des satellites naturels*, ne bougeaient pas. Encore plus étrange, après une longue période d'observation, ils avaient disparu ! L'astronome néerlandais **Huygens** (1629-1695) apporta la réponse plusieurs années plus tard : il s'agit d'anneaux qui deviennent quasiment invisibles lorsqu'ils sont vus par la tranche, c'est-à-dire vus de profil.

Question 15. Aussi vite que l'éclair

Combien de temps met la lumière pour nous venir du Soleil ?

- A. Une seconde
- B. Environ huit minutes
- C. Environ une heure

Réponse

La réponse est B. La lumière met environ une seconde pour venir de la Lune, huit minutes pour venir du Soleil jusqu'à nos yeux et un peu plus de 4 ans pour venir de l'étoile la plus proche, Proxima du Centaure.

L'observateur de Paris

En 1672, **Jean-Dominique Cassini**, alors directeur de l'Observatoire de Paris, profite d'un alignement du Soleil avec les planètes Terre et Mars. Il effectue des mesures à Paris et envoie Jean Richer à Cayenne. La mise en commun de leurs mesures permet, par la méthode de parallaxe, de déterminer la distance Terre-Mars puis la distance Terre-Soleil.

Lever les yeux au ciel pour... voyager dans le temps !

Lorsqu'on regarde le ciel par une belle nuit étoilée, on observe le passé : ce que l'on observe à l'œil nu date quelquefois de plusieurs centaines d'années ! La limite actuelle de l'espace observable est d'environ 14 milliards d'années-lumière.

Question 16. L'éternel retour

La comète de Halley revient tous les :

- A. 53 ans ?
- B. 76 ans ?
- C. 84 ans ?

Réponse

La réponse est B. Une comète est constituée d'un noyau de glace, d'une chevelure de poussière et d'une queue qui s'oriente avec le vent solaire. Les comètes viennent d'une zone aux confins du système solaire, appelée la « ceinture de Kuiper ». La comète de Halley que l'on a observée en 1986 ne repassera qu'en 2061, alors à vos agendas...

Un peu d'histoire

En décembre 1681, **Edmund Halley** (1656-1742) aperçoit une comète dans le ciel de Londres. Après plusieurs recherches, il affirme que cette dernière est la même que celle qu'observèrent les hommes de Guillaume le Conquérant en 1066, puis que celle qu'observa Kepler 75 ans plus tôt. En 1705, il prédit donc son retour 75 ou 76 ans plus tard. Halley mourra en 1742 et n'aura donc pas eu la possibilité de voir le retour de la comète qui portera son nom.

Question 17. Il est mort le Soleil

Il arrive au Soleil de disparaître momentanément lors des éclipses.

C'est parce que :

- A. La Lune passe devant le Soleil ?
- B. La Terre passe devant le Soleil ?
- C. Le Soleil passe sous l'horizon ?

Réponse

La réponse est A. Pour une éclipse de Soleil, il faut attendre que la Terre, la Lune et le Soleil soient alignés dans cet ordre. La Lune qui est plus petite mais plus proche parvient à cacher le Soleil, plus gros mais plus loin. Lorsque le Soleil est caché complètement, l'éclipse est dite totale, comme au nord de Paris en 1999. Sinon, elle est partielle ou annulaire.

Un peu d'histoire

On observe des éclipses de Soleil depuis des milliers d'années. Source d'émerveillement ou de crainte, les éclipses ne laissent personne indifférent.

L'astronome **Halley** (1656-1742) réussit à en prévoir une pour 1715 en utilisant les lois de la gravitation de **Newton**. En 1724, le roi Louis XV observa une éclipse totale de Soleil depuis le Trianon à Versailles. Plus récemment, celle de 1999 dura, en France, environ deux minutes pour l'occultation totale. On a malheureusement dénombré une dizaine de cas sévères de perte visuelle après l'observation de l'éclipse.

La prochaine éclipse totale en France aura lieu en 2081 !

Le phénomène de l'éclipse de Soleil n'est pas rare. On estime qu'il y a environ 250 éclipses par siècle, mais elles ont souvent lieu dans des zones peu pratiques d'accès. La prochaine éclipse visible à Paris se produira le 3 septembre 2081.

Question 18. Les géants de l'espace

Quel est le nom de la septième planète du système solaire (c'est aussi le nom d'un dieu romain du ciel) ?

- A. Uranus
- B. Neptune
- C. Pluton

Réponse

La réponse est A. Uranus appartient à la famille des grandes planètes gazeuses, tout comme Saturne et Neptune. Elles sont qualifiées de « joviennes » car leur composition est semblable à celle de Jupiter. Les planètes proches du Soleil comme Mercure, Vénus et Mars sont qualifiées de « telluriques »* pour leur ressemblance avec la Terre ; elles ont par exemple toutes une surface solide.

Un peu d'histoire

Né à Hanovre en 1738, l'astronome britannique **William Herschel** est avant tout un musicien : on lui doit 24 symphonies ainsi que plusieurs concertos. Passionné d'astronomie, construisant lui-même des lunettes, il découvre Uranus le 13 mars 1781. Ce qui fut d'abord pris pour une comète s'avéra en fait être la septième planète du système solaire. Herschel la baptisa « la planète de George » en l'honneur du roi George III. Herschel découvrit également deux des satellites d'Uranus : Titania et Obéron.

Question 19. Le ciel nous tombe sur la tête

Qu'est-ce qu'un astéroïde ?

- A. L'autre nom d'une étoile filante
- B. Une petite planète du système solaire
- C. Une comète en fin de vie

Réponse

La réponse est B. Les astéroïdes les plus gros peuvent mesurer jusqu'à 600 kilomètres de diamètre. La plupart sont situés entre Mars et Jupiter. On pense qu'il s'agit de débris d'une planète qui n'aurait pas eu la place de se former entre les deux planètes.

Un peu d'histoire

Le premier astéroïde a été découvert le jour de l'an 1801 par l'Italien **Piazzi**, directeur de l'observatoire de Palerme. Il le nomma Cérés en hommage à la déesse de la mythologie grecque. On pense que la chute d'un astéroïde sur Terre aurait provoqué la mort des dinosaures il y a 65 millions d'années. Sa trace aurait été repérée dans le golfe du Mexique.

Armageddon 2036 ?

En juin 2004, les astronomes ont découvert un astéroïde dont l'orbite pourrait bien croiser celui de la Terre. Cette rencontre, certes peu probable mais pas impossible, a dans un premier temps été prévue pour 2029, puis de nouveaux calculs l'ont repoussée à 2036, avec une chance de contact avec la Terre de 1 sur 5000...

Question 20. Faites un vœu ...

Une étoile filante est :

- A. Une étoile qui passe à proximité de la Terre ?
- B. Un morceau de roche d'astéroïde qui se désintègre dans l'atmosphère ?
- C. Une comète qui explose ?

Réponse

La réponse est B. L'astéroïde est une petite planète tournant autour du Soleil. La météorite est un fragment d'astéroïde qui peut tomber sur Terre. On parle de météore, de bolide ou d'étoile filante lorsque les météorites entrent dans l'atmosphère terrestre en produisant de la lumière. L'étoile filante n'est donc pas une étoile !

Un peu d'histoire

Les astéroïdes connus de l'homme constituent une très grande famille qui ne cesse de s'agrandir. Le premier fut découvert par **Giuseppe Piazzi** le 1^{er} janvier 1801. D'autres suivirent en 1802, 1804, 1807 ; depuis 1847, de nouveaux astéroïdes sont découverts tous les ans.

Attention : chute de pierres !

Le 26 avril 1803 s'abat sur une petite ville de l'Orne appelée L'Aigle une pluie de météorites. Le physicien Biot (1774-1862) est envoyé par l'Académie des sciences pour étudier les débris recueillis. Il conclut à une origine extraterrestre des météorites, mettant ainsi fin à une controverse. En effet, on croyait à l'époque que la Terre était « protégée » et qu'aucune matière ne pouvait venir de l'espace.

Question 21. Les vers de Terre amoureux des étoiles

Lorsque nous observons les étoiles, la lumière que nous recevons dans nos yeux a voyagé un certain temps dans l'espace. À quelle distance se trouve l'étoile la plus proche de la Terre ?

- A. Un peu plus de 4 années-lumière
- B. Un peu plus de 40 années-lumière
- C. Un peu plus de 400 années-lumière

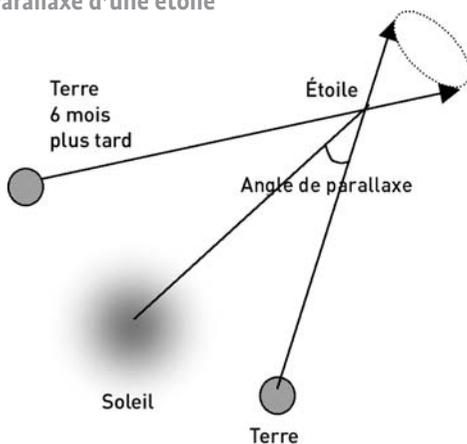
Réponse

La réponse est A. L'étoile la plus proche s'appelle « Proxima » et réside dans la constellation du Centaure. Si cette étoile venait à mourir, nous n'en serions informés que quatre ans plus tard. L'Étoile polaire, quant à elle, se trouve à plus de 400 années-lumière.

Un peu d'histoire

En 1838, pour calculer la distance qui nous sépare de l'étoile 61 Cygni de la constellation du Cygne, l'astronome allemand **Friedrich Bessel** (1784-1846) se fonde sur la parallaxe d'une étoile, c'est-à-dire la mesure du déplacement apparent de celle-ci dans le ciel, à partir de deux points d'observation différents. Ainsi, pour avoir le maximum de précision, on attend une période de six mois, la Terre ayant parcouru la plus grande distance possible.

Parallaxe d'une étoile



Question 22. Une lueur d'espoir

Comparé aux autres étoiles de notre galaxie, le Soleil est :

- A. Une petite étoile ?
- B. Une étoile moyenne ?
- C. Une étoile géante ?

Réponse

La réponse est A. L'astre auquel on doit la vie sur Terre est une petite étoile banale, perdue dans l'immensité de notre galaxie, la Voie lactée. La Terre a un diamètre 100 fois plus petit que le Soleil.

Un peu d'histoire

En 1905, le physicien danois **Ejnar Hertzsprung** découvre l'existence de deux types d'étoiles bien distinctes : les « géantes » et les « naines ». Il élabore par la suite un diagramme avec l'astronome et philosophe **Bertrand Russell** pour classer toutes les étoiles existant dans l'Univers.

Question 23. La proche banlieue

Nous vivons dans une galaxie appelée la « Voie lactée ». Comment s'appelle notre plus proche voisine ?

- A. La galaxie d'Andromède
- B. La galaxie du Centaure
- C. La galaxie d'Orion

Réponse

La réponse est A. Les galaxies s'éloignent à très grande vitesse les unes des autres. C'est une conséquence du Big Bang : il y a 14 milliards d'années, toute la matière de l'Univers actuel aurait été confinée dans un volume très petit. Une explosion gigantesque aurait envoyé cette matière dans toutes les directions, donnant naissance à tous les astres connus aujourd'hui. Depuis, l'Univers est en expansion.

Un peu d'histoire

C'est grâce aux photographies de l'observatoire du Mont Wilson en Californie que **Edwin Hubble** (1889-1953) a pu estimer la situation de la galaxie d'Andromède : celle-ci serait à plusieurs centaines de milliers d'années-lumière, bien au-delà des limites de notre galaxie !

Un savant boxeur !

Hubble s'adonna à beaucoup d'activités. Il eut l'occasion, alors qu'il était étudiant d'affronter le champion de boxe Georges Carpentier !

Question 24. La petite dernière

Qu'est-ce qui différencie Pluton, la dernière planète, des huit autres planètes ?

- A. Elle parcourt une trajectoire ovale très accentuée
- B. C'est la seule planète solide
- C. Elle n'a pas de satellite naturel

Réponse

La réponse est A. Contrairement à Pluton, les planètes du système solaire ont des trajectoires quasiment circulaires. C'est également la planète la plus éloignée, la plus froide et la plus petite. En août 2006, l'union astronomique internationale a décidé que Pluton ne pouvait pas être qualifiée de « planète » : il s'agirait plutôt d'un gros astéroïde. Il n'y a donc plus que huit planètes dans le système solaire !

Un peu d'histoire

En 1930, en observant le déplacement anormal d'un point lumineux sur différents clichés, le physicien américain **Clyde Tombaugh** (1906-1997) découvre la neuvième planète tant attendue depuis 30 ans. La planète fut nommée Pluton, dieu romain des enfers, car les deux premières lettres sont les initiales de l'astronome américain qui avait prédit son existence, **Percival Lowell**, mort en 1916. À sa mort, son frère fit un don très généreux pour que soit construit un télescope permettant la découverte de la planète X.

Pas toujours la dernière...

Pluton est considérée comme la planète la plus éloignée du Soleil. Or, cela n'est pas toujours vrai : son orbite croise parfois celle de Neptune. Ainsi, Pluton passe en avant-dernière position pour une période de 20 ans. Ce fut le cas de 1979 à 1999 et cela ne se reproduira qu'en 2226.

Chapitre 2

Électromagnétisme

Question 25. Que dis-je, c'est un cap !

Les boussoles indiquent le nord, mais lequel ?

- A. Le nord magnétique
- B. Le nord géographique
- C. Les deux puisqu'il s'agit de la même chose

Réponse

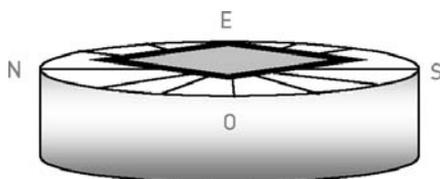
La réponse est A. La Terre est parcourue, sous sa croûte, par des courants de lave gigantesques. Cela lui donne les propriétés d'un aimant. Ce qui attire les boussoles, le nord magnétique, se situe à plusieurs centaines de kilomètres du nord géographique qui correspond, lui, au point le plus haut de l'axe de rotation. De plus, le nord magnétique est en réalité un « sud » puisqu'il attire le nord d'une boussole... Enfin, il se déplace au cours des siècles. Les boussoles de Christophe Colomb n'indiquaient donc pas

la même chose que nos boussoles actuelles !

Un peu d'histoire

Depuis l'Antiquité, on connaît la propriété de ces pierres étranges venant d'une région de Grèce, la Magnésie, et qui se collent les unes aux autres. Les premières boussoles étaient des récipients d'eau sur lesquels flottaient des aiguilles aimantées. La boussole fut utilisée en Europe vers le XV^e siècle. Le mot boussole vient de l'italien *bussola*, qui signifie « petite boîte ».

Une boussole de navigation



Question 26. Les aimants terribles

Si on casse un aimant en deux, que se passe-t-il ?

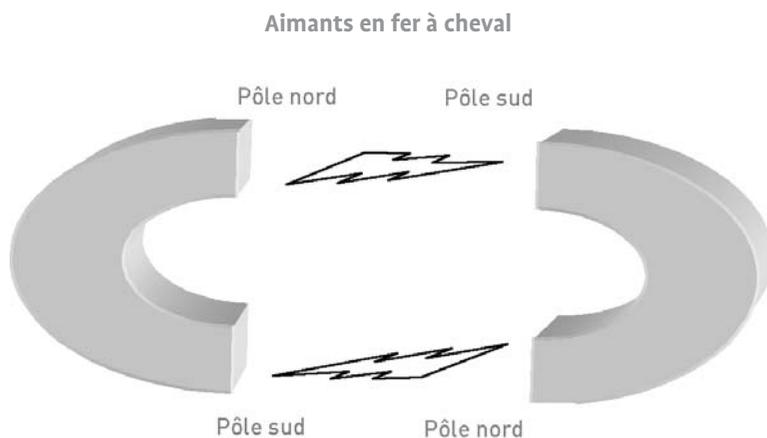
- A. On se retrouve avec le pôle nord dans une main et le pôle sud dans l'autre
- B. On obtient de petits aimants avec chacun un pôle sud et un pôle nord
- C. L'aimant perd ses propriétés magnétiques

Réponse

La réponse est B. Il est impossible de séparer le pôle nord du pôle sud d'un aimant. Lorsqu'on casse un aimant, chaque morceau a de nouveau un pôle nord et un pôle sud. En revanche, en électricité statique, on peut obtenir des objets chargés uniquement d'électricité positive ou d'électricité négative.

Un peu d'histoire

Le savant français **Pierre de Maricourt** (XIII^e siècle) fut l'un des premiers à étudier les étonnantes propriétés des aimants. Il est considéré comme le fondateur du magnétisme. Il fut surnommé « le Pèlerin » pour sa participation à une croisade en Terre Sainte. On raconte que sachant travailler les métaux, il créa un type d'armure pour les armées de Louis IX.



Deux pôles nord se repoussent, deux pôles sud se repoussent, un pôle nord attire un pôle sud, et vice versa.

Question 27. Atmosphère, atmosphère...

L'air qui nous entoure peut-il conduire l'électricité ?

- A. Oui, les orages nous le prouvent
- B. Non, les piles se déchargeraient très vite
- C. Cela dépend de la force de l'électricité

Réponse

La réponse est C. La frontière entre conducteur et isolant n'est pas nette. Tout dépend de la tension appliquée, c'est-à-dire de la « réserve » d'électricité qui peut s'écouler d'un point à un autre. L'air est isolant pour des petites tensions, comme celle des piles, des batteries de voitures, ou encore pour la tension de la prise de courant (230 V). Il existe une tension de claquage au-delà de laquelle l'air devient conducteur : elle est d'environ 20 000 V par centimètre, ce qui laisse de la marge ! Elle est largement atteinte lors d'un orage.

Un peu d'histoire

Le teinturier anglais **Stephen Gray** (1666-1736) s'aperçut qu'en reliant des objets électrisés entre eux par des fils de métal, l'électricité pouvait se déplacer : l'électricité dynamique était née. Au fil de ses expériences, il parvint à transporter l'électricité de plus en plus loin, atteignant même 250 mètres.

Attraction fatale

Les hommes de l'Antiquité connaissaient déjà l'électricité statique. Ils avaient remarqué que lorsque certains corps se frottent, ceux-ci produisent de l'électricité et attirent d'autres objets plus petits. On peut faire l'expérience avec une règle en plastique qui attire, à coup sûr, les petits bouts de papier.

Question 28. Témoin à charges

Pourquoi reçoit-on une décharge électrique lorsqu'on touche une voiture après en être descendu ?

- A. La carrosserie de la voiture est reliée à l'une des bornes de la batterie
- B. La carrosserie de la voiture s'est chargée d'électricité avec les frottements de l'air
- C. Nos vêtements se chargent électriquement sur les sièges de la voiture

Réponse

La réponse est B. Les charges négatives de la matière, les électrons*, sont attirées par les charges positives. Il suffit d'un frottement pour arracher des électrons à la carrosserie d'une voiture. Celle-ci devient chargée positivement. Elle profite de notre corps pour faire circuler un courant et redevenir à nouveau neutre : c'est le moment de la décharge électrique.

Un peu d'histoire

C'est le savant français **Charles du Fay**, intendant du Jardin des plantes, qui a découvert l'existence de deux types d'électricité, positive et négative. En 1733, Du Fay constate que l'on obtient deux électricités selon que l'on frotte un morceau de verre ou un morceau d'ambre. Il les nomme alors « électricité vitreuse » et « électricité résineuse », ce que l'on appellera plus tard le positif et le négatif.

L'électricité statique au quotidien

L'électricité statique est omniprésente dans la vie quotidienne. Il suffit que deux objets soient chargés négativement pour qu'ils se repoussent : les cheveux lorsqu'ils viennent d'être lavés sont difficiles à coiffer. Lorsque ces objets sont chargés avec des signes opposés alors ils s'attirent : les poils de mon bras sont attirés par l'écran de télévision, les vêtements qui sortent du sèche-linge sont collés les uns aux autres, etc.

Question 29. Coup de foudre à Paris

Vous êtes à Paris lors d'un orage. La meilleure protection consiste à :

- A. Monter au sommet de la tour Eiffel en levant les bras le plus haut possible ?
- B. Se mettre sous un arbre du Champ-de-Mars ?
- C. Rester dans sa voiture ?

Réponse

La réponse est C. Aucune onde électromagnétique ne peut pénétrer à travers une cage métallique. Les courants électriques engendrés par ces ondes circulent à l'extérieur de la cage sans jamais y pénétrer. Lors des orages, l'automobile est comme une cage de Faraday*. Il en va de même pour l'enveloppe métallique des ordinateurs.

Un peu d'histoire

Le 10 mai 1752, une expérience majeure dans l'histoire de la physique a eu lieu : c'est à Marly-la-Ville, à une quarantaine de km au nord de Paris, qu'on a pour la première fois testé le paratonnerre pour capter la foudre. Le physicien français **Dalibard** dressa une tige de fer d'une quinzaine de mètres dans un jardin, un jour d'orage. La foudre frappa la tige et des étincelles jaillirent, prouvant la nature électrique de la foudre, ce qui confirma la théorie de l'Américain **Benjamin Franklin** (1706-1790).

Question 30. Une boîte branchée

Parmi ces appareils fournissant de l'électricité, quel est l'intrus ?

- A. La pile
- B. La batterie
- C. La dynamo de vélo

Réponse

La réponse est C. La pile et la batterie fournissent une tension continue*, c'est-à-dire qu'il faut respecter le sens de branchement, le courant n'allant que dans un sens bien déterminé, du + vers le -. Avec la dynamo ou même la prise de courant, la tension est dite « alternative », c'est-à-dire que le courant change sans arrêt de sens. Le + et le - n'ont donc plus de tout de signification.

Un peu d'histoire

En 1800, l'Italien **Alessandro Volta** (1745-1827) met au point la première pile électrique en juxtaposant des disques de cuivre et de zinc séparés par des morceaux de tissu imprégné d'eau salée. Lorsqu'il présente sa géniale invention à l'Institut de France, en présence de Napoléon, ce dernier est tellement impressionné qu'il gratifie Volta de plusieurs distinctions et récompenses.

Les grenouilles de Monsieur Galvani

En 1785, l'Italien Galvani (1737-1798) constate qu'une patte de grenouille se contracte lorsqu'elle entre en contact avec deux métaux différents : il pense que la grenouille crée sa propre électricité. Son compatriote Alessandro Volta pense quant à lui que la patte de grenouille n'est que le conducteur entre les deux métaux qui sont les bornes de ce qui deviendra la pile. L'avenir donnera raison à Volta.

Question 31. Une géniale invention

Quel phénomène physique intervient dans les appareils suivants : gâchette électrique pour l'ouverture des portes, magnétophone, magnétoscope ?

- A. Un fil parcouru par un courant se comportant comme un aimant
- B. Un fil parcouru par un courant dégageant de la chaleur
- C. Un cristal de quartz comprimé produisant une étincelle

Réponse

La réponse est A. Il s'agit du principe de l'électro-aimant* : en enroulant le fil électrique autour d'un barreau de fer, celui-ci s'aimante momentanément. Il s'agit donc d'un aimant commandé.

Un peu d'histoire

Christian Oersted (1777-1851) était professeur à l'université de Copenhague. Un problème se posait aux navigateurs de l'époque : la foudre faisait perdre le nord à leurs boussoles. Oersted réfléchissait au problème lorsqu'un jour, il eut l'idée d'improviser une expérience devant ses élèves. La boussole qu'il approcha devant un fil électrique (parcouru par un courant) se mit à bouger. Il venait de prouver que les forces magnétiques et électriques sont intimement liées. Les élèves restèrent dubitatifs devant une telle expérience... Aujourd'hui, Oersted est considéré comme le fondateur de l'électromagnétisme*. L'électro-aimant fut inventé par les Français **François Arago** (1786-1853) et **André-Marie Ampère** (1775-1836).

Question 32. Cuit à petit feu

Les plaques à induction ne fonctionnent qu'avec un certain type de casseroles. Celles-ci sont en :

- A. Cuivre ?
- B. Fer ?
- C. Aluminium ?

Réponse

La réponse est B. Les plaques à induction* sont équipées d'électroaimants qui font circuler dans les casseroles des courants appelés « courants de Foucault* », dégageant la chaleur nécessaire. Seules les casseroles en fer permettent la circulation de tels courants. Ce procédé évite qu'on se brûle la peau au toucher de la plaque.

Un peu d'histoire

Le physicien britannique **Michael Faraday** (1791-1867) constate qu'en faisant bouger un aimant devant une bobine, du courant est produit dans cette dernière. Expérimentateur de génie, Faraday finira ses jours épuisé dans une maison mise à sa disposition par la Reine Victoria.

La roue tourne...

C'est ce même phénomène d'induction qui permet de produire de l'électricité sur un vélo grâce à une dynamo : le coup de pédale que l'on donne entraîne la roue, qui fait tourner des aimants à proximité d'une bobine et alimente ainsi en électricité le phare du vélo.

Question 33. Résiste !

À quel degré la tension électrique alternative est-elle dangereuse pour le corps humain ?

- A. 25 V
- B. 250 V
- C. 2500 V

Réponse

La réponse est A. Le corps humain offre une certaine résistance* au courant, sauf si celui-ci devient trop important. L'électrisation dépend de l'état d'humidité de la peau, de la morphologie de la personne et du temps de passage du courant. On parle d'électrocution quand il y a danger mortel.

Un peu d'histoire

En 1827, le physicien allemand **Georg Ohm** (1789-1854) découvre que la tension appliquée à un conducteur (c'est-à-dire la réserve d'électricité qu'on met à sa disposition), mesurée en volt, est proportionnelle à l'intensité* du courant qui traverse ce conducteur, mesurée en ampère. Il laissera son nom à l'unité de résistance dont le symbole est oméga (Ω). Mais Ohm ne connut pas le succès qu'il méritait de son vivant.

Pas de danger pour les oiseaux

Pour s'électrocuter, il faut toucher à la fois la terre et un fil électrique appelé « fil de phase* ». Les oiseaux posés sur les fils électriques, n'étant pas reliés à la terre, ne risquent donc rien.

Question 34. La colère de Zeus

Quelle est l'intensité du courant lors d'un éclair ?

- A. Environ 5 ampères
- B. Environ 500 ampères
- C. Environ 50 000 ampères

Réponse

La réponse est C. L'intensité du courant est la quantité de charges électriques qui circulent par seconde dans un conducteur. Pour un éclair, des charges négatives s'accumulent à la base du nuage pendant que des charges positives s'accumulent au niveau du sol. Un arc électrique pré-curseur « prépare » l'atmosphère et permet la remontée d'un courant électrique très puissant : c'est l'éclair.

Un peu d'histoire

L'ampère est l'une des sept unités de base utilisées en physique, avec, entre autres, le mètre, la seconde et le kilogramme. On doit à **André-Marie Ampère** (1775-1836) une théorie très complète de l'électricité en mouvement. Il inventa le mot « courant » et définit l'intensité comme la quantité de charges électriques qui traversent un fil pendant une seconde.



André-Marie Ampère

Question 35. Ça chauffe !

Un radiateur électrique chauffe quand il est parcouru par un courant. Comment s'appelle ce phénomène ?

- A. L'effet Hamilton
- B. L'effet Watt
- C. L'effet Joule

Réponse

La réponse est C. L'effet Joule* correspond à l'échauffement de la matière lorsqu'un courant électrique y circule. Les électrons, responsables du courant électrique, entrent en collision avec les atomes constituant la matière. Ce sont ces collisions qui sont à l'origine du dégagement de chaleur.

Un peu d'histoire

À ses heures perdues, dans les caves de la brasserie qu'il dirige, le physicien anglais **James Joule** (1818-1889) utilise ses connaissances de la fabrication de la bière pour mener à bien des expériences de physique sur la chaleur. En chauffant l'eau par frottement à l'aide d'un agitateur, la température de celle-ci augmente. De ses expériences naîtra la définition de la calorie*.

L'effet Joule

L'effet Joule est omniprésent dans notre vie quotidienne : radiateur, four, grille-pain... Dans certains cas, cet effet est malheureusement indésirable et nécessite l'utilisation de ventilateurs pour abaisser la température. C'est le cas des ordinateurs ou des amplis.

Question 36. Sur la même longueur d'onde

Que signifie « 100 mégahertz » en bande FM sur un poste de radio ?

- A. L'onde qui voyage dans l'air oscille 100 millions de fois par seconde
- B. L'onde se déplace à 100 millions de mètres par seconde
- C. Cela n'a aucune signification physique, il s'agit simplement d'un repère

Réponse

La réponse est A. L'onde radio appartient à la grande famille des ondes électromagnétiques, dont la lumière fait partie. Elles se différencient toutes par leur fréquence*. Ainsi, dans les « basses » fréquences, on trouve les micro-ondes, les ondes radio et l'infrarouge. Dans les « hautes » fréquences, on trouve les rayons X* et les rayons gamma*.

Un peu d'histoire

Le physicien allemand **Heinrich Hertz** (1857-1894) s'enferme dans son université de Karlsruhe au printemps 1888 et parvient avec l'aide d'un assistant à produire une étincelle aux bornes d'une bobine. Il est surpris de recueillir à l'autre bout de la pièce, sur un bout de fil circulaire, l'onde électromagnétique issue de l'étincelle. Il y a, comme en radio, un émetteur (l'oscillateur) et un récepteur (le résonateur).

Des premières ondes radio au téléphone portable...

En 1899, l'Italien Guglielmo Marconi réalise la première liaison radio entre la France et l'Angleterre sur une cinquantaine de kilomètres. En 1900, le Canadien Reginald Fessenden invente le radiotéléphone. Durant tout le XX^e siècle, les communications vont connaître un développement considérable. Dans les années 1950-1960, on envisage les télécommunications par satellite. En 1962, le satellite Telstar, qui a pour mission d'assurer la liaison des réseaux de télévision et de téléphonie entre les États-Unis et l'Europe, est lancé depuis Cap Canaveral : l'ère des liaisons téléphoniques intercontinentales est ouverte. En 1993, la France ouvre les premiers réseaux de radiotéléphonie.

Question 37. Temps de cuisson

Quel est le point commun entre le fonctionnement d'un allume-gaz et celui d'une montre à quartz ?

- A. Le phénomène de piézoélectricité
- B. La production d'une étincelle à partir d'un aimant
- C. La production de chaleur à partir d'un aimant

Réponse

La réponse est A. Lorsqu'on exerce une pression sur un cristal, celui-ci produit de l'électricité. Dans un cristal, les charges électriques sont immobiles ; le déplacement, même très faible, de ces charges suffit à créer un courant électrique. De plus, le cristal comprimé vibre à une certaine fréquence ; c'est grâce à ce phénomène que l'on peut fabriquer les montres à quartz. L'effet contraire existe également : on peut déformer un objet sous l'action d'un courant. On utilise alors ce phénomène pour les microscopes de précision.

Un peu d'histoire

En 1880, le physicien français **Pierre Curie** (1859-1906) et son frère **Jacques** s'intéressent à la structure des cristaux. C'est ensemble qu'ils découvrent le phénomène de piézoélectricité. Pierre Curie s'intéressera par la suite à la radioactivité avec son épouse Marie. Les objets utilisant la piézoélectricité ne verront le jour qu'au vingtième siècle (montres à quartz, imprimantes, etc.).



Pierre Curie

Question 38. J'ai besoin de vos lumières

Le filament à l'intérieur des lampes à incandescence est constitué de quel métal ?

- A. Fer
- B. Cuivre
- C. Tungstène

Réponse

La réponse est C. En chauffant, le métal tungstène émet un peu de lumière (5 %) et beaucoup de chaleur (95 %) ! L'ampoule est remplie d'un gaz inerte comme l'argon, empêchant la combustion instantanée du filament dans l'air. Les lampes halogènes sont remplies d'un gaz appartenant à la famille chimique des halogènes comme l'iode.

Un peu d'histoire

L'Américain **Thomas Edison** proposa de faire le vide dans les ampoules pour ralentir la fusion du filament qui à la fin du XIX^e siècle était en carbone. On attribue à Thomas Edison au moins un millier de brevets : un télégraphe permettant sur un même câble de transporter deux informations, une machine automatique à voter, le kinétoscope (l'ancêtre du cinéma), etc. La lampe à incandescence remporta un succès considérable à l'Exposition internationale d'électricité de 1881 à Paris.

Edison trop populaire

En France, la popularité d'Edison et le mystère entourant ses inventions devinrent tels qu'une rumeur circula sur sa participation à une machine de guerre commanditée par l'Allemagne. Il dut démentir : « Je serais certainement la dernière personne au monde qui voulût prêter le moindre secours aux ennemis de la République française. »

Question 39. Une idée lumineuse

Un panneau solaire d'un mètre carré permet d'alimenter en électricité :

- A. Trois lampes de chevet ?
- B. Un fer à repasser ?
- C. Un four ?

Réponse

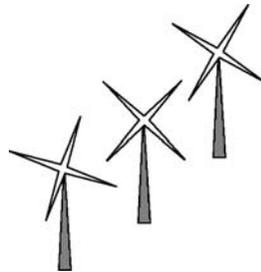
La réponse est A. Certains matériaux émettent des électrons lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Les panneaux solaires utilisent l'effet photoélectrique* pour produire de l'électricité à partir de la lumière du Soleil.

Un peu d'histoire

Le physicien allemand **Heinrich Hertz**, l'inventeur des premières ondes radio, découvre l'effet photoélectrique en 1887. Ce n'est que quelques années plus tard qu'**Albert Einstein** parvint à expliquer ce phénomène.

L'électricité c'est du vent !

Depuis quelques années, les éoliennes se développent. Elles sont utilisables quand le vent atteint la vitesse de 20km/h. Une éolienne de petit diamètre (environ 5 m) est capable de fournir une puissance de 15 000 W, c'est-à-dire l'alimentation d'environ deux maisons en hiver. Certaines grandes éoliennes (environ 75 m) peuvent fournir une puissance de 3 000 000 W.



Question 40. Très grande vitesse

Pourquoi le train *Maglev* construit au Japon atteint-il des vitesses supérieures à 500 km/h ?

- A. Il est propulsé par un réacteur de fusée
- B. Il lévite grâce à un champ magnétique
- C. Il glisse sur un bain de mercure

Réponse

La réponse est B. La supraconductivité permet de faire circuler des courants électriques très importants, les matériaux devenant très peu résistants au passage du courant électrique. Ces forts courants électriques créent ainsi des champs magnétiques capables de soutenir le train.

Un peu d'histoire

Découverte en 1911 par le physicien néerlandais **Heike Kamerlingh Onnes** (1853-1926), la supraconductivité se produit à des températures voisines de $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qu'on appelle le zéro absolu. L'objectif des recherches actuelles est de trouver des matériaux qui deviennent supraconducteurs* à des températures plus élevées.

Question 41. La tension : danger !

Les 230 volts de la prise de courant sont considérés comme :

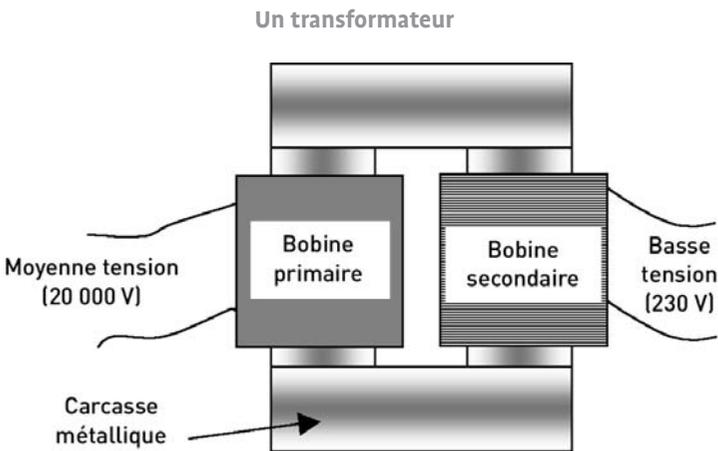
- A. De la haute tension ?
- B. De la moyenne tension ?
- C. De la basse tension ?

Réponse

La réponse est C. Malgré le danger de la prise de courant, il s'agit d'une basse tension. Les lignes de très haute tension que l'on aperçoit dans les champs et qui s'étendent sur des kilomètres atteignent une valeur de 400 000 V ; des transformateurs permettent ensuite d'abaisser la tension pour qu'elle soit utilisée dans les foyers.

Un peu d'histoire

Un transformateur fonctionne grâce à deux principes physiques : la production d'un champ magnétique par un courant et l'induction*. La production d'un champ magnétique par un courant fut découverte par le physicien danois **Oersted**. Quant au phénomène d'induction, il fut découvert par l'Anglais **Faraday**. En 1907, le physicien français **Pierre Weiss** (1865-1940) expliqua la théorie du ferromagnétisme. Le fer possède la propriété très intéressante de s'aimanter facilement, ce qui est utile dans un transformateur.



Question 42. Les Français parlent aux Français

Pour tout le monde, le transistor est un poste de radio. C'est aussi le nom d'un composant électronique qui sert à :

- A. Amplifier un courant électrique ?
- B. Transformer les ondes radio en ondes sonores ?
- C. Diminuer le bruit de fond ?

Réponse

La réponse est A. Le transistor* est devenu le composant indispensable dans tous les circuits électroniques. Il sert d'amplificateur, peut commander le passage d'un courant ou encore stabiliser une tension. Dans le microprocesseur* d'un ordinateur actuel, on trouve l'équivalent de plusieurs dizaines de millions de transistors.

Un peu d'histoire

Dans les années 1920, les physiciens étudient les propriétés des solides ayant une conductibilité électrique intermédiaire entre un métal et un isolant : ce sont les semi-conducteurs. En 1947, les Américains **John Bardeen**, **Walter Brattain** et **William Shockley** inventent le transistor. De petite taille, il remplace très vite dans les circuits le tube électronique à vide qui était encombrant, qui dégageait beaucoup de chaleur et qui avait une durée de vie limitée. La miniaturisation donne naissance à l'électronique.

Question 43. Et l'électricité fut...

Comment est produite l'électricité dans une centrale électrique nucléaire ?

- A. La chaleur dégagée par une réaction fait tourner des aimants devant une bobine
- B. La fission d'un atome d'uranium émet des électrons, lesquels sont récupérés dans des fils pour faire du courant
- C. La fission du plutonium émet des éclairs qui sont récupérés dans de grands réservoirs de stockage

Réponse

La réponse est A. Les centrales électriques fonctionnent toutes sur le même principe : des aimants tournant devant une bobine créent un courant électrique. C'est le phénomène d'induction*. Dans les centrales hydrauliques, une chute d'eau fait tourner la turbine alors que dans les centrales thermiques (charbon, nucléaire), c'est la chaleur dégagée par le combustible qui provoque le mouvement.

Un peu d'histoire

Le physicien italien **Enrico Fermi** (1901-1954) émigre aux États-Unis en 1939. Le 2 décembre 1942, il met au point la première réaction de fission en chaîne qui donne naissance au premier réacteur nucléaire fournissant de l'électricité. Fermi participa également au projet Manhattan pour la construction de la bombe atomique. Il reçut le prix Nobel en 1938 pour ses travaux en physique nucléaire.

Un terrible accident

26 avril 1986 : dans la ville de Tchernobyl en Ukraine, le cœur de la centrale nucléaire explose à cause d'une augmentation très importante de la température. La dalle de béton de mille tonnes recouvrant le réacteur est projetée en l'air par la force de l'explosion et un incendie se déclare. L'accident a libéré dans l'atmosphère une importante quantité de produits radioactifs, contaminant ainsi une grande partie de l'Europe.

Question 44. Demandez le programme !

Les images qui se forment sur l'écran de télévision sont en réalité une succession de photographies. Combien d'images défilent sous nos yeux par seconde ?

- A. 50
- B. 500
- C. 5000

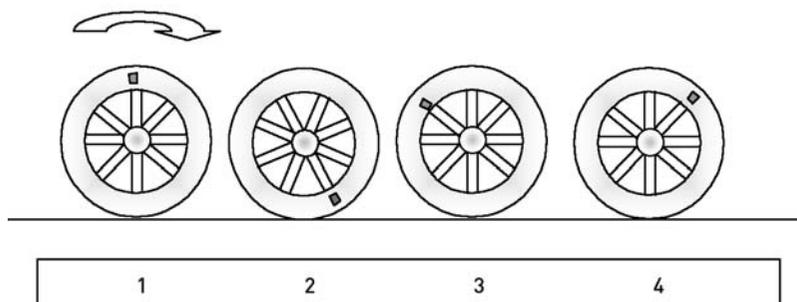
Réponse

La réponse est A. Des électrons sont bombardés sur l'écran de télévision pour former 50 images par seconde. Ce rythme est suffisamment rapide pour que notre cerveau voie une image en continu grâce à la persistance rétinienne.

Un peu d'histoire

Les rayons cathodiques* ont été découverts en 1850 par l'Allemand **Geissler**. Le physicien français **Jean Perrin** (1870-1942) montre qu'il s'agit d'un jet d'électrons qui peut être dévié par un champ électrique ou un champ magnétique. C'est le phénomène utilisé pour la formation des images sur l'écran d'un téléviseur. Jean Perrin est à l'origine du Palais de la Découverte à Paris et du CNRS.

Des roues qui tournent à l'envers !



L'effet stroboscopique est un effet bien connu au cinéma. Il suffit que la caméra, qui prend une succession de photos, capture sur la pellicule les positions n°1 et n°3 de la roue ci-dessus pour donner au spectateur l'impression que la roue tourne à l'envers.

Chapitre 3

Mécanique

Question 45. Régime élémentaire

Quand on monte sur une balance, on mesure :

- A. Sa masse ?
- B. Son poids ?
- C. Les deux, car la masse et le poids représentent la même chose ?

Réponse

La réponse est A. On confond souvent les deux par abus de langage. En fait, le poids est la force qu'exerce la Terre sur nous, autrement dit, la gravité. Elle se mesure en newton. La masse est notre quantité de matière et s'exprime en kilogramme. Si on fait 50 kg sur la Terre, on fera 50 kg sur la Lune. En revanche, notre poids sera moins important sur la Lune car nous sommes moins attirés par la force de gravité : les astronautes ne sautillent-ils pas sur notre satellite ? Notre balance mesure donc une masse, exprimée en kilogramme, et non un poids.

Un peu d'histoire

« Donnez-moi un point d'appui, je soulèverai le monde. » C'est au III^e siècle avant J.-C. qu'**Archimède** exposa sa théorie du levier. Elle sera à l'origine de la balance dite « romaine », où les deux bras du fléau (élément qui supporte les plateaux de la balance) n'ont pas la même longueur. D'un côté, on a un contrepoids, de l'autre, l'objet à peser : le poids de l'objet à peser est proportionnel à la distance du contrepoids.

Question 46. Ça tombe bien

Une pierre lâchée du haut du mât d'un bateau qui avance régulièrement sur une mer calme tombe :

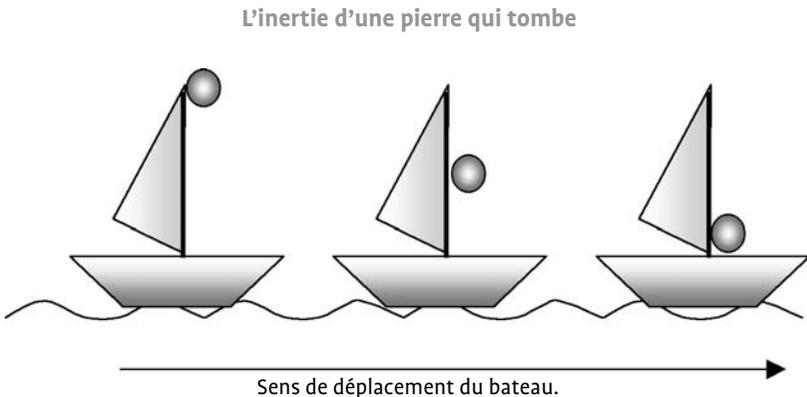
- A. Au pied du mât ?
- B. À l'avant du bateau ?
- C. À l'arrière du bateau ?

Réponse

La réponse est A. En tombant, la pierre continue à avancer à la même vitesse que le bateau. Elle tombe donc au pied du mât. On dit que le bateau est un référentiel* galiléen puisqu'il se déplace à vitesse constante.

Un peu d'histoire

C'est le physicien **Galilée** qui énonça la loi d'inertie : un objet, s'il n'est soumis à aucune force, est soit immobile, soit en mouvement rectiligne uniforme. Le mouvement rectiligne uniforme est très important en physique car il a contribué à la définition des référentiels* galiléens.



Question 47. Tonnerre de Brest !

Lors d'un orage, si vous comptez jusqu'à 2 entre l'éclair et le tonnerre. La foudre est tombée à :

- A. 68 mètres ?
- B. 680 mètres ?
- C. 6800 mètres ?

Réponse

La réponse est B. Le son parcourt 340 mètres en une seconde dans l'air. Dans l'eau, la vitesse du son est d'environ 1500 mètres par seconde. La vitesse du son varie avec la température : plus il fait chaud, plus le son est rapide.

Un peu d'histoire

En 1636, le père **Marin Mersenne** (1588-1648) utilisa un canon pour mesurer la vitesse du son. Connaissant la distance le séparant du canon et le temps mis par le son pour arriver jusqu'à lui, il en déduit une valeur de plus de 450 m/s, supérieure à la valeur actuelle de 340 m/s. En 1738, les scientifiques de l'Académie des sciences effectuent une autre mesure : la nuit, entre la butte Montmartre et l'Observatoire de Paris, des coups de canon sont tirés ; ils déterminent alors la vitesse du son à environ 330 m/s.

En attendant bébé

L'échographie consiste à envoyer des ultrasons, c'est-à-dire des sons inaudibles pour l'oreille humaine. Les ultrasons « rebondissent » sur les organes du patient. La durée qui s'écoule entre l'envoi et la réception du signal après écho renseigne sur les dimensions et permet de reconstituer une image par effet Doppler.

Question 48. Baisse de pression

Parmi ces unités, laquelle ne fait pas référence à la mesure de la pression atmosphérique ?

- A. Le torr
- B. Le grade
- C. Le centimètre de mercure

Réponse

La réponse est B. Le torr est une unité ancienne de pression. L'unité officielle de pression atmosphérique est le pascal (Pa), du physicien et philosophe **Blaise Pascal** (XVII^e siècle). Une pression dite « normale » est égale à 760 millimètres de mercure, 1013 hectopascals ou encore 1013 millibars.

Un peu d'histoire

En 1644, **Evangelista Torricelli** (1608-1647) a l'idée de retourner un tube de mercure sur une cuve remplie elle-même de mercure : le baromètre est né. Torricelli reprend ici une idée de son maître Galilée, dont il fut l'assistant dans les derniers mois de sa vie.

Sale temps pour les grenouilles

Le premier thermomètre à alcool fut inventé par le Français René-Antoine de Réaumur (1683-1757) en 1730. L'anémomètre qui mesure la vitesse du vent fut inventé par l'Anglais Robert Hooke en 1664. La girouette qui indique la direction du vent remonte à l'Antiquité. Quant à l'hygromètre, mesurant l'humidité de l'air, il fut perfectionné par le Suisse Horace de Saussure (1740-1799).

Question 49. Baille, Baille

Dans un avion, pourquoi doit-on bailler lorsqu'on monte en altitude ?

- A. Pour inspirer plus d'air et augmenter l'oxygénation du cerveau
- B. Pour rétablir l'équilibre de la pression au niveau des tympans
- C. Pour les deux raisons précédentes

Réponse

La réponse est B. Plus on monte en altitude, plus l'air se raréfie et plus la pression atmosphérique diminue. En baillant, on rétablit l'équilibre du tympan qui se trouve déformé par les changements de pression. Quand on va sous l'eau, la pression de l'eau appuie tellement sur les tympans que l'on est obligé de décompresser, c'est-à-dire d'envoyer de l'air vers les tympans en soufflant dans son nez... bouché !

Un peu d'histoire

Le 19 septembre 1648, **Blaise Pascal** (1623-1662) fait réaliser une expérience : son beau-frère, **Florin Périer**, accompagné de témoins, gravit la pente du Puy-de-Dôme avec un fragile baromètre, invention récente venue d'Italie. Périer prend des mesures en haut de la montagne puis en bas. Il montre ainsi que la pression atmosphérique diminue lorsqu'on monte en altitude. Pascal réalisera la même expérience du haut de la tour Saint-Jacques-de-la-Boucherie à Paris. Il a laissé son nom à l'unité officielle de la pression. On utilise aussi couramment le bar (1 millibar = 1 hectopascal). Pascal a aussi inventé la pascaline (il n'avait alors que 19 ans !), machine à calculer mécanique capable de faire des additions et des soustractions. Un exemplaire est conservé au musée des Arts et Métiers à Paris.

Question 50. Des pieuvres attachantes

Si on plaque une ventouse contre un mur, comment tient-elle sans tomber ?

- A. La compression de l'air crée un échauffement qui rend le plastique adhérent
- B. Grâce à une différence de pression
- C. Grâce à l'électricité statique

Réponse

La réponse est B. Comme de l'air s'échappe au moment d'appuyer la ventouse, cette dernière tient grâce à une différence de pression. La pression de l'air à l'extérieur est plus importante que celle de l'air enfermé à l'intérieur de la ventouse. La pression atmosphérique est omniprésente dans la vie quotidienne. Elle explique la difficulté à ouvrir un pot (en verre) de confiture, mais aussi pourquoi le liquide d'une ampoule reste à l'intérieur de celle-ci lorsque nous ne cassons qu'une seule de ses extrémités.

Un peu d'histoire

Le physicien allemand **Otto von Guericke** réalisa en 1654 une très célèbre expérience : les hémisphères de Magdeburg. Il inventa le premier modèle de pompe à air. Il s'en servit pour faire le vide entre deux hémisphères de laiton de 80 cm de diamètre. Deux attelages de huit chevaux chacun tirant dans des directions opposées ne purent jamais séparer les deux hémisphères, démontrant ainsi l'importance de la pression atmosphérique.

Question 51. Proches des Immortels

Quand fut créée l'Académie des sciences en France ?

- A. 1466
- B. 1666
- C. 1866

Question

La bonne réponse est B. Elle fut fondée par Colbert, ministre de Louis XIV. Depuis 1816, elle appartient à l'Institut de France aux côtés de l'Académie française. Ses principales actions consistent à diffuser les connaissances scientifiques et accélérer les recherches.

Un peu d'histoire

La plus ancienne Académie des sciences en Europe est celle de Londres : la Royal Society. Elle fut fondée par quelques savants, dont **Christopher Wren**, architecte de la cathédrale Saint-Paul à Londres. Au XX^e siècle, le physicien **Ernest Rutherford**, qui mit en évidence l'existence du noyau atomique, en fut président. Actuellement, la Royal Society compte plus de 1200 membres.

La main à la pâte

L'Académie des sciences soutient, depuis une dizaine d'années, le projet « la main à la pâte » proposé par le physicien Georges Charpak. Ce projet vise à rénover l'enseignement de la physique à l'école primaire. Les enfants émettent des hypothèses sur des phénomènes physiques et vérifient leurs hypothèses par des expériences simples.

Question 52. Ça tourne, action !

Comment s'appelle la force qui nous plaque contre la portière gauche quand notre voiture tourne à droite ?

- A. La force centripète
- B. La force de Coriolis
- C. La force centrifuge

Réponse

La réponse est C. La force centrifuge est la force que l'on ressent sur un manège, lorsqu'on a l'impression d'être « attiré » vers l'extérieur de celui-ci. En fait, notre corps a tendance à aller tout droit, mais à tout moment, le manège nous « force » à tourner. La Terre, lorsqu'elle tourne sur elle-même, subit aussi une force centrifuge : sa forme aplatie aux pôles en témoigne.

Un peu d'histoire

Le renflement de la Terre au niveau de l'équateur fut mis en évidence peu de temps après la découverte de la force centrifuge et vint confirmer les théories du physicien néerlandais **Christiaan Huygens** (1629-1695) sur les effets de cette force sur la Terre.

De l'eau dans un seau

À la plage, mettez de l'eau dans un seau et faites-le tourner autour de vous comme une grande roue : l'eau ne tombe pas ! Elle est attirée vers l'extérieur, donc vers le fond du seau grâce à la force centrifuge.

Question 53. On croit à la Lune

Pourquoi la Lune ne tombe-t-elle pas sur la Terre ?

- A. Elle est trop grosse pour se déplacer ?
- B. La Terre n'exerce pas une force suffisante ?
- C. Elle se déplace suffisamment vite sur son orbite pour ne pas succomber à l'attraction de la Terre ?

Réponse

La réponse est C. La Lune subit de la part de la Terre une force gigantesque. Mais comme elle va très vite depuis sa formation (il y a cinq milliards d'années) la gravité exercée par la Terre ne fait que courber sa trajectoire sans l'attirer vers elle.

Un peu d'histoire

En 1687, **Isaac Newton** (1643-1727) expose dans son ouvrage « *Principes mathématiques de philosophie naturelle* » la théorie de la gravitation* universelle : tous les corps s'attirent avec une force qui est inversement proportionnelle au carré de la distance qui les séparent.



Isaac Newton

Question 54. Embarquement immédiat !

Pourquoi l'avion vole-t-il ?

- A. Il est plus léger que l'air
- B. Les réacteurs chauffent l'atmosphère et l'air chaud le fait monter
- C. L'écoulement de l'air au-dessus des ailes crée une aspiration

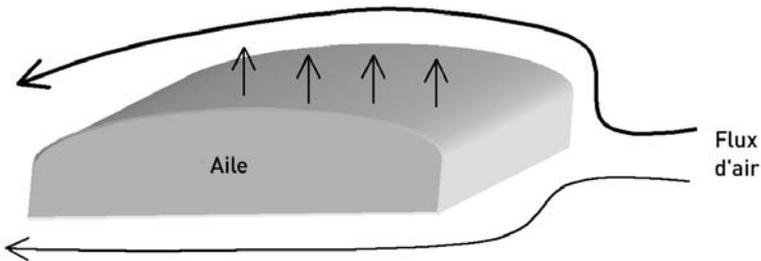
Réponse

La réponse est C. Lorsqu'un avion avance, l'air qui s'écoule au-dessus de l'aile va plus vite que l'air qui s'écoule en dessous. Ce phénomène est dû à la forme bien particulière de l'aile, qui est bombée dans sa partie supérieure. La loi de Bernoulli en physique dit qu'un liquide qui s'écoule vite crée une baisse de pression en son voisinage.

Un peu d'histoire

Utilisé en aéronautique pour mesurer la vitesse de l'écoulement de l'air sur une aile, le tube de Pitot fut inventé par le physicien **Henri Pitot** (1695-1771). Également ingénieur, il participa aux travaux d'élargissement du pont du Gard et dirigea avec **Pierre-Paul Riquet** la construction du canal du Midi.

La trajectoire de l'air autour d'une aile d'avion



Le flux d'air est plus rapide dans la partie supérieure que dans la partie inférieure de l'aile. Il se crée alors une aspiration.

Question 55. Eau en stock

Un ami souhaite construire une réserve d'eau. L'épaisseur des murs qu'il doit fabriquer dépend :

- A. Du volume d'eau ?
- B. De la profondeur de l'eau ?
- C. Des deux à la fois ?

Réponse

La réponse est B. La pression la plus grande est celle qui s'exerce au fond de l'eau. Cette force de pression dépend de la hauteur du liquide et de sa densité. En théorie, les murs devraient donc être plus épais dans leur partie inférieure. La pression est une force par unité de surface. Si un éléphant se couche sur un lac gelé, il ne fera pas craquer la glace parce que son poids est réparti sur une grande surface. En revanche, s'il fait une pointe telle une danseuse, il risquera de passer au travers.

Un peu d'histoire

Au XVII^e siècle, l'Anglais **Isaac Newton** exposait sa théorie de la gravitation. L'unité de la force lui rend hommage. La légende raconte que Newton aurait reçu une pomme sur la tête, lui donnant ainsi l'idée de la gravité. En fait, cette légende sert à illustrer le fait que la gravité attire aussi bien des objets légers comme la pomme que des astres lourds comme la Lune.

La force en question

Une force est une interaction entre deux objets. Par exemple, lorsqu'une raquette de tennis frappe une balle, elle exerce une force sur celle-ci d'environ 1000 newtons. Si une personne pèse 50 kg, elle sera attirée par la Terre avec une force d'environ 500 newtons ; si une personne fait 100 kg, elle sera attirée par une force de 1000 newtons, et ainsi de suite...

Question 56. Ligne de conduite

Le chemin le plus court d'un point à un autre est :

- A. Toujours la ligne droite ?
- B. Une trajectoire courbée ?
- C. Cela dépend de la topographie du lieu ?

Réponse

La réponse est C. Plus court signifie ici plus rapide. Il suffit d'imaginer un boulet de canon tiré à la surface de la Terre. Sa trajectoire n'est pas droite, elle est légèrement courbée en suivant la rotondité de la Terre. Et pourtant, c'est la trajectoire la plus rapide ! Lorsqu'un objet se déplace, il suit la trajectoire qui minimise sa dépense d'énergie : il s'agit du principe de moindre action ou principe de Maupertuis.

Un peu d'histoire

Elu membre de la Royal Society à Londres, **Pierre de Maupertuis** (1698-1759) diffusa les idées de Newton à son retour en France. Il organisa notamment une expédition en Laponie pour mesurer la longueur d'un arc du méridien, confirmant ainsi une idée de Newton : l'aplatissement de la Terre au niveau des pôles. Il fut également biologiste et linguiste. Elu à l'Académie royale de Prusse par Frédéric II pendant 15 ans, il s'attira la jalousie de Voltaire.

Question 57. Lieu de tournage

En combien de temps la Terre tourne sur elle-même ?

- A. 24 heures
- B. Un peu plus de 24 heures
- C. Un peu moins de 24 heures

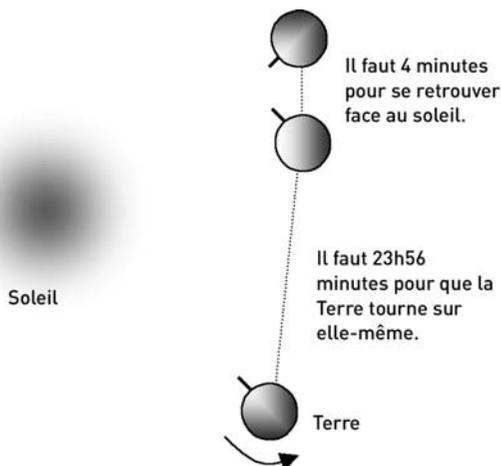
Réponse

La réponse est C. La Terre tourne sur elle-même en exactement 23 heures, 56 minutes et 4 secondes. Mais alors pourquoi les journées font-elles 24 h ? En fait, 24 heures est la durée pour que le Soleil se retrouve dans la même position le lendemain. Ce décalage d'environ 4 minutes est dû aux mouvements combinés de la Terre sur elle-même et autour du Soleil. Elle doit tourner un peu plus sur elle-même pour se retrouver face au Soleil.

Un peu d'histoire

En mars 1851, les Parisiens assistent à l'expérience du pendule de Foucault sous la coupole du Panthéon. Sur Terre, ils voient le pendule osciller et changer très lentement de direction. Or, s'ils étaient dans l'espace, ils se rendraient compte que le pendule ne fait qu'osciller : c'est donc que la Terre tourne autour de lui.

Rotation et révolution de la Terre



Question 58. À bicyclette

En vélo, arrivé à une certaine vitesse, pour quelle raison peut-on lâcher les mains du guidon sans tomber ?

- A. Les mouvements du corps corrigent la direction
- B. La roue tourne suffisamment vite pour garder le vélo dans le plan vertical
- C. Pour les deux raisons précédentes

Réponse

La réponse est C. Il s'agit de l'effet gyroscopique. Lorsqu'un objet tourne suffisamment vite sur lui-même, son axe de rotation devient très stable et tend à résister à tous les changements de direction que l'on voudrait lui imposer. Ainsi, une toupie est un gyroscope : tant qu'elle tourne, elle ne tombe pas. La Terre se comporte elle-même comme un gyroscope en tournant autour de l'axe de ses pôles.

Un peu d'histoire

En 1852, le physicien français **Léon Foucault** (1819-1868) présente un appareil capable de tourner suffisamment vite (environ 150 tours par seconde) pendant une dizaine de minutes. Il invente ainsi le gyroscope*.

Les effets de la vitesse

Les compas gyroscopiques installés dans les avions ont remplacé les boussoles traditionnelles. Il s'agit d'un disque tournant très rapidement sur lui-même orienté pour indiquer le pôle nord géographique. Grâce à l'effet gyroscopique, il pourra conserver la direction du nord pendant tout le voyage, malgré les mouvements de l'avion.

Question 59. Pris de vitesse

Les avions de chasse vont parfois très vite. Que signifie l'expression « aller à mach 2 » ?

- A. Deux fois la vitesse de la lumière
- B. Deux fois la vitesse du son
- C. 2000 km/s

Réponse

La réponse est B. Le nombre de mach correspond au rapport de la vitesse d'un objet sur la vitesse du son dans les mêmes conditions. Dans l'air, à la température habituelle, la vitesse du son vaut environ 340 m/s, c'est-à-dire environ 1200 km/h. Mach 2 signifie donc environ 2400 km/h.

Un peu d'histoire

Le physicien autrichien **Ernst Mach** (1838-1916) laissa son nom au « mach » utilisé pour comparer la vitesse des avions par rapport à la vitesse du son. Le 14 octobre 1947, Le pilote américain **Chuck Yeager** est le premier à avoir franchi le mur du son : il a dépassé la vitesse du son. Le premier vol commercial de l'avion supersonique *Concorde* à mach 2 eut lieu le 21 janvier 1976.

Question 60. Pin, pon

Pourquoi le son d'une ambulance est-il modifié lorsqu'elle passe près de nous ?

- A. La source qui émet les fréquences sonores se déplace
- B. Plus un son est fort, plus il devient aigu
- C. Plus un son est fort, plus il devient grave

Réponse

La réponse est A. Lorsqu'une source sonore arrive vers un observateur, la fréquence sonore augmente, c'est-à-dire que le son devient plus aigu. Cet effet Doppler se manifeste également en astronomie pour les ondes lumineuses. Lorsqu'une étoile s'éloigne, elle nous semble plus rouge. Cela permet d'estimer les vitesses de fuite des galaxies. L'effet Doppler est également utilisé en imagerie médicale : il informe sur le débit du sang dans les artères.

Un peu d'histoire

On raconte que le physicien autrichien **Doppler** (1803-1853) fit jouer des trompettistes sur un train pour démontrer le phénomène physique qui portera son nom : lorsque le train se déplace, le son devient plus aigu ou plus grave, selon le déplacement du train ; lorsque celui-ci se rapproche, le son paraît plus aigu.

L'effet Doppler et les radars routiers

Les radars routiers ou « cinémomètres » utilisent l'effet Doppler dans le domaine des micro-ondes. La différence de fréquence entre l'onde émise par le radar et l'onde reçue après réflexion sur la voiture renseigne sur la vitesse de cette dernière. L'angle formé entre la direction de la voiture et l'axe de l'onde est également pris en compte.

Question 61. Se la couler douce

Classez du plus visqueux au moins visqueux les liquides suivants :

- A. Eau, huile d'olive, miel
- B. Miel, huile d'olive, eau
- C. Huile d'olive, miel, eau

Réponse

La réponse est B. La viscosité est la tendance d'un liquide à s'écouler. Elle s'exprime en Poiseuille (Pl). Ainsi, l'eau a une viscosité de 0,001 Pl, le miel de 10 Pl et l'huile d'olive de 0,1 Pl.

Un peu d'histoire

Depuis des siècles, plusieurs physiciens se sont intéressés à l'écoulement des liquides. Les liquides non visqueux furent étudiés par le génial mathématicien suisse **Leonhard Euler** (1707-1783), puis par son compatriote **Daniel Bernoulli** (1700-1782). Les fluides visqueux furent étudiés par le médecin et physicien français **Jean-Louis Poiseuille**, qui énonça une loi sur l'écoulement des fluides visqueux dans les tuyaux cylindriques. En tant que médecin, il appliqua cette théorie à la circulation du sang. Poiseuille a laissé son nom à une loi d'hydrodynamique* : le débit d'un fluide visqueux dépend du diamètre du tuyau dans lequel il circule.

Question 62. Eurêka !

Dans l'hémisphère Nord, l'eau qui s'écoule au fond des baignoires tourne :

- A. Toujours dans le sens contraire des aiguilles d'une montre ?
- B. Toujours dans le sens des aiguilles d'une montre ?
- C. On ne peut pas prévoir

Réponse

La réponse est C. La force de Coriolis* explique la déviation des vents et des courants marins. Lors d'une dépression, les vents tendent à s'enrouler dans le sens contraire des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord, comme le montrent les cartes météorologiques. On a longtemps cru, à tort, que la force de Coriolis était responsable des tourbillons qui se forment dans les baignoires au moment de les vider. En fait, cette force n'a d'effet qu'à grande échelle. Dans une baignoire, le sens du tourbillon est aléatoire.

Un peu d'histoire

En 1835, le physicien français **Gaspard Coriolis** (1792-1843) met en évidence la force qui portera son nom. Cette force explique la déviation vers l'est ou l'ouest de tout corps qui tombe en chute libre vers la Terre.

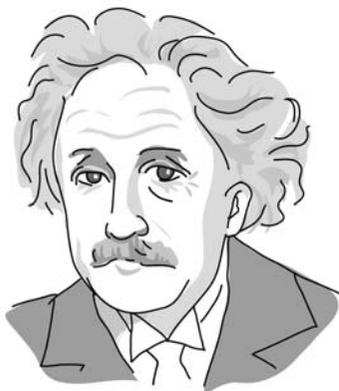
Question 63. Au nom de la loi

Que signifie le « E » dans $E = mc^2$?

- A. Énergie ?
- B. Équation ?
- C. Entropie ?

Réponse

La réponse est A. Tout le monde connaît la célèbre formule $E = mc^2$. Elle donne l'équivalence entre la masse d'une particule et l'énergie qu'elle est capable de dégager en se désintégrant. La lettre « c » représente la vitesse de la lumière.



Albert Einstein

Un peu d'histoire

En 1905, alors qu'il se trouve à Berne employé au Bureau des brevets, le physicien allemand **Albert Einstein** élabore sa théorie de la relativité restreinte dans laquelle on trouve la fameuse formule $E = mc^2$. Cette théorie doit beaucoup aux travaux d'**Henri Poincaré**. Einstein postule que les lois physiques sont les mêmes pour tous les référentiels se déplaçant à vitesse constante. Il ajoute que la lumière a la même vitesse quel que soit l'endroit où l'on se trouve.

Question 64. Rendez-vous manqué

Peut-on ralentir le temps ?

- A. En théorie, c'est possible mais cela n'a jamais été prouvé
- B. Oui car cela a déjà été vérifié lors d'une expérience
- C. Non, c'est impossible

Réponse

La réponse est B. En 1971, une horloge de très grande précision a été embarquée à bord d'un avion très rapide qui fit le tour de la Terre. Lorsque l'avion revint à son point de départ, l'horloge qu'il transportait retardait de quelques milliardièmes de seconde par rapport à une horloge de référence restée sur Terre. Ainsi, lorsqu'on se déplace rapidement, le temps est ralenti. Cela pourrait s'appliquer aux pilotes d'avions de chasse qui gagnent quelques milliardièmes de seconde de vie !

Un peu d'histoire

Albert Einstein expose sa théorie de la relativité générale en 1916, une dizaine d'années après celle de la relativité restreinte. Alors que cette dernière traite des mouvements à vitesse constante, la relativité générale s'occupe des mouvements accélérés et ralentis. C'est également une théorie de la gravitation plus complète que celle de **Newton**.

Le paradoxe de Langevin

Deux jumeaux de 20 ans, Jean et Pierre, sont sur Terre. Jean décide de prendre une fusée et de partir très loin à une vitesse approchant celle de la lumière. Au bout de 6 mois, il décide de faire demi-tour et de revenir sur Terre. Jean aura vieilli d'un an et son frère Pierre d'une cinquantaine d'années ! Le temps s'est écoulé plus lentement pour Jean car il s'est déplacé très vite en subissant des accélérations. On peut dire que Jean a voyagé dans le futur... C'est l'exemple que choisit Paul Langevin pour faire connaître les idées d'Einstein en France.

Question 65. Petit, petit ...

Comment s'appelle la branche de la physique qui étudie l'infiniment petit ?

- A. La mécanique quantique
- B. La relativité restreinte
- C. La relativité générale

Réponse

La réponse est A. La mécanique quantique est l'étude du comportement des particules de matière ou de lumière. En prolongeant la mécanique de Newton qui datait de 250 ans, la mécanique quantique, née dans les années 1920, pose des limites à la connaissance de l'infiniment petit : on ne peut pas tout prévoir, les phénomènes ne nous sont connus que par des probabilités.

Un peu d'histoire

Les grands noms de la mécanique quantique sont : les Allemands **Max Planck** et **Werner Heisenberg**, le Français **Louis de Broglie** et le Britannique **Paul Dirac**.

Les grands domaines de la mécanique

	Étude des objets se déplaçant à une vitesse <i>négligeable</i> par rapport à celle de la lumière	Étude des objets se déplaçant à une vitesse <i>non négligeable</i> par rapport à celle de la lumière
Étude de l'infiniment grand et des objets de taille humaine	Mécanique classique de Newton (XVII ^e siècle)	Relativité restreinte d'Einstein (1905)
Étude de l'infiniment petit	Mécanique quantique (les années 1920)	Mécanique quantique relativiste de Dirac (1928)

Question 66. Tout prévoir

Lorsqu'on observe une balle de tennis, on peut prévoir exactement l'endroit où elle va atterrir et sa vitesse. Aussi, peut-on prévoir la position et la vitesse des électrons qui tournent dans les atomes ?

- A. Oui, avec certitude
- B. Oui, avec une certaine probabilité
- C. Non, ils sont trop petits et trop rapides

Réponse

La réponse est B. On ne peut pas déterminer l'endroit précis d'un électron autour du noyau mais on peut estimer son emplacement à l'aide de probabilité : c'est la « probabilité de présence ». Cette imprécision pourrait passer pour un échec, mais ce n'est pas le cas : la nature nous interdit de tout prédire.

Un peu d'histoire

Le physicien allemand **Werner Heisenberg** (1901-1976) est l'un des fondateurs de la mécanique quantique. On lui doit les relations d'incertitude, fondamentales en mécanique quantique : si on connaît précisément la position d'une particule, alors sa vitesse nous est inconnue, et inversement, si on connaît la vitesse d'une particule, on ne peut pas dire où elle se trouve ! La mécanique quantique ébranle souvent le bon sens...

Le chat de Schrödinger

Il s'agit d'un célèbre exemple de physique quantique imaginé par Schrödinger. Un chat est enfermé dans une boîte avec un atome radioactif dont la destruction spontanée provoque la libération d'un gaz mortel dans la boîte. Le chat a autant de chances de mourir que de rester en vie. Tant qu'on n'a pas ouvert la boîte, la physique quantique affirme que l'atome se trouve simultanément dans deux états, intact et désintégré. Le chat se trouve également dans deux états : à la fois mort et vivant ! Cet exemple a des conséquences philosophiques : l'observateur, par son intervention, détermine la nature des objets. Sans observation, un objet se trouve dans une superposition de plusieurs états.

Chapitre 4

Optique

Question 67. Points de vue

Parmi ces trois propositions, laquelle est fautive ?

- A. Le cristallin* d'une personne myope fait trop converger la lumière, c'est pourquoi il lui faut des verres de lunettes divergents
- B. Une personne hypermétrope voit très mal de près
- C. Une personne astigmat* déforme les contours

Réponse

Les trois réponses sont bonnes. Une personne hypermétrope voit très bien au loin. En revanche, elle a du mal à accommoder pour une vision rapprochée. Les rayons lumineux se forment derrière la rétine à cause, le plus souvent, d'un cristallin trop plat. Elle doit donc utiliser des verres convergents, c'est-à-dire des verres plus épais au centre qu'au bord.

Un peu d'histoire

La plus ancienne lentille fut découverte dans l'ancienne Mésopotamie, on ne sait pour quel usage. L'empereur **Néron** (1^{er} siècle après J.-C.) qui était myope se servait d'un morceau d'émeraude pour regarder les spectacles. **Plin l'Ancien** (23-79) ne déclarait-il pas dans son *Histoire naturelle* : « Pour l'œil, il n'existe aucune couleur plus agréable que l'émeraude ? »

Attention les yeux !

Lorsque votre vision ne nécessite aucune correction, on dit que votre œil est emmétrope. Vers la quarantaine, votre œil emmétrope devient la plupart du temps presbyte : vous voyez bien de loin mais votre vision de près se détériore. Cette détérioration est due au cristallin dont la déformation devient plus faible, ce qui a pour conséquence une diminution de l'accommodation.

Question 68. Images du monde

Pour voir les objets qui nous entourent, il faut que :

- A. La lumière parte des objets pour arriver à nos yeux ?
- B. Nos yeux envoient un rayon qui rebondit sur l'objet pour revenir ensuite vers nous ?
- C. La lumière éclaire à la fois nos yeux et l'objet ?

Réponse

La réponse est A. Tous les objets et les êtres vivants sont des sources de lumière : nous émettons tous des rayons lumineux. Certains fabriquent la lumière comme le Soleil, l'écran de télévision ou la luciole. On les appelle des « sources primaires ». D'autres profitent de cette lumière en la diffusant ; la lumière ne fait que rebondir sur ces objets : ce sont alors des « sources secondaires » comme vous et moi, une table ou encore la Lune.

Un peu d'histoire

Les savants arabes se sont montrés très prolifiques dans plusieurs domaines scientifiques. **Ibn al-Haytham** (965-1039), plus connu sous le nom d'**Alhazen**, fut le premier à analyser les rayons lumineux arrivant jusqu'à l'œil. Cette conception diffère de celle de ses prédécesseurs : auparavant, on pensait que l'œil devait émettre un « rayon visuel » pour voir. Alhazen a également étudié la réflexion et la réfraction* de la lumière.



Alhazen

Question 69. *Somewhere over the rainbow...*

Quelle couleur n'appartient pas à l'arc-en-ciel ?

- A. Le rose
- B. Le violet
- C. Le bleu

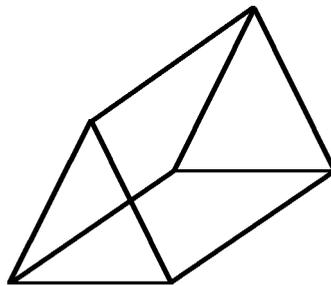
Réponse

La réponse est A. Un arc-en-ciel se forme quand il pleut en présence de Soleil. Il faut que le Soleil soit placé derrière nous. Chaque petite goutte de pluie décompose la lumière du rouge au violet comme à travers un prisme*. Chaque couleur a une trajectoire bien particulière dans la goutte d'eau : ainsi le violet est plus dévié que le rouge. Les couleurs prennent leur place respective dans le ciel en fonction de leur déviation dans la goutte d'eau. Parfois, on parvient à distinguer un second arc juste au-dessus du premier, moins lumineux et avec des couleurs inversées. Il n'existe pas de troisième arc.

Un peu d'histoire

Roger Bacon (1220-1292) était un moine franciscain anglais. Savant et philosophe, il s'intéressa à beaucoup de domaines. Il expliqua la formation des arcs-en-ciel, approfondit les connaissances en alchimie, s'aperçut qu'il y avait une erreur dans le calendrier julien (calendrier inventé par Jules César et toujours en vigueur au XIII^e siècle). Surnommé « le Docteur admirable », il fut enfermé par le pape Nicolas IV, accusé d'hérésie et de pratiquer la magie. Sur son lit de mort, il aurait déclaré : « Je me repens de m'être donné tant de peine dans l'intérêt de la science ! »

Prisme



Question 70. Eau trouble

Sur une autoroute, en été, on a souvent l'impression de voir une étendue d'eau au loin, au ras de la route. De quoi s'agit-il ?

- A. La vapeur d'eau se condense au niveau de la route créant une très fine couche d'eau sur le sol
- B. Il s'agit d'un mirage, c'est-à-dire l'image du ciel sur la route
- C. Il s'agit d'une hallucination due à la fatigue

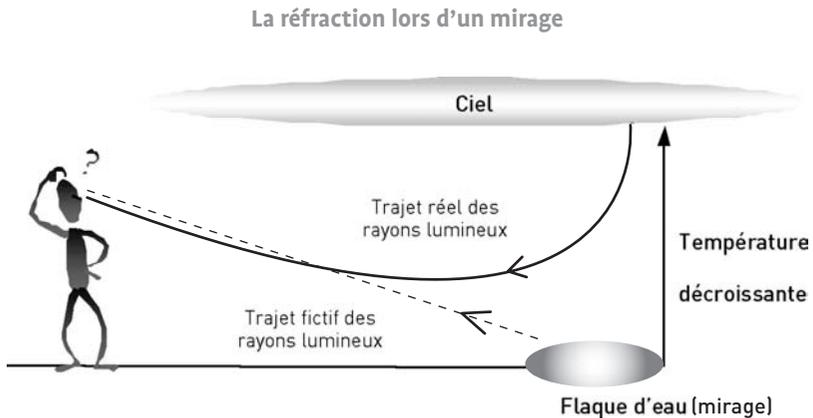
Réponse

La réponse est B. Le phénomène de réfraction* est fondamental en physique. Il permet d'expliquer pourquoi un bâton plongé dans l'eau semble « se casser » et changer de direction ou pourquoi un poisson que l'on observe à travers un aquarium rond n'est jamais là où l'on croit. La réfraction permet aussi d'expliquer la formation des mirages : la lumière venant du ciel traverse des couches de l'atmosphère à différentes

températures ; la lumière est alors courbée et semble provenir du sol. La flaque d'eau que l'on croit observer au loin est en fait l'image du ciel !

Un peu d'histoire

Le phénomène de réfraction a été découvert par le physicien britannique **Willebrord Snell** (1580-1626) puis peu de temps après par le philosophe français **René Descartes**.



Question 71. Sous les sunlights

Un éclairage de 1000 lux correspond à l'éclairage :

- A. D'une pièce éclairée à la bougie ?
- B. D'une pièce éclairée avec une lampe halogène ?
- C. Du Soleil par beau temps ?

Réponse

La réponse est B. Le lux est l'unité de l'éclairement lumineux. Une journée ensoleillée correspond à plus de 50 000 lux. Une caméra est capable de détecter quelques centièmes de lux. L'unité officielle de l'intensité lumineuse est la candela*. Cette unité, qui vient du latin signifiant « chandelle », n'est pas très utilisée.

Un peu d'histoire

Originaire du Croisic, **Pierre Bouguer** (1698-1758) est le fondateur de la photométrie. Il s'illustra également dans le domaine de la marine en améliorant la stabilité des bateaux. En 1735, l'Académie des sciences lui demande de mesurer la longueur d'un arc du méridien à l'équateur. Il part donc pour une longue expédition au Pérou avec le mathématicien et naturaliste **La Condamine**. En 1748, il invente l'héliomètre, appareil servant à mesurer le diamètre apparent des astres. On lui doit également l'invention des signes mathématiques \geq (supérieur) et \leq (inférieur).

Question 72. Et la lumière fut ...

Comment appelle-t-on les petits grains qui constituent la lumière ?

- A. Les électrons
- B. Les neutrons
- C. Les photons

Réponse

La réponse est C. Les photons sont des particules qui n'ont pas de poids, c'est pourquoi elles sont les plus rapides de l'Univers (300 000 km/s). Elles peuvent néanmoins être déviées par un astre gigantesque de l'espace, ce qui provoque un « mirage gravitationnel » : un rayon lumineux provenant d'une étoile et passant à proximité d'un astre massif est dévié : on voit l'étoile dans le ciel à un endroit où elle ne se trouve pas en réalité !

Un peu d'histoire

Pour le grand savant du XVII^e siècle **Isaac Newton**, il ne fait aucun doute que la lumière est formée de petites particules, que l'on n'appelle pas encore des photons (le mot apparaîtra au XX^e siècle). Mais Newton a des détracteurs, parmi lesquels **Huygens** qui affirme que la lumière est une onde en expliquant tous les phénomènes bien connus à l'époque comme la réflexion ou la réfraction*. Le prestige de Newton est tel que les idées de Huygens seront ignorées jusqu'à leur re-découverte par **Augustin Fresnel** au XIX^e siècle.

Question 73. Tous les chats sont gris

Certaines caméras permettent de voir dans la nuit. Pourquoi ?

- A. Elles détectent les infrarouges envoyés par les êtres vivants dégageant de la chaleur
- B. Elles envoient un rayon laser très fin qui éclaire suffisamment les objets
- C. Elles augmentent le diaphragme de l'objectif pour récolter le maximum de lumière

Réponse

La réponse est A. Les infrarouges sont des rayons lumineux invisibles envoyés par le Soleil. Ils appartiennent à l'arc-en-ciel et se situent au-dessus du rouge, mais l'œil humain n'est pas capable de les voir. Un corps humain dégage de la chaleur, constituée précisément de rayons infrarouges. Les caméras les détectent et transforment cette lumière invisible en lumière visible.

Un peu d'histoire

En 1666, le savant anglais **Isaac Newton** effectue les premières expériences sur la dispersion de la lumière. En faisant entrer la lumière dans la pièce où il travaille, il constate qu'un faisceau qui traverse ce bloc de verre transparent (le prisme*) se sépare en une multitude de faisceaux colorés qui vont du violet au rouge en passant par le bleu, le vert, le jaune et l'orange. On dit que la lumière est dispersée. La formation des arcs-en-ciel dans la nature s'explique en assimilant chaque goutte d'eau à un prisme minuscule. On montrera au XIX^e siècle qu'il y a des lumières invisibles dans l'arc-en-ciel.

Un arc-en-ciel au dos d'un disque !

Lorsqu'on retourne un compact disc, on peut admirer un magnifique arc-en-ciel. La lumière du Soleil, qui est en fait composée de plusieurs couleurs, vient frapper les stries parallèles et très serrées du disque. Ces dernières diffractent la lumière : elles font repartir le violet dans une direction, le bleu dans une autre et ainsi de suite, jusqu'au rouge. On dit que la lumière est « décomposée ».

Question 74. *Blind test*

À quoi correspondent les noms « **Crown** » et « **Flint** » ?

- A. Il s'agit des noms des inventeurs du laser
- B. Il s'agit de deux sortes de télescopes
- C. Il s'agit de deux types de verres

Réponse

La réponse est C. L'aberration* chromatique est le défaut qui survient quand on utilise certaines lentilles : il se forme alors une image floue avec l'apparition des couleurs de l'arc-en-ciel. Le *crown* et le *flint* sont deux types de verres utilisés pour les objectifs des appareils photographiques. *Crown* et *flint* signifient respectivement « couronne » et « silex ».

Un peu d'histoire

En 1730, pour corriger l'aberration chromatique, **Chester More Hall** a l'idée d'associer deux lentilles différentes qui compensent leurs effets, l'une convexe en *crown*, l'autre concave en *flint*.

Les vitraux coulent-ils ?

Le verre des vitraux de certaines églises est plus épais en bas qu'en haut. Des scientifiques ont alors pensé qu'au fil des siècles, le verre avait coulé vers le bas, comme un liquide très visqueux. En fait, il s'agirait d'une technique de fabrication ancienne où l'épaisseur n'était pas uniforme. La partie du verre la plus lourde aurait été mise naturellement en bas.

Question 75. Mon œil !

Nous avons au fond de l'œil des récepteurs sensibles à trois couleurs. Quelles sont-elles ?

- A. Bleu, rouge et jaune
- B. Bleu, violet et jaune
- C. Bleu, rouge et vert

Réponse

La réponse est C. La rétine est tapissée de cellules photo-réceptrices sensibles à trois couleurs : bleu, vert et rouge. Ce sont les trois couleurs primaires de la physique. Cette caractéristique anatomique est utilisée pour reproduire les couleurs sur un écran de télévision. En effet, ce dernier est formé de pixels de trois couleurs primaires qui assurent la synthèse de toutes les autres couleurs. Ainsi, un pixel rouge allumé en même temps qu'un pixel vert formera la couleur jaune, etc.

Un peu d'histoire

Le physicien **Johann Lambert** (1728-1777) est l'un des créateurs de la photométrie avec **Bouguer**. Mais il est surtout connu pour la projection qui porte son nom : la représentation de la surface de la Terre sur un cône. Les parallèles* sont des cercles concentriques et les méridiens* des droites concourantes. C'est la projection utilisée pour les cartes du territoire français. Sur la projection de **Mercator** (mathématicien et géographe allemand) plus ancienne (XVI^e siècle), les méridiens et les parallèles sont des lignes droites parallèles.

Question 76. Changement de programme

Pour changer de chaîne, la télécommande de votre téléviseur envoie :

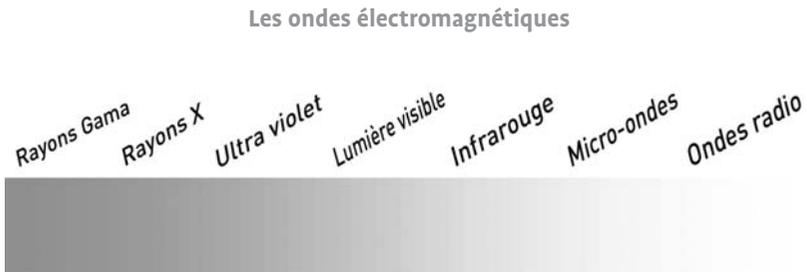
- A. Un rayonnement infrarouge ?
- B. Un rayonnement ultraviolet ?
- C. Des rayons X ?

Réponse

La réponse est A. L'infrarouge est une lumière invisible se situant à côté du rouge dans l'arc-en-ciel. Les rayons infrarouges sont très utilisés dans la transmission d'informations sur des courtes distances sans obstacles.

Un peu d'histoire

En plaçant un thermomètre à la sortie d'un prisme qui décompose la lumière du Soleil en arc-en-ciel, l'Allemand **William Herschel** (1738-1822) constata que la température la plus chaude était détectée à côté du rouge, là où il n'y a plus de couleur ! Les rayonnements infrarouges sont donc synonymes de chaleur. C'est ce que détectent certaines caméras en vision nocturne.



Les ondes électromagnétiques par ordre décroissant d'énergie.

Question 77. Bien halé

L'été, quels rayons lumineux envoyés par le Soleil sont responsables du bronzage ?

- A. Les rayons X
- B. Les rayons gamma
- C. Les rayons ultraviolets

Réponse

La réponse est C. Comme leur nom l'indique, ils se trouvent dans le spectre de l'arc-en-ciel à côté du violet, mais on ne les voit pas. Certains insectes les perçoivent. Ce sont les rayons ultraviolets qui provoquent le bronzage. Cependant, une exposition trop importante peut être néfaste pour la santé. La couche d'ozone filtre une partie du rayonnement ultraviolet. L'utilisation de CFC (chlorofluorocarbones), présents notamment dans certaines bombes aérosols, favorise la destruction de cette couche d'ozone. Inversement, l'ozone, si utile en altitude, est indésirable au niveau du sol. Ce gaz est créé par la combustion de carburants ou par les incendies de forêts.

Un peu d'histoire

C'est en constatant le noircissement d'une plaque de nitrate d'argent que le physicien allemand **Johann Ritter** mit en évidence, en 1801, ce rayonnement invisible pour l'œil humain.

Question 78. Sourire !

La photographie la plus ancienne a été prise en :

- A. 1726 ?
- B. 1826 ?
- C. 1926 ?

Réponse

La réponse est B. Prise par **Nicéphore Niepce** (1765-1833) à Chalon-sur-Saône, l'image fut imprimée sur une plaque de cuivre recouverte de bitume de Judée, une substance noire qui a la propriété de blanchir. Elle a nécessité plusieurs heures de pose depuis une mansarde de sa propriété.

Un peu d'histoire

Dans les années 1830, **Jacques Daguerre** réalise ses premières images sur plaques de cuivre : les daguerréotypes. En 1935 **Kodachrome** et **Agfacolor** inventent la première pellicule moderne en couleur. En 1947, le procédé Polaroid permet d'obtenir une image sur papier en quelques secondes. Les progrès de stockage de l'information donnent naissance au premier appareil numérique en 1982, inventé par la firme Sony. Les images sont alors stockées sur un petit disque magnétique. Depuis, la mémoire des appareils augmente tandis que leur taille diminue.

Visionnaire

Une cinquantaine d'années après l'invention de la photographie, les frères Lumière inventent le cinéma (du grec *kinêma* qui veut dire « mouvement »). La première représentation a lieu le 28 décembre 1895 à Paris. Alors que le prestidigitateur Méliès désirait acheter l'appareil de projection, un des frères Lumière lui aurait répondu : « Ne vous ruinez pas, cet appareil est un objet scientifique, il n'a aucun avenir commercial ! »

Question 79. Record à battre

En une seconde, la lumière est capable de parcourir l'équivalent de :

- A. 300 fois la distance Lille-Marseille ?
- B. 300 fois la distance Bretagne-Floride ?
- C. 1 fois le tour de la Terre ?

Réponse

La réponse est A. La vitesse de la lumière est égale à 300 000 km/s. Aucune particule de matière n'est capable d'atteindre cette vitesse pour la simple raison qu'elles ont un poids ! Seule la particule de la lumière, le photon, a une masse nulle. Les avions de chasse les plus rapides sont environ 150 000 fois moins rapides que la lumière, mais 5 fois plus rapides que le son !

Un peu d'histoire

Le physicien français **Hippolyte Fizeau** (1819-1896) parvint à estimer le temps mis par la lumière pour parcourir la distance entre Suresnes et Montmartre grâce à la vitesse de rotation de roues dentées. Il fournit la valeur de 315 000 km/s, mesure remarquable pour l'époque. Il a le mérite de ne pas avoir utilisé les observations astronomiques pour déterminer la vitesse de la lumière.

Question 80. Sujet brûlant

Comparé aux autres étoiles, notre Soleil est :

- A. Une étoile froide ?
- B. Une étoile tiède ?
- C. Une étoile chaude ?

Réponse

La réponse est B. La température à la surface du Soleil n'est que de 6000 degrés, ce qui en fait une étoile de température moyenne et de couleur jaune. Les étoiles les plus chaudes sont les étoiles bleues ; les plus froides sont les étoiles rouges, donc l'inverse des robinets !

Un peu d'histoire

Le physicien **Wilhelm Wien** (1864-1928) établit en 1893 la relation entre la température d'un objet et le type de rayonnement qu'il émet. Wien reçut le prix Nobel de Physique en 1911, année où Marie Curie recevait celui de Chimie.

Mnémotechnique

À chaque couleur, sa température. On le sait, la base de la flamme d'une allumette est bleue, donc plus chaude que le sommet, de couleur orange.

Question 81. L'été sera chaud

Pourquoi recommande-t-on de s'habiller en blanc en été ?

- A. Le blanc diffuse toutes les couleurs de la lumière solaire, en particulier l'infrarouge responsable de la chaleur
- B. Le blanc absorbe les molécules les moins rapides de l'atmosphère, c'est-à-dire les plus froides
- C. Le blanc rejette les molécules les plus rapides de l'atmosphère, c'est-à-dire les plus chaudes

Réponse

La réponse est A. Nous sommes tous éclairés par la lumière du Soleil qui contient toutes les lumières de l'arc-en-ciel, du rouge au violet, mais aussi les radiations infrarouges, ultraviolettes et bien d'autres encore. Les objets de couleur font le « tri » de ces radiations : par exemple un objet rouge absorbe toutes les couleurs sauf le rouge qu'il rejette. Un objet blanc rejette tous les rayonnements alors qu'un objet sombre les absorbe tous.

Un peu d'histoire

En 1860, le chimiste allemand **Robert Bunsen** (1811-1899) et le physicien **Gustav Kirchhoff** (1824-1887) inventèrent le spectroscope, un appareil permettant d'effectuer l'analyse spectrale d'un corps, c'est-à-dire l'identification des atomes qui le constituent en fonction de la lumière que ces derniers émettent. Bunsen reste associé au célèbre « bec » qui se trouve dans tous les laboratoires de chimie.



Robert Bunsen

Question 82. La vie en bleu

Pourquoi le ciel est-il bleu ?

- A. Les molécules d'oxygène sont bleues
- B. Les molécules d'azote sont bleues
- C. Les molécules de l'air diffusent essentiellement les photons bleus envoyés par le Soleil

Réponse

La réponse est C. Le Soleil nous envoie les couleurs de l'arc-en-ciel : violet, bleu, vert, jaune, orange et rouge. Les molécules se trouvant dans l'atmosphère absorbent en majorité les rouge-orangé. La couleur bleue n'est pas absorbée par ces molécules : elle est diffusée dans toutes les directions.

Un peu d'histoire

Lord Rayleigh (1842-1919) est considéré comme l'un des plus grands physiciens du XIX^e siècle. Prix Nobel en 1904, il s'intéressa à de nombreux domaines de la physique. On lui doit notamment l'explication de la couleur bleue du ciel.

Pourquoi la nuit est-elle noire ?

Cette question en apparence anodine a été l'objet d'études sérieuses. On pourrait croire qu'il suffit que le Soleil se couche pour qu'il fasse noir. C'est oublier le rôle des étoiles : n'apportent-elles pas chacune leur très faible luminosité ? Mais vu leur nombre, il devrait faire jour en pleine nuit. Il s'agit d'un paradoxe soulevé par le physicien Olbers au XIX^e siècle. On sait maintenant que, malgré leur nombre, les étoiles n'apportent pas assez de lumière car celle-ci s'appauvrit par un phénomène physique appelé « effet Doppler ».

Question 83. Couché !

En 1882, Jules Verne écrivait le roman *Le Rayon Vert*, dernier rayon du Soleil avant qu'il ne se couche. Existe-t-il vraiment ?

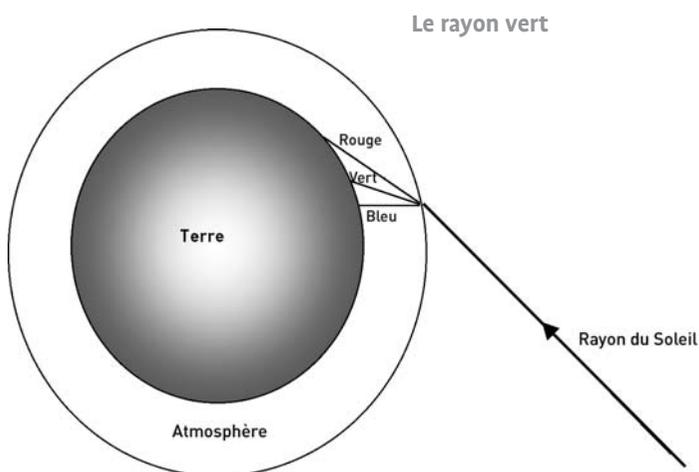
- A. Oui, on l'observe fréquemment
- B. Oui, mais on l'observe rarement
- C. Non

Réponse

La réponse est B. Il s'agit d'un phénomène très rare qui s'observe à basse altitude quand l'horizon est dégagé. Le vert, le rouge et le bleu prennent alors des trajectoires différentes dans l'atmosphère terrestre. Au moment de se coucher, l'image du Soleil se « démultiplie ». La couleur rouge-orangée du Soleil s'éteint avant les couleurs bleue et verte. Le rayon bleu est presque inexistant car le bleu est trop diffusé par l'atmosphère. Il reste alors le vert.

Un peu d'histoire

Outre le roman de Jules Verne, le *Rayon Vert* est aussi le titre d'un film d'Eric Rohmer de 1986.



Question 84. Savoir compter jusqu'à 1

Le rayon laser d'un lecteur de CD lit une information binaire, c'est-à-dire une succession de creux (le nombre 0) et de bosses (le nombre 1). À quel chiffre correspond le nombre binaire 1101 ?

- A. 4
- B. 9
- C. 13

Réponse

La réponse est C. Dans le binaire, on n'utilise que deux chiffres : 0 et 1. Leur rang dans le nombre binaire correspond aux nombres 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64..., c'est-à-dire à des puissances de 2.

En fait, **1101** signifie :

$$(1 \times 8) + (1 \times 4) + (0 \times 2) + (1 \times 1) = 13.$$

Le langage binaire est utilisé dans les ordinateurs. Le chiffre 0 ou 1 est appelé un « bit ». Lorsqu'il y a 8 bits, on appelle cela un « octet » (ou *byte* en anglais).

Un peu d'histoire

Le mot laser est constitué des initiales de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Il s'agit d'une lumière émise par des atomes excités qui émettent simultanément des photons. C'est donc une lumière très « structurée » qui ne peut pas fonctionner en continu : il faut pouvoir recharger les atomes en énergie. Inventé en 1960, le laser a d'innombrables applications, de la lecture audio-vidéo numérique à la médecine.

Miroir, mon beau miroir

À quoi servent les miroirs installés sur la Lune ? Un laser est envoyé de la Terre, rebondit sur la Lune et revient sur Terre. Connaissant la vitesse de la lumière et le temps de l'aller-retour, cela permet de calculer précisément la distance Terre-Lune.

Chapitre 5

Thermodynamique

Question 85. Le ballon rouge

Pourquoi un ballon gonflé à l'hélium éclate-t-il à une certaine altitude ?

- A. Le ballon implose sous l'effet de la pression atmosphérique qui augmente
- B. Le gaz à l'intérieur du ballon prend de plus en plus de place car la pression atmosphérique à l'extérieur diminue
- C. Un oiseau vient le percer avec son bec

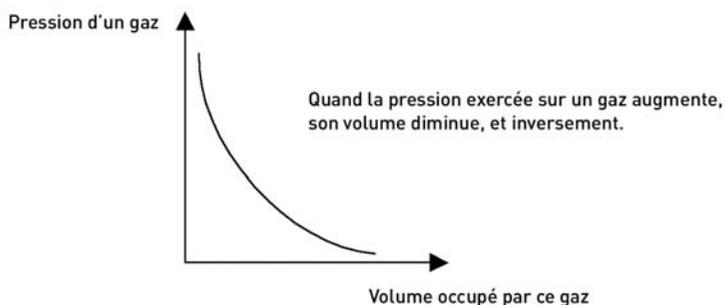
Réponse

La réponse est B. Il s'agit de la loi de Boyle-Mariotte : le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il reçoit. Les plongeurs en ont conscience sous l'eau : avant de remonter à la surface, il faut vider ses poumons, l'air ayant tendance à prendre plus de place à la surface.

Un peu d'histoire

Le Français **Edme Mariotte** (1620-1684) énoncera après le physicien irlandais **Robert Boyle** (1626-1691) la loi qui portera leurs deux noms. Le physicien français **Émile Clapeyron** (1799-1864) s'est également beaucoup intéressé à la thermodynamique. Un diagramme représentant la pression d'un gaz en fonction de son volume portera son nom.

Diagramme de Clapeyron



Question 86. C'est parti pour le chaud

Pourquoi utilisait-on du mercure dans les thermomètres ?

- A. Il est plus visible que l'eau transparente
- B. Il permet de descendre sous 0°C sans geler
- C. Il se dilate beaucoup plus que l'eau sous l'effet de la chaleur

Réponse

Les trois réponses sont bonnes ! Interdit pour sa toxicité, le mercure a été remplacé par l'alcool dans les thermomètres. L'eau se dilate très peu sous l'effet de la chaleur. De plus, la plage de température correspondant à son état liquide est beaucoup plus réduite que celle du mercure : de 0 à 100°C pour l'eau, de -39°C à 357°C pour le mercure.

Un peu d'histoire

Le premier thermomètre fut inventé par le **grand duc de Toscane**. Le minimum des graduations correspondait à la température dans la cave de l'académie de Florence, le maximum correspondait au plus haut niveau atteint en été à Florence. Ces deux points de repère permettaient d'estimer la température grâce à la dilatation d'un gaz qui faisait monter ou descendre un index sur des graduations.

La tête à l'envers !

Le premier thermomètre du Suédois Anders Celsius (1701-1744) indiquait zéro degré pour l'eau qui bout et 100 degrés pour l'eau qui gèle ! Les graduations furent inversées quelque temps après la mort de Celsius pour donner au thermomètre la forme que nous lui connaissons actuellement.

Question 87. Minute papillon

Pourquoi utilise-t-on une Cocotte-Minute ?

- A. Pour atteindre plus rapidement la température de 100°C
- B. Pour stabiliser la température à 100°C
- C. Pour atteindre une température supérieure à 100°C

Réponse

La réponse est C. La vaporisation* d'un liquide s'effectue lorsque la chaleur agite les molécules de surface. Elles quittent ainsi l'état liquide pour l'état gazeux. Quand une pression supplémentaire s'applique au liquide, la chaleur de celui-ci doit être plus importante pour agiter les molécules. On dépasse ainsi les 100°C pour l'eau : c'est le principe de la Cocotte-Minute.

Un peu d'histoire

Le baromètre est une invention de l'Italien **Torricelli** en 1643. En 1679, **Denis Papin** invente la soupape de sûreté pour sa « marmite », l'ancêtre de nos autoclaves et de nos Cocottes-Minute. Denis Papin conçut également le bateau à vapeur qui n'eut pas de succès et provoqua même une vive controverse auprès des bateliers.

Question 88. Coincer une bulle

Quand vous faites bouillir de l'eau pour les pâtes, qu'est-ce qui s'échappe de la casserole ?

- A. De la fumée
- B. Du brouillard
- C. De la vapeur d'eau

Réponse

La réponse est B. Ce n'est pas de la vapeur d'eau ! La vapeur d'eau est un gaz invisible. Ce que l'on voit, ce sont de petites gouttelettes d'eau liquide formées par la condensation* de cette vapeur d'eau, c'est-à-dire par refroidissement. Le phénomène est identique à la formation de la buée devant notre bouche les matins d'hiver.

Un peu d'histoire

L'Anglais **Thomas Newcomen** (1664-1729) était forgeron. En 1712, avec l'aide de **Thomas Savery**, il met au point une machine à vapeur permettant l'extraction de l'eau dans les mines, la région du Devon dont est originaire Newcomen étant riche en cuivre et en étain. Sa machine pouvait pomper jusqu'à 500 litres d'eau par minute. Cette dernière fut ensuite améliorée par l'Écossais **James Watt** (1736-1819).

Question 89. Différents sur la température

Les Anglo-Saxons utilisent les Fahrenheit pour exprimer leur température. Si votre thermomètre gradué en degrés Celsius affiche 0 degré, combien affichera-t-il s'il est gradué en degrés Fahrenheit ?

- A. 0 degré Fahrenheit
- B. 32 degrés Fahrenheit
- C. 100 degrés Fahrenheit

Réponse

La réponse est B. On passe des degrés Celsius aux degrés Fahrenheit en multipliant par 9, en divisant par 5 et en ajoutant 32. Par exemple, 20°C est égal à $20 \times 9/5 + 32$, soit 68°F .

On passe des degrés Fahrenheit aux degrés Celsius en retranchant 32, en multipliant le résultat par 5 et en le divisant par 9. Par exemple, 100°F est égal à $(100 - 32) \times 5/9$, soit environ 38°C .



Daniel Fahrenheit

Un peu d'histoire

1709. L'hiver est très rigoureux à Dantzig. L'Allemand **Daniel Fahrenheit** (1686-1736) profite de ces basses températures pour étalonner son thermomètre. Il prend trois températures de référence : un mélange de glace et de sel, (environ -17°C), un mélange de glace et d'eau liquide (0°C) et la température du corps humain qui lui semble stable (environ 36°C). Un peu plus tard, le Suédois **Anders Celsius** invente lui aussi son thermomètre. Les degrés centigrades sont identiques aux degrés Celsius.

Question 90. Eau en hauteur

En haut du mont Blanc, un alpiniste fait bouillir de l'eau. À quelle température bout-elle ?

- A. 85 °C
- B. 100 °C
- C. 115 °C

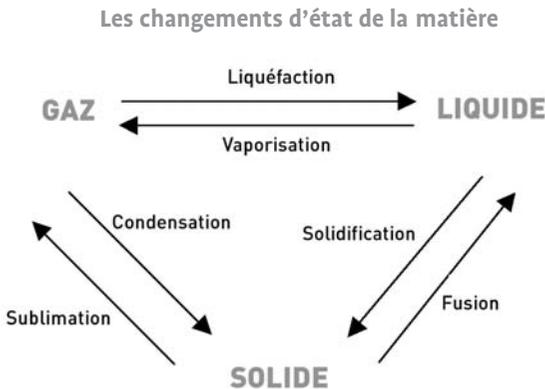
Réponse

La réponse est A. En chauffant de l'eau liquide dans une cuisine, il y a ébullition lorsque celle-ci atteint 100 °C. On observe un palier de température, c'est-à-dire que la chaleur supplémentaire que l'on apporte n'augmente pas la température qui reste à 100 °C. Cette énergie sert à agiter les molécules de l'eau liquide pour que celle-ci s'échappe dans l'atmosphère sous forme de vapeur (qui se transforme très vite en brouillard). En altitude, comme la pression atmosphérique est plus fai-

ble, il faut dépenser moins d'énergie pour faire bouillir l'eau car les molécules quittent plus facilement le liquide.

Un peu d'histoire

En 1761, le physicien britannique **Joseph Black** (1728-1799) définit la chaleur latente de l'eau, c'est-à-dire l'énergie qu'il faut fournir à l'eau pour qu'elle passe de l'état liquide à l'état vapeur. Quelques années auparavant, Black découvrait le gaz carbonique.



Question 91. L'air emballé

Quel gaz permet l'élévation d'une montgolfière ?

- A. L'hélium
- B. L'air chaud
- C. L'argon

Réponse

La réponse est B. L'air chaud se dilate et devient moins dense puisque pour un même volume il y a moins de molécules. On sait d'après le principe d'Archimède que tout corps plongé dans un fluide, ici l'air atmosphérique, subit une force de bas en haut égale au volume d'air déplacé.

Un peu d'histoire

Le 21 novembre 1783, **Pilâtre de Rozier** et le **Marquis d'Arlande** effectuèrent un vol d'une vingtaine de minutes entre le château de la Muette dans l'ouest de Paris et la butte aux Cailles (dans l'actuel XIII^e arrondissement). Ce fut le premier vol en ballon à air chaud, invention des frères **Montgolfier**. Deux mois auparavant, à Versailles, un canard, un coq et un mouton s'élevaient devant Louis XVI et sa cour. Le ballon à hydrogène fut inventé par le physicien **Jacques Charles** (1746-1823). Le premier vol eut lieu entre le jardin des Tuileries et Nesles-la-Vallée, le 1^{er} décembre 1783.

Question 92. Chair de poule

On refroidit nos aliments pour les conserver. À quelle température correspond le zéro absolu, c'est-à-dire l'immobilité totale des molécules ?

- A. - 350 °C
- B. - 458 °C
- C. - 273 °C

Réponse

La réponse est C. La température de - 273 °C est une limite inférieure infranchissable, appelée « zéro absolu ». En s'approchant de celui-ci, on constate que certains métaux deviennent supraconducteurs*, c'est-à-dire sans résistance électrique. Aujourd'hui, on peut atteindre cette température au millionième près.

Un peu d'histoire

En 1848, l'Anglais **William Thomson** (1824-1907) propose la notion de « zéro absolu » pour la température. En 1908, le physicien hollandais **Kamerlingh Onnes** (1853-1926) parvient à atteindre la température de - 272 °C, soit un degré de plus que le zéro absolu. Il réussit à liquéfier de l'hélium, utilisé essentiellement en cryogénie.

Froid de canard

Les essais sur la cryogénie remontent à plusieurs siècles. Ainsi Francis Bacon est mort de froid en 1626, alors qu'il voulait voir si le froid pouvait éviter la putréfaction d'un poulet mort placé dans la neige.

Question 93. L'hiver sera rude

Lorsqu'on ouvre une fenêtre en plein hiver, on peut dire que :

- A. La chaleur s'en va ?
- B. Le froid entre ?
- C. Les molécules de l'intérieur donnent leur énergie aux molécules de l'extérieur ?

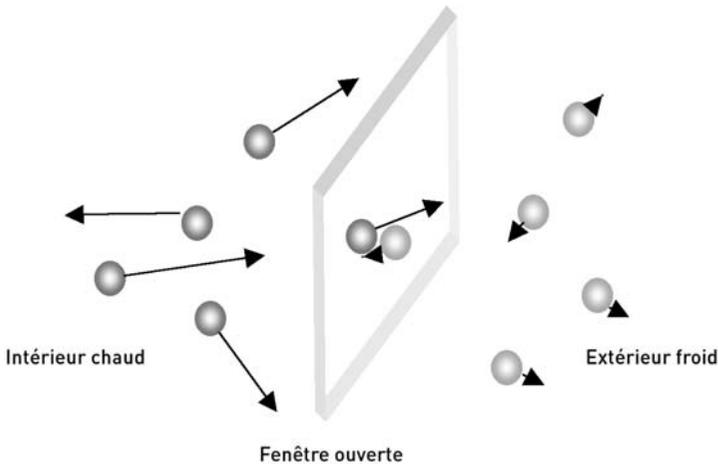
Réponse

Toutes les réponses sont bonnes, cependant la plus correcte est la réponse C ! La température dépend de la vitesse des molécules de l'air. Au contact du chaud et du froid, les molécules s'entrechoquent comme des boules de billard et les plus rapides (celles de la pièce) transmettent leur énergie aux plus lentes (celles de l'extérieur).

Un peu d'histoire

Joseph Fourier (1768-1830) faisait partie de l'équipe de scientifiques qui accompagna Bonaparte en Égypte en 1797. En 1812, alors qu'il est préfet de l'Isère, il remporte un prix de l'Académie des sciences pour son explication mathématique de la diffusion thermique.

L'agitation des molécules selon la température



Question 94. Le plein d'énergie

Chassez l'intrus parmi cette liste :

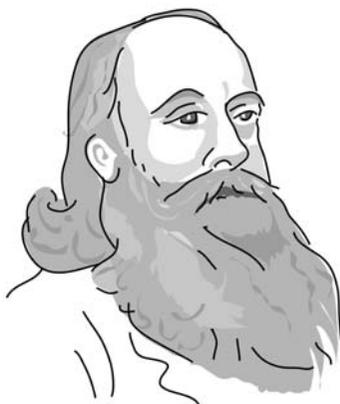
- A. La calorie ?
- B. Le kilowattheure ?
- C. Le watt ?
- D. Le joule ?

Réponse

La réponse est C. Ce sont toutes des unités d'énergie, sauf le watt qui est une unité de puissance. La calorie* apparaît sur les aliments que nous consommons et revêt quelque importance lorsque nous faisons un régime... Le kilowattheure apparaît sur les factures d'électricité. Quant au joule, il n'est pas utilisé dans la vie quotidienne mais dans le monde scientifique.

Un peu d'histoire

Le physicien anglais **James Joule** (1818-1889) a donné son nom à l'unité d'énergie. Il étudia l'équivalence entre les énergies mécanique et électrique. De ses expériences naîtra la définition de la calorie*.



James Joule

Question 95. Rester en froid

Un réfrigérateur ouvert peut-il refroidir une pièce ?

- A. Oui, c'est très efficace
- B. Oui, mais la dépense en électricité est trop importante pour le faible résultat
- C. Non

Réponse

La réponse est C. Un réfrigérateur est un appareil qui a besoin, comme toutes les machines thermiques, de deux sources de température pour fonctionner : un espace froid (l'intérieur où se trouvent les aliments) et un espace plus chaud (la cuisine). En ouvrant la porte, le réfrigérateur s'arrête de fonctionner car les deux sources sont mises en contact.

Un peu d'histoire

Nicolas-Léonard Sadi Carnot est considéré comme le fondateur de la thermodynamique. Dans son livre *Réflexions*, il expose plusieurs idées majeures : amélioration du rendement des machines à vapeur, limite théorique de ce rendement, remplacement de l'eau par l'air dans ces machines, énoncé de ce qui deviendra le deuxième principe de la thermodynamique, etc. Il mourut à Paris du choléra en 1832, à l'âge de 36 ans.

Question 96. Nom d'un petit bonhomme

Parmi ces exemples, lequel est une transformation irréversible ?

- A. Un bonhomme de neige qui fond
- B. Des glaçons qui fondent dans un bac à glaçons
- C. L'eau d'un lac qui gèle

Réponse

La réponse est A. Une transformation irréversible amène d'un état moléculaire ordonné à un état moléculaire plus désordonné. C'est une transformation qui ne peut se faire que dans un sens. Un bonhomme de neige qui fond est une transformation irréversible : s'il se remet à faire froid, le bonhomme de neige ne va pas se reformer !

Un peu d'histoire

En 1850, l'Allemand **Rudolf Clausius** (1822-1888) énonce le deuxième grand principe de thermodynamique. Il introduit la notion d'entropie. Cette grandeur, liée à la température, mesure le degré de désordre d'un ensemble de molécules ; ce désordre ne peut que croître si on n'exerce aucune force sur les molécules pour les « ranger ». On dit alors qu'il y a augmentation d'entropie*.

Tout est irréversible !

Les exemples de phénomènes irréversibles dans la vie quotidienne sont presque infinis. Lorsqu'on coupe une pomme avec un couteau de haut en bas, les deux hémisphères de la pomme tombent. La pomme va-t-elle se reformer si on remonte le couteau de bas en haut ? Un train en avançant dégage de la chaleur par frottements au niveau des rails. Un train va-t-il avancer si on apporte de la chaleur en chauffant les rails ? Un vent violent fait tomber un arbre. Celui-ci se relèvera-t-il si le vent souffle dans l'autre sens ? Non, bien sûr...

Question 97. Essai transformé

Un radiateur transforme intégralement l'énergie électrique en chaleur. Existe-t-il un appareil qui transforme la chaleur en énergie électrique ?

- A. Oui, avec un rendement de 100 %
- B. Oui, avec un rendement moyen
- C. Non

Réponse

La réponse est B. La chaleur est une forme d'énergie dégradée : quand il y a dégagement de chaleur, il y a création de désordre moléculaire. La nature a tendance à créer du désordre. Il n'est donc pas possible de transformer la chaleur en énergie électrique spontanément.

Un peu d'histoire

Le médecin allemand **Julius Robert von Mayer** (1814-1878) énonça le premier principe de la thermodynamique qui donne l'équivalence entre l'énergie mécanique (appelé travail) et l'énergie thermique (appelée chaleur). Il découvrit également que les plantes vertes transformaient l'énergie lumineuse en énergie chimique.

Le courant d'une rivière...

Dans les centrales électriques thermiques, de la chaleur est produite par la combustion du pétrole ou bien par des réactions nucléaires. Cette chaleur fait ensuite évaporer de l'eau qui peut ainsi faire tourner une turbine. Dans les centrales hydrauliques, c'est la force de l'eau retenue par un barrage qui fait tourner la turbine. Par le phénomène d'induction (découvert par Faraday au XIX^e siècle, voir question 32), du courant est ainsi créé. Mais le rendement d'une telle transformation est loin d'être de 100 % !

Question 98. Une valse à quatre temps

Dans quel ordre s'effectuent les étapes d'un moteur à combustion ?

- A. Admission, compression, combustion-détente, échappement
- B. Admission, combustion-détente, échappement, compression
- C. Admission, combustion-détente, compression, échappement

Réponse

La réponse est A. Le mélange oxygène-essence entre dans le cylindre : c'est l'admission. Ensuite, le piston comprime le mélange et la bougie fait exploser le mélange : c'est la combustion. Le piston est repoussé : c'est la détente. Les gaz sont évacués : c'est l'échappement.

Un peu d'histoire

En 1862, l'ingénieur français **Alphonse Beau de Rochas** (1815-1893) expose le principe du moteur à explosion qui sera réalisé pour la première fois par l'ingénieur allemand **Nikolaus Otto** à l'Exposition universelle de Paris en 1878. Il constitue encore de nos jours le principe de fonctionnement de la plupart des moteurs.

Pas de bougies pour Monsieur Diesel

En 1893, l'Allemand Rudolf Diesel souhaite utiliser un combustible moins raffiné que l'essence. Il imagine alors un système où la combustion ne serait pas assurée par une bougie d'allumage : la compression du mélange air-essence suffit à provoquer l'explosion.

Chapitre 6

Structure de la matière

Question 99. Matière à discuter

Le *Cinquième élément* fut un film à succès. Quels sont les quatre premiers éléments qui constituent la matière, comme on le pensait dans l'Antiquité ?

- A. L'eau, l'air, le bois, le feu
- B. L'eau, l'air, la terre, le métal
- C. L'eau, l'air, la terre, le feu

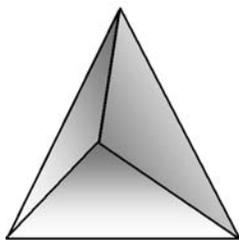
Réponse

La réponse est C. On attribuait à chacun des éléments une figure géométrique : le tétraèdre représentait le feu, l'octaèdre régulier l'air, le cube représentait la Terre et l'eau était représentée par un icosaèdre (polyèdre à 20 faces). La théorie des quatre éléments va perdurer pendant plusieurs siècles, les savants n'ayant pas d'explications plus satisfaisantes à fournir.

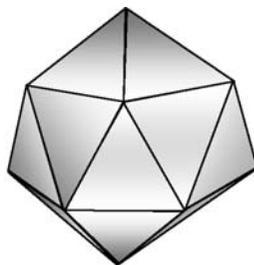
Un peu d'histoire

Anaximène (-550/-480) pensait que l'air est à l'origine de toute matière. Dilaté, il se transforme en feu, comprimé, il donne des nuages qui se transforment en eau, comprimé davantage, il se transforme en terre.

Tétraèdre



Icosaèdre



Question 100. L'art de la science

Un édifice à Bruxelles s'appelle l'Atomium. L'atome est la plus petite particule de matière. Il vient du grec *atomos* qui signifie :

- A. Minuscule ?
- B. Insécable ?
- C. Particule ?

Réponse

La réponse est B. La taille de l'atome est d'environ 1 milliardième de mètre ou encore 1 millionième de millimètre ! Et ce n'est pas fini car l'atome est constitué d'un noyau et d'électrons qui gravitent autour de lui... La matière a ainsi la même structure que des poupées gigognes !

Un peu d'histoire

Le Grec **Démocrite** (-468/- 399) prolonge l'idée de **Leucippe** en supposant la matière constituée de petits grains insécables (qu'on ne peut séparer). Pour **Lucrèce** (I^{er} siècle avant J.-C.), « Il n'existe aucune force qui puisse détruire les atomes, à toute atteinte leur solidité résiste. » 2000 ans plus tard, on définira des particules plus petites que les atomes (protons, électrons) et la radioactivité illustrera leur relative « fragilité ».

Question 101. Bombardement permanent

L'air est constitué de particules qui nous heurtent en permanence : c'est la pression atmosphérique. Quelle est la vitesse des molécules d'air qui frappent notre peau ?

- A. 5 mètres par seconde
- B. 50 mètres par seconde
- C. 500 mètres par seconde

Réponse

La réponse est C. La pression atmosphérique dépend du nombre de molécules d'air qui nous entourent, alors que la température dépend de leur vitesse. Plus elles sont rapides, plus il fait chaud. L'état gazeux est un état très désordonné : on parle alors de mouvement brownien*. Le liquide est un état désordonné mais compact. Quant à l'état solide, c'est un état compact et ordonné.

Un peu d'histoire

En 1827, en observant, à l'aide d'un microscope, du pollen dispersé dans de l'eau, **Robert Brown**, botaniste écossais (1773-1858) remarqua que les grains de celui-ci avaient un mouvement désordonné. On expliqua ce phénomène cinquante ans plus tard : il est dû à l'ensemble des molécules d'eau qui entrent en contact avec les grains de pollen, imposant à ceux-ci un mouvement aléatoire. Ce phénomène permit de faire une première mesure de la masse d'un atome, mais aussi de définir la température à l'échelle microscopique.

Emporté par la foule...

Imaginons un fou qui ne saurait pas où aller et qui marcherait dans une foule de gens pressés. Chaque personne qui le percuterait lui ferait prendre une autre direction. Chaque choc infléchirait ainsi sa trajectoire. Ce fou aurait alors un mouvement brownien, c'est-à-dire une marche aléatoire.

Question 102. Gardés au chaud

Quelle serait la température, la nuit, à la surface de la Terre, s'il n'y avait pas d'atmosphère ?

- A. Environ -150°C
- B. Environ 0°C
- C. Environ 10°C

Réponse

La réponse est A. L'atmosphère nous sert de « couverture ». L'effet de serre permet de garder une température tout à fait acceptable, propre au développement et au maintien de la vie. Mais il ne faut pas que cet effet soit trop important. Le rejet dans l'atmosphère de certains polluants favorise cet effet de serre. Le réchauffement de la planète en est la conséquence.

Un peu d'histoire

La physique statistique explique les phénomènes physiques comme la température, à l'aide des particules de matière (molécules, atomes, etc.). L'Autrichien **Ludwig Boltzmann** est le fondateur de la physique statistique. Ses idées furent peu comprises par la communauté scientifique de son époque. On attribue en partie son suicide en 1906 à cette incompréhension. Sur la tombe de Boltzmann, à Vienne, est gravée une célèbre formule de thermodynamique exprimant l'entropie* : $S = k \times \ln W$.

Question 103. Centrale vapeur

Dans les centrales nucléaires, on chauffe l'eau grâce à une réaction nucléaire : comment s'appelle le phénomène où un atome lourd est divisé en plusieurs atomes plus légers ?

- A. La fusion
- B. La fission
- C. Le confinement

Réponse

La réponse est B. Un neutron envoyé sur un atome d'uranium pulvérise celui-ci en atomes plus petits, ce qui dégage une énergie considérable. Contrôlé, ce processus est utilisé dans les centrales nucléaires ; incontrôlé, c'est le principe de la bombe nucléaire.

Un peu d'histoire

La fission fut découverte en 1938 par les physiciens américains **Otto Hahn**, **Lise Meitner** et **Friz Strassmann**. En 1939, l'Italien **Enrico Fermi** émet l'hypothèse que la fission d'un atome d'uranium peut dégénérer car celle-ci émet des neutrons qui vont désintégrer un autre atome d'uranium, et ainsi de suite... Fermi laissera son nom à une famille de particules, les fermions, à laquelle appartiennent les quarks.

L'énergie du futur ?

Si la fission est la division d'un atome lourd, la fusion est au contraire le regroupement de deux atomes légers pour en former un plus gros. Sur le Soleil, des atomes d'hydrogène fusionnent pour former des atomes d'hélium en dégageant une énergie considérable. C'est ce phénomène que l'on envisage d'utiliser dans les futurs réacteurs nucléaires où l'on réaliserait la fusion du deutérium et du tritium, deux isotopes de l'hydrogène présents dans la nature. Cette réaction permettrait d'engendrer des produits beaucoup moins radioactifs que les déchets de la fission utilisée actuellement.

Question 104. Pour un bras cassé

Quels sont les rayons invisibles utilisés lors d'une radiographie ?

- A. Les rayons gamma
- B. Les rayons ultraviolets
- C. Les rayons X

Réponse

La réponse est C. Les clichés obtenus lors d'une radiographie traduisent l'opacité plus ou moins grande des organes aux rayons X*. Ainsi un os, plus opaque qu'un muscle, apparaîtra plus foncé que celui-ci.

Un peu d'histoire

En 1895, le physicien allemand **Wilhelm Röntgen** découvre les rayons X. Ce sont des rayons lumineux invisibles pour l'œil humain, très énergétiques et produits par des perturbations d'électrons. Röntgen constate que ces rayons dont il ignorait la nature au début (d'où l'appellation « X ») sont capables de traverser la matière. Il effectue la première radiographie sur la main de sa femme.

Question 105. Une matière vraiment vivante

Qu'est-ce que la radioactivité ?

- A. L'émission d'ondes radio par des molécules
- B. La destruction spontanée de certains atomes
- C. L'émission spontanée de lumière par la matière

Réponse

La réponse est B. Tous les atomes qui composent la matière sont instables à plus ou moins long terme. Les atomes d'uranium, utilisés dans les centrales nucléaires, se décomposent beaucoup plus rapidement que les atomes de carbone dont nous sommes constitués.



Henri Becquerel

Un peu d'histoire

Le physicien français **Henri Becquerel** (1852-1908) étudiait la fluorescence, c'est-à-dire la propriété qu'ont certaines substances à émettre de la lumière visible quand elles ont reçu au préalable de la lumière invisible (ultraviolet, rayons X*, etc.). En enfermant de l'uranium dans une boîte privée de lumière, il constata que l'uranium avait laissé une image sur une plaque photographique. En outre, l'uranium émettait un rayonnement qui possédait une charge électrique. C'est ainsi que fut découverte la radioactivité.

Question 106. Atomes crochus

De quoi l'atome est-il constitué ?

- A. D'électrons et de protons dans un noyau
- B. D'électrons qui tournent autour d'un noyau composé de protons
- C. De protons qui tournent autour d'un noyau composé d'électrons

Réponse

La réponse est B. La matière n'est présente qu'à deux endroits : au niveau du noyau, qui représente l'essentiel du poids de l'atome, et au niveau des électrons, éléments très légers qui tournent autour du noyau. Entre eux, il n'y a que du vide ! Il y a environ 99,99 % de vide. Mais comment fait-on pour tenir debout ? C'est la force électromagnétique qui est responsable de la stabilité des molécules et de toutes les réactions chimiques.

Un peu d'histoire

Ernest Rutherford (1871-1937) fut l'un des premiers à décrire l'atome. En 1911, il fit une expérience célèbre : il bombarda une mince feuille d'or avec des particules alpha. Ces dernières étant chargées positivement, elles auraient dû être déviées. Or, très peu le furent. Rutherford en conclut que la matière n'est « que du vide » et se trouve concentrée essentiellement dans des petites structures, les noyaux. C'est aussi lui qui énonça la loi selon laquelle les électrons négatifs tournent autour du noyau.

Question 107. Un nom à particule

Quelle est l'origine du mot « nucléaire » ?

- A. Du latin *nucleus* qui signifie « matière »
- B. Du latin *nucleus* qui signifie « atome »
- C. Du latin *nucleus* qui signifie « noyau »

Réponse

La réponse est C. Le terme *nucleus* a également donné le mot « nucléons », les constituants du noyau. Dans le noyau, il y a des protons et des neutrons. Les protons qui sont des charges positives se repoussent entre elles et rendent le noyau instable. Une force fondamentale assure la stabilité du noyau : il s'agit de l'interaction forte.

Un peu d'histoire

Le physicien britannique **Ernest Rutherford** (1871-1937) est considéré comme le père de la physique nucléaire. Rutherford comprit qu'un atome est radioactif quand il émet des noyaux d'hélium (les particules alpha) ou des électrons (les particules bêta). En se désintégrant, l'atome produit alors une énergie considérable. C'est cette énergie qui est récupérée dans les centrales nucléaires.

Les forces de l'Univers

Les phénomènes physiques sont régis par quatre forces fondamentales : la gravité*, la force électromagnétique*, l'interaction forte qui assure la stabilité du noyau de l'atome et l'interaction faible, responsable de la radioactivité. L'objectif ultime de la physique est de montrer que ces quatre forces ont une origine identique qui remonterait au Big Bang, c'est-à-dire à la création de l'Univers, il y a 14 milliards d'années.

Question 108. Un prix Nobel français

Pour quel domaine de la physique Georges Charpak eut-il le prix Nobel 1992 ?

- A. La détection des particules de la matière
- B. La radioactivité
- C. L'étude des particules cosmiques

Réponse

La réponse est A. En 1992, Georges Charpak reçoit le prix Nobel de Physique pour la création d'un détecteur de particules, la chambre multifils. Il s'agit d'un appareil permettant de détecter le passage d'une particule de matière ; au passage de cette dernière dans un gaz, des électrons sont libérés par ce gaz puis détectés par des fils électriques.

Un peu d'histoire

Né en 1924, **Georges Charpak** est d'origine polonaise. Pendant la guerre, il fut déporté par le régime nazi. Membre du Collège de France, ayant travaillé au CNRS et au CERN de Genève, il est à l'origine de « La main à la pâte », méthode révolutionnaire dans l'enseignement de la physique à l'école primaire.

Question 109. Le passe-muraille

Pourquoi ne peut-on pas passer la main à travers un mur ?

- A. La matière est trop dense
- B. Les électrons de la main sont repoussés par les électrons du mur
- C. Il faudrait bouger la main à la vitesse de la lumière

Réponse

La réponse est B. A priori, il ne serait pas impossible de passer la main à travers un mur puisqu'il y a beaucoup de vide dans la matière. C'est sans compter les charges négatives de la matière, les électrons, qui se repoussent entre elles.

Un peu d'histoire

Rutherford avait imaginé que les électrons tournent autour du noyau de l'atome comme les planètes autour du Soleil. Le physicien danois **Niels Bohr** (1883-1962) alla plus loin en affirmant que l'énergie des électrons est quantifiée, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas prendre n'importe quelle valeur. Il reçut un prix Nobel en 1922 pour ses travaux. Lors de la Seconde Guerre mondiale, Bohr dut quitter le Danemark occupé par les Nazis. Il s'installa aux États-Unis où il participa à l'élaboration de la bombe atomique. Jusqu'à sa mort en 1962, il dénoncera les dangers des armes nucléaires.

De l'énergie en réserve

Rutherford déclarait en 1933 : *Anyone who looks for a source of power in the transformation of the atom is talking moonshine* : « Quiconque recherche une source d'énergie dans la transformation de l'atome dit des balivernes. » C'était quelques années avant la découverte de la fission nucléaire qui allait prouver que l'on peut extraire de l'atome une énergie considérable pour créer de l'électricité (pile atomique) ou, malheureusement, pour produire des bombes.

Question 110. Crise d'identité

Si vous rencontrez votre double d'antimatière :

- A. Vous le saluez chaleureusement ?
- B. Vous vous enfuyez le plus vite possible ?
- C. Aucune des deux premières solutions n'est envisageable puisque vous vous désintégrez spontanément ?

Réponse

La réponse est C. L'antimatière* possède presque toutes les caractéristiques de la matière. Mais les deux ne peuvent coexister : dès qu'un électron rencontre son antiparticule, le positron, les deux s'annihilent. Pourquoi y a-t-il plus de particules que d'antiparticules dans l'espace ? Cela reste un mystère...

Un peu d'histoire

En 1932, la découverte du positron par **Carl Anderson**, physicien américain, permit de découvrir la première particule d'antimatière, dont l'existence avait été prédite par le physicien britannique **Paul Dirac** (1902-1984).

Matière et antimatière

Particule	électron	neutron	quark	photon
Antiparticule correspondante	positron	antineutron	antiquark	photon

Chaque particule a sa propre antiparticule de même masse mais de charge électrique opposée. Ainsi, un électron est négatif, et son antiparticule, le positron, est positif. Seul le photon est identique à son antiparticule.

Question 111. Course de vitesse

Pourquoi accélère-t-on les particules de matière ?

- A. Pour l'intérêt du record à battre
- B. Pour les projeter contre d'autres particules et casser ainsi la matière pour mieux la comprendre
- C. À la vitesse de la lumière, toutes les particules de matière se transforment en lumière et deviennent visibles

Réponse

La réponse est B. La biologie est le domaine du monde microscopique, c'est-à-dire de l'ordre du micromètre (0,000 001 m), observable à l'aide de microscopes. La physique nucléaire étudie des objets 1000 fois plus petits. On atteint alors le monde de l'infiniment petit. Il est alors nécessaire de casser la matière pour comprendre sa structure. Le cyclotron est un accélérateur circulaire de particules. Les particules, soumises à un champ électrique et magnétique, suivent une trajectoire en spirale tout en accélérant. À l'heure actuelle, il existe une dizaine de cyclotrons en France.

Un peu d'histoire

Le cyclotron fut inventé, en 1931, par le physicien américain **Ernest Lawrence** (1901-1958). L'atome situé en 103^e position dans la classification de Mendeleïev* s'appelle le « lawrencium », en hommage à Lawrence.

Question 112. Irradié des listes

Dans quelle situation subissez-vous le plus de radioactivité ?

- A. Lors d'une balade en forêt près de roches en granit
- B. Lors d'un voyage en avion
- C. Lorsque vous passez une radiographie

Réponse

La réponse est C. Les sources de radioactivité sont nombreuses. Des rayons cosmiques venant de l'espace bombardent en permanence la surface de la Terre. Certaines roches contiennent des traces d'uranium. Une radiographie est également une source de rayonnements assez importante. Enfin, il existe des déchets nucléaires, et les retombées d'accidents nucléaires sont malheureusement des sources importantes.

Un peu d'histoire

Irène Curie (1897-1956) est la fille de Pierre et Marie Curie. Avec son mari **Frédéric Joliot**, elle parvint à fabriquer un atome radioactif qui n'existe pas dans la nature : le phosphore 30, qui se désintègre très vite. C'est ainsi que fut inventée la radioactivité artificielle, celle provoquée par l'homme, par opposition à la radioactivité naturelle. Il s'agit, en fait, du même phénomène.



Irène et Frédéric Joliot-Curie

Question 113. Emportés par le courant

À quelle vitesse se déplace l'électricité dans les fils électriques ?

- A. Quelques millimètres par seconde
- B. Quelques kilomètres par heure
- C. À la vitesse de la lumière

Réponse

La réponse est A. Les électrons, responsables du courant électrique, se déplacent très lentement. Mais alors pour quelle raison, dès qu'on actionne un interrupteur, la lumière d'une lampe apparaît-elle tout de suite ? En fait, les électrons sont déjà en place, ils attendent le signal pour se déplacer, signal qui, lui, se déplace très vite.

Un peu d'histoire

En 1879, **William Crookes**, physicien et chimiste anglais, découvrit les « rayons cathodiques » que l'on obtient en appliquant une haute tension dans un gaz à basse pression. Il s'agit en fait d'un faisceau d'électrons issus d'une électrode négative appelée « cathode ». Les électrons furent découverts, en 1891 par l'Irlandais **George Stoney**. Dans la matière, les électrons sont des charges négatives qui tournent autour du noyau d'un atome

Question 114. De plus en plus petit

Comment s'appellent les plus petits constituants de la matière ?

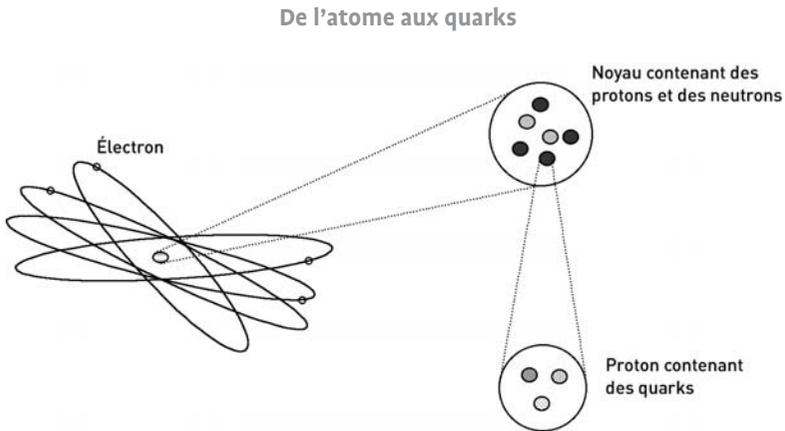
- A. Les bosons
- B. Les fermions
- C. Les quarks

Réponse

La réponse est C. Les quarks* sont les constituants des protons, eux-mêmes constituants du noyau de l'atome. Les quarks ont des caractéristiques aux noms poétiques : « étrange », « charme », « beauté », « vérité ». Ils sont également qualifiés de « rouge », de « vert » ou de « bleu », ce qui n'a évidemment rien à voir avec les couleurs traditionnelles mais constitue un moyen simple de les différencier.

Un peu d'histoire

Un prix Nobel en 1969 récompensa le physicien américain **Murray Gell-Mann** pour la découverte des quarks. Le mot « quarks » viendrait d'une phrase d'un livre de James Joyce, *Finnegans Wake* : « Three quarks for Muster Mark », que l'on pourrait traduire par : « trois railleries pour Monsieur Mark ».



Question 115. Particule indésirable

Parmi ces particules de matière, laquelle n'existe pas ?

- A. Le gluon
- B. Le boson
- C. Le minion

Réponse

La réponse est C. Le quark* est la particule la plus petite de la matière. Pour communiquer entre eux, les quarks ont besoin d'un messenger : le gluon*. Les bosons représentent une famille de particules à laquelle appartient le photon.

Un peu d'avenir

L'un des objectifs majeurs de la recherche scientifique au XXI^e siècle est de découvrir le boson de Higgs, particule que le physicien **Peter Higgs** soupçonne d'exister depuis les années 1960. Il s'agit du messenger de l'interaction faible, la force responsable de la radioactivité. À l'heure actuelle, toutes les techniques nouvelles sont mises en œuvre pour le découvrir : cela rassurerait les physiciens sur la cohérence de leurs théories !

Les poupées russes de la matière

Existe-t-il des éléments plus petits que les quarks ? On parle depuis quelques années de la théorie des cordes. La corde quantique serait, comme une corde classique, capable de vibrer de différentes manières. Elle peut donc vibrer, s'étirer ou se déformer et nous apparaître comme un électron, un quark ou n'importe quelle autre particule.

Chapitre 7

Chimie

Question 116. Heavy metal

Quelle époque est la plus ancienne ?

- A. L'âge du fer
- B. L'âge du bronze
- C. L'âge du cuivre

Réponse

La réponse est C. Peu résistant aux chocs, le cuivre servait alors essentiellement pour les éléments décoratifs ou pour la vaisselle. Il conduit bien l'électricité (fil électrique) et la chaleur (casserole). De couleur rouge, le cuivre est l'un des rares métaux que l'on trouve à l'état naturel.

Un peu d'histoire

L'âge du cuivre en Europe s'étend approximativement de 2500 à 1700 avant J.-C. Cependant, des traces de cuivre fondu datant du 7^e millénaire avant J.-C. ont été retrouvées en Turquie. L'âge du bronze lui succède. Le bronze est un alliage de cuivre et d'étain. Quant à l'âge du fer, il commence dans le Nord de l'Europe dès le VIII^e siècle avant J.-C.

Métaux et anniversaires de mariage

Pour ses 10 ans de mariage, un couple fête ses noces d'étain. Pour ses 22 ans, ce sont les noces de bronze. Enfin, pour ses 32 ans de vie commune, il célèbre les noces de cuivre ; le bronze étant un alliage de cuivre et d'étain, cet ordre n'est pas logique !

Question 117. Un pantalon populaire

Quel colorant donne sa couleur bleue au blue-jean ?

- A. L'indigo
- B. Le pastel
- C. Le bleu de méthylène

Réponse

La réponse est A. Les jeans sont fabriqués en coton. L'indigo est une plante utilisée comme teinture depuis au moins 4000 ans. On fabrique à présent de l'indigo synthétique. Le mot jeans vient de l'anglais *genoise* signifiant « génois » : les marins de la ville de Gênes en Italie furent nombreux à porter ce pantalon révolutionnaire.

Un peu d'histoire

Dès 1500 avant J.-C., les Égyptiens utilisaient des colorants d'origine végétale : le safran pour le jaune, le pastel pour le bleu, la garance pour le rouge. Remplacée depuis par des colorants synthétiques, la garance fut utilisée abondamment pour la teinture des uniformes pendant la Première Guerre mondiale.

Une origine française

Dans les années 1850, Levi-Strauss fabrique les blue-jeans avec du « denim », un coton fabriqué dans la ville de Nîmes. À l'origine, le blue-jean était un vêtement de travail résistant, venant remplacer celui des chercheurs d'or qui s'abîmait très rapidement.

Question 118. Le propre de l'homme

De quel produit chimique a-t-on besoin pour fabriquer du savon ?

- A. De l'acide sulfurique
- B. De la soude
- C. De l'acide nitrique

Réponse

La réponse est B. Deux produits suffisent pour fabriquer du savon : un corps gras et de la soude*. La soude attaque le corps gras pour le transformer en espèce hydrophile, c'est-à-dire une espèce soluble dans l'eau. Le savon devient ainsi une espèce hybride faisant le lien entre deux types de liquides : les liquides aqueux et les liquides gras.

Un peu d'histoire

Le procédé de la fabrication du savon est connu depuis environ 5000 ans. Le savon était obtenu en mélangeant de l'huile et de la soude, d'origine végétale. En 1789, le chimiste français **Nicolas Leblanc** parvient à fabriquer de la soude à partir d'eau de mer et fonde à Saint-Denis une usine, La Franciade. La chute de la royauté dans les années 1790 entraîne la fermeture de son usine. Il se suicidera en 1806. En 1823, le chimiste **Eugène Chevreul** parvient à expliquer la réaction de saponification*. Né en 1786, Chevreul vivra jusqu'à l'âge de 103 ans !

Question 119. Pour bien démarrer la journée

Quel acide trouve-t-on dans les batteries de voitures ?

- A. L'acide nitrique
- B. L'acide sulfurique
- C. L'acide chlorhydrique

Réponse

La réponse est B. L'acide sulfurique* est très utilisé de nos jours. Il sert, entre autres, à la fabrication d'engrais, de colorants, au décapage des métaux. Le mot « sulfurique » vient du mot « soufre ». Les pluies sont acides lorsque les vapeurs d'oxyde de soufre issues de la pollution se dissolvent dans les gouttes d'eau.

Un peu d'histoire

L'acide sulfurique s'appelait autrefois le « vitriol ». On raconte que ce mot vitriol serait l'acronyme de *Visita Interiora Terrae Rectificando Invenies Occultum Lapidem* signifiant « Visite l'intérieur de la terre et en rectifiant tu trouveras la pierre cachée. »

Ces acides qui nous entourent

Dans le lait qui tourne, il se forme de l'acide lactique. L'acide ascorbique est l'autre nom de la vitamine C. Sa consommation éloigne une maladie grave, le scorbut. Quant à l'aspirine, il s'agit du très compliqué acide acétylsalicylique... Tous les acides possèdent des ions hydrogène H^+ qui sont responsables de l'acidité.

Question 120. Nez sous une bonne étoile

L'une des étapes importantes dans la fabrication du parfum est la distillation. De quoi s'agit-il ?

- A. L'ajout d'alcool aux différentes essences
- B. L'extraction des odeurs par la vapeur d'eau
- C. Le dépôt de fines particules solides au fond du récipient

Réponse

La réponse est B. Le pétrole subit également une distillation lorsqu'il est raffiné. Cela s'effectue dans de grands tours. On récupère les produits les plus légers en haut de la tour (propane, butane...) et les plus lourds en bas (fioul, huile de graissage, etc.).

Un peu d'histoire

Invention attribuée aux Egyptiens au IV^e millénaire avant J.-C., l'alambic, utilisé pour les distillations, servait à la fabrication du parfum. De très grands alambics servent encore aujourd'hui pour la fabrication du whisky dans les distilleries.

Question 121. Un éléphant dans un magasin

À partir de quel minerai est fabriquée la porcelaine ?

- A. Le sable
- B. Le kaolin
- C. Le marbre

Réponse

La réponse est B. Le kaolin est un mot chinois signifiant « colline élevée », lieu de son extraction. Il s'agit d'un minerai réfractaire* issu de la dégradation d'argiles ou de granits. Le mot « porcelaine » vient du coquillage du même nom qui lui ressemble par l'aspect.

Un peu d'histoire

Inventée en Chine, la porcelaine fut ensuite importée en Europe par les Italiens au XV^e siècle. La création de la manufacture de Limoges, en 1771, est due à la présence d'un gisement de kaolin aux environs.

Question 122. La ruée vers l'or

Est-il possible de fabriquer de l'or ?

- A. Oui, très facilement
- B. Oui, mais très difficilement
- C. Non

Réponse

La réponse est B. Vous avez bien lu : on pourrait fabriquer de l'or ! Mais cela nécessiterait des accélérateurs de particules* qui sont des bâtiments très imposants. La fabrication coûterait plus cher que l'or obtenu. Filtrer l'eau des rivières est encore le meilleur moyen !

Un peu d'histoire

Le libraire **Nicolas Flamel** naquit à Pontoise vers 1330. En 1357, on lui remet un ouvrage de textes alchimiques entre les mains. Pendant une vingtaine d'années, il va avec sa femme Pernelle essayer de déchiffrer ce mystérieux livre. En 1382, il déclare avoir transformé du mercure en argent. Les Flamel finirent leurs jours très riches et financèrent des hôpitaux et des églises. Après sa mort, sa tombe sera saccagée sans qu'on ne découvre son secret.

L'argent n'est plus ce qu'il était

Les pièces de monnaie qui traînent au fond de nos poches ne sont pas en argent ! Il s'agit d'un alliage composé essentiellement de nickel. Le nickel est également utilisé dans la fabrication de certaines cordes de guitare et, allié au fer, on le retrouve dans les écrans de téléviseurs cathodiques.

Question 123. Sujet brûlant

Un objet qui a brûlé est :

- A. Plus lourd qu'avant ?
- B. Moins lourd qu'avant ?
- C. Du même poids qu'avant ?

Réponse

La réponse est A. La combustion a besoin d'oxygène. Ce gaz vient se fixer aux molécules de la matière pour l'alourdir. En fait, à la fin, ce n'est plus le même corps puisqu'il y a eu une réaction chimique. Quand on brûle du fer, on obtient à la fin de l'oxyde de fer.



Antoine Lavoisier

Un peu d'histoire

Au XVII^e siècle, on pensait que la combustion des objets libérait une substance assimilée à de la chaleur que l'on appelait « phlogistique ». Un objet brûlé devait donc être moins lourd après la combustion. C'est le physicien allemand **Johann Becher** (1635-1682) qui est à l'origine du phlogistique. Or, **Antoine Lavoisier**, qui fut l'un des premiers à peser les produits de réactions chimiques, constata qu'un objet brûlé était plus lourd à la fin. Il expliqua ce phénomène par la fixation de l'oxygène venant alourdir l'objet en train de brûler.

Question 124. Pauvre petite bête

L'acide méthanoïque est utilisé dans les décapants pour peinture. De quel animal provient cet acide ?

- A. La mouche
- B. Le moustique
- C. La fourmi

Réponse

La réponse est C. L'autre nom de l'acide méthanoïque est l'acide formique. Il est utilisé de nos jours dans l'industrie textile pour les teintures et dans l'industrie papetière. L'acide formique est un liquide incolore et âcre.

Un peu d'histoire

C'est en 1749 que le chimiste allemand **Andreas Marggraf** (1709-1782) découvre l'acide méthanoïque. Il fut obtenu la première fois par distillation d'un jus de fourmis.

Ça tourne au vinaigre !

Dans la même famille que l'acide méthanoïque, il y a aussi l'acide éthanoïque plus connu sous le nom d'acide acétique, l'un des constituants du vinaigre. Quant à l'acide butyrique, il donne son goût au beurre rance.

Question 125. L'affaire du poison

De quoi est composée la molécule de cyanure ?

- A. D'arsenic et de carbone
- B. D'arsenic et d'azote
- C. De carbone et d'azote

Réponse

La réponse est C. Le carbone et l'azote sont des composants familiers et leurs propriétés chimiques semblent inoffensives. Pourtant, l'association des deux engendre un poison très dangereux. Le cyanure est utilisé actuellement comme raticide.

Un peu d'histoire

Un autre poison connu est l'antimoine. Il était déjà connu chez les Babyloniens. Son nom vient de la légende selon laquelle plusieurs moines seraient morts en l'ingérant. Ces derniers, affaiblis par une nourriture insuffisante, auraient suivi les conseils d'un alchimiste dont on doute de l'existence, Basile Valentin. Utilisé dans l'Antiquité comme médicament, l'antimoine sert aujourd'hui à fabriquer des composants électroniques.

Napoléon empoisonné ?

On a retrouvé des traces d'arsenic dans une mèche de cheveux de l'Empereur. Est-ce un assassinat ? Ses médicaments contenaient-ils de l'arsenic ? La fumée dégagée par le poêle de sa chambre en contenait-elle ? Le mystère subsiste...

Question 126. Au feu !

Pourquoi, lorsqu'on souffle dessus, les bougies s'éteignent tandis que le feu de cheminée se ravive ?

- A. La flamme de la bougie est petite, donc plus fragile, comparée au feu de cheminée
- B. Lorsqu'on éteint une bougie, on envoie du gaz carbonique, tandis qu'avec un soufflet on envoie de l'oxygène
- C. Pour les deux raisons précédentes

Réponse

La réponse est C. Le gaz carbonique s'appelle scientifiquement le « dioxyde de carbone », car cette molécule est composée de deux atomes d'oxygène et d'un atome de carbone. Sa formule est CO_2 . Il s'agit du gaz présent dans les boissons gazeuses mais également de celui que l'on rejette lorsqu'on respire.

Un peu d'histoire

Le gaz carbonique fut mis en évidence par le chimiste britannique **Joseph Black** (1728-1799). C'est en chauffant du carbonate de calcium, autrement dit de la craie, qu'il observa la formation de chaux et le dégagement d'un gaz. Il l'appela l' « air fixé », fixé à la matière qui pouvait le libérer. Ce gaz était déjà connu du chimiste flamand **Van Helmont** au siècle précédent. Ce dernier l'avait appelé « gaz sylvestre », provenant de la combustion du bois.

Question 127. Espace fumeur

Peut-il y avoir un incendie dans l'espace ?

- A. Oui
- B. Non
- C. Cela dépend de la région de l'espace

Réponse

La réponse est B. Dans l'espace, il n'y a pas de molécules d'air, donc pas d'oxygène, donc pas d'incendie possible. Puisqu'il n'y a pas d'air, il ne peut pas y avoir non plus de propagation du son. Le Soleil est une boule de feu à cause de réactions nucléaires : l'hydrogène s'y transforme en hélium sans avoir besoin d'oxygène.

Un peu d'histoire

Carl Scheel (1742-1786) est un chimiste suédois. En 1772, il obtient de l'oxygène en chauffant de l'oxyde de mercure. Deux ans après, l'anglais **Joseph Priestley** (1733-1804) laisse l'oxyde de mercure se décomposer au Soleil avec une lentille, un jour d'août. Priestley ne l'appelle pas encore oxygène mais « air déphlogistiqué ». On doit à **Lavoisier** le nom « oxygène », qui vient du grec *oxus* qui signifie « acide ».

Vide et vide....

Un verre qui n'est pas rempli est qualifié de « vide » alors qu'il contient des milliards et des milliards de molécules d'air ! En revanche, l'espace qui est qualifié de « vide » ne contient parfois qu'un atome par mètre cube. Cela se complique quand on dit que le « vide » de l'espace est « rempli » par des ondes électromagnétiques, et donc qu'il n'est pas vide ...

Question 128. Un drôle d'air

L'air qui nous entoure est composé de :

- A. 80 % d'azote et 20 % d'oxygène ?
- B. 20 % d'azote et 80 % d'oxygène ?
- C. 50 % d'azote et 50 % d'oxygène ?

Réponse

La réponse est A. Plus précisément, il y a 21 % d'oxygène, 78 % d'azote et 1 % d'autres gaz. Ces autres gaz sont le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau, l'argon (découvert en 1785 par Cavendish) et l'hélium (découvert à la fin du XIX^e siècle). L'ozone* est un gaz de la haute atmosphère, malheureusement détruit par certaines pollutions humaines. Il sert à filtrer les rayons ultraviolets. Il est aussi créé au niveau du sol où il provoque des problèmes de santé.

Un peu d'histoire

Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) eut une vie très remplie. Il s'adonnait à la chimie après une longue journée de travail. Il découvrit le rôle de l'oxygène dans la combustion, effectua la décomposition de l'air et celle de l'eau. Il donna une grande importance à l'usage de la balance pour peser les produits chimiques. Il est considéré comme le père de la chimie moderne. Il fut membre de l'Académie des sciences et de l'administration royale des Poudres.

La République n'a pas besoin de savants !

Lavoisier fut guillotiné en 1794 pour avoir été fermier général (chargé de recouvrer les impôts), et non pour son statut de chimiste. Cependant, la Révolution a persécuté ses savants. Dans le journal de Jean-Paul Marat, *l'Ami du Peuple*, on peut lire à propos des académiciens scientifiques : « Le bien qu'ils opèrent est nul, le mal qu'ils font est extrême, les régler est une chose impossible, il faudrait les anéantir. » Lors du procès de Lavoisier, le président aurait dit : « La République n'a pas besoin de savants ! »

Question 129. Se noyer dans une molécule d'eau !

De quoi est composée la molécule d'eau ?

- A. D'oxygène et d'azote
- B. D'hydrogène et d'azote
- C. D'oxygène et d'hydrogène

Réponse

La réponse est C. La molécule d'eau de formule H_2O contient un atome d'oxygène pour deux atomes d'hydrogène. L'oxygène est l'élément le plus répandu à la surface de la Terre par sa présence dans l'atmosphère mais aussi dans la matière vivante. L'hydrogène, lui, est l'élément le plus répandu dans l'Univers.

Un peu d'histoire

La réaction de synthèse de l'eau à partir d'hydrogène et d'oxygène est une réaction explosive. Elle fut effectuée la première fois par le physicien britannique **Henry Cavendish** (1731-1810). Dans un autre domaine, Cavendish parvint, avec une balance de torsion analogue à celle de Coulomb pour les charges électriques, à déterminer la constante de gravitation. Cavendish redoutait les femmes et ne communiquait que par signes avec ses domestiques.



Henry Cavendish

Question 130. Eau de toilette

Quelle est l'origine de l'eau de Javel ?

- A. Elle fut créée par le chimiste Javel
- B. Le ministre Javel la fit connaître au grand public
- C. Elle fut fabriquée dans une usine située dans le village de Javel, près de Paris

Réponse

La réponse est C. Le nom scientifique de l'eau de Javel est l'hypochlorite de sodium. Elle est utilisée comme désinfectant et décolorant. L'eau de Javel est fabriquée à partir d'un gaz très toxique, le dichlore*.

Un peu d'histoire

À ses débuts, l'eau de Javel était appelée la « lessive de Berthollet », du nom du chimiste français **Claude Berthollet** (1748-1822) qui a découvert les propriétés décolorantes du chlore.

Question 131. Bien précieux

Qu'est-ce que le Régent ?

- A. Un livre d'alchimie permettant de transformer le mercure en or
- B. Un diamant célèbre de plus de 400 carats
- C. Un arôme très précieux utilisé dans les parfums de luxe

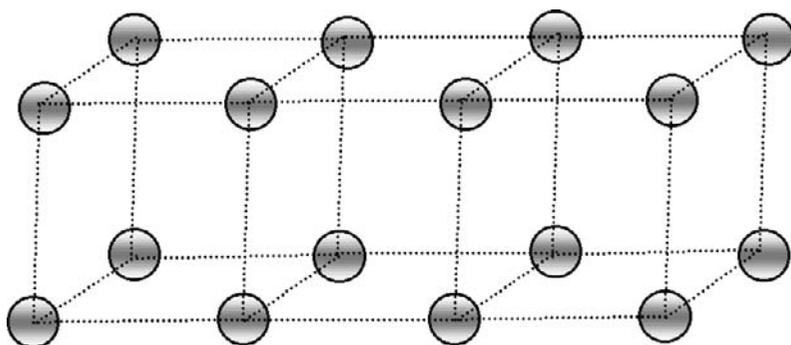
Réponse

La réponse est B. Découvert en Inde en 1701, il appartient successivement au régent de France Philippe d'Orléans, Louis XV, Marie-Antoinette, Napoléon et Charles X. Il se trouve à présent au musée du Louvre. Le carat est une unité de masse utilisée pour les diamants : il vaut 200 milligrammes.

Un peu d'histoire

Pour le chimiste français **René Haüy** (1743-1822), la forme extérieure des cristaux dépend d'un arrangement périodique des atomes dans la matière. Il dégagait la notion de symétrie dans les cristaux. Cette étude sera reprise par **Pierre Curie** à la fin du XIX^e siècle, avant qu'il ne s'intéresse à la radioactivité avec son épouse Marie.

Arrangement périodique d'atomes dans un cristal



Question 132. Rien ne s'oublie, tout se sait

Compléter la phrase suivante du chimiste Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée... » :

- A. Tout se transforme ?
- B. Tout est immuable ?
- C. Tout change ?

Réponse

La réponse est A. Une réaction chimique n'est qu'une transformation. Du fer qui brûle fournit de l'oxyde de fer qui pèse plus lourd. Pourquoi ? Les atomes d'oxygène se sont combinés aux atomes de fer pour former des molécules d'oxyde de fer. On dit alors que le principe de Lavoisier est respecté : il y avait, au début, le fer et l'oxygène ; à la fin, il y a l'oxyde de fer.

Un peu d'histoire

À la Révolution, le chimiste français **Lavoisier** généralisa l'usage de la balance dans les réactions. Il pesait ce qu'il y avait avant et après. Lavoisier posa en principe que toute la masse du début devait se retrouver à la fin, sans aucune perte ni création.

Question 133. Le bon choix

Quelle est la phrase correcte ?

- A. Un atome est composé de molécules
- B. Une molécule est composée d'atomes
- C. Une molécule est un petit atome

Réponse

La réponse est B. L'atome est la « brique » élémentaire de la matière qui permet de fabriquer des molécules. Il existe environ 90 atomes à l'état naturel dans tout l'Univers. Certains noms nous sont familiers : carbone, fluor, azote, oxygène, fer, chlore, sodium, etc. Leur association permet de créer une infinité de molécules de matière.

Un peu d'histoire

Les atomes sont évoqués depuis l'Antiquité comme des constituants de la matière. Le chimiste et physicien britannique **John Dalton** (1766-1844) suppose que le poids de chaque atome permet de l'identifier. On lui doit également la très importante loi des proportions multiples : les atomes se combinent entre eux pour former des molécules simples comme H_2O , CO_2 ...

Question 134. Sans modération

Combien de molécules d'eau contient un verre d'eau ?

- A. 1000
- B. 1 suivi de 15 zéros
- C. 1 suivi de 25 zéros

Réponse

La réponse est C. Ce chiffre impressionnant montre la petitesse des molécules dans la matière, qu'elle soit solide, liquide ou gazeuse. Pour manipuler de grandes quantités de molécules, on utilise alors le nombre d'Avogadro qui est égal à $6,02 \times 10^{23}$.

Un peu d'histoire

En 1811, l'Italien **Amadeo Avogadro** (1776-1856) émet l'hypothèse suivante : deux gaz différents, de même volume, à la même température et ayant la même pression possèdent le même nombre de molécules. Les théories d'Avogadro eurent peu d'écho dans la communauté scientifique de l'époque. Il faudra attendre la fin du XIX^e siècle pour que l'on reconnaisse l'importance de ses travaux.

Le vertige des grands nombres

Il y a dans le cerveau environ 10^{11} neurones (10^{11} signifie que le chiffre 1 est suivi de 11 zéros). On estime entre 10^{15} et 10^{18} le nombre de grains de sable sur toutes les plages de la Terre. On peut observer à peu près 10^{23} étoiles dans l'Univers. Tous ces nombres gigantesques sont pourtant inférieurs au nombre de molécules dans un verre d'eau !

Question 135. Eau de rinçage

L'eau oxygénée est un désinfectant. Quel autre nom lui donne-t-on ?

- A. L'eau iodée
- B. Le peroxyde d'hydrogène
- C. L'eau lourde

Réponse

La réponse est B. La racine « per » exprime un excès de la quantité normale d'un atome dans une espèce chimique. Ainsi, « peroxyde » signifie qu'il s'agit d'une molécule d'eau avec un atome d'oxygène en plus. L'eau a pour formule H_2O , et l'eau oxygénée H_2O_2 .

Un peu d'histoire

Le chimiste français **Louis Jacques Thenard** (1777-1857) découvrit l'eau oxygénée en 1818. Pour désinfecter l'eau que l'on boit à nos robinets, on utilise de l'ozone, découvert en 1840 par le suisse **Christian Schönbein**.

L'eau oxygénée blanchie

L'eau oxygénée est utilisée dans le blanchiment des papiers ou dans le traitement des eaux. À faible concentration, elle est utilisée pour la décoloration des cheveux ou pour la désinfection des plaies.

Question 136. À quel prix !

Que remet-on le 10 décembre de chaque année ?

- A. Le prix Nobel de physique
- B. Le prix Nobel de chimie
- C. Le prix de l'Académie des sciences

Réponse

Les réponses sont A et B. Dans son testament daté de 1895 et ouvert en 1897, Nobel dit : « Tout le reste de la fortune que je laisserai en mourant sera employé de la manière suivante (...) : les revenus seront distribués chaque année à titre de récompense aux personnes qui, au cours de l'année écoulée, auront rendu à l'humanité les plus grands services ». Initialement, cinq prix annuels seront distribués dans les domaines suivants : physique, chimie, médecine ou physiologie, littérature et paix, auxquels viendra s'ajouter celui d'économie en 1968. Ils sont remis régulièrement le 10 décembre en Suède ou en Norvège.

Un peu d'histoire

En 1863, le Suédois **Alfred Nobel** (1833-1896) s'intéresse à la nitroglycérine*, déjà connue à l'époque. En 1864, la mort de son frère dans une explosion l'incite à entamer des recherches pour maîtriser ce type d'explosif. En 1875, il met au point le « plastic », explosif ayant la consistance du mastic.



Alfred Nobel

Question 137. Un peu de douceur

Qu'est-ce que le pH ?

- A. Un nombre exprimant la quantité de calcaire dans l'eau
- B. Un nombre exprimant la quantité de chlore dans l'eau
- C. Un nombre exprimant l'acidité d'un liquide

Réponse

La réponse est C. Il s'agit d'un nombre compris entre 0 et 14. Les initiales « pH » signifient « potentiel hydrogène », les ions hydrogène étant responsables de l'acidité d'un liquide.

Un peu d'histoire

Le chimiste danois **Søren Sørensen** (1868-1939) introduit la notion de pH en 1909. Pour le chimiste danois **Johannes Bronsted** (1849-1947), un acide est un corps capable de donner un proton et une base un corps capable d'en recevoir. À chaque acide correspond sa base conjuguée. Aussi parle-t-on de couple acide/base. L'acide conjugué de l'eau est l'ion hydrogène H^+ , responsable de l'acidité de tous les liquides.

Le pH dans tous ses états

Les liquides dont le pH est compris entre 0 et 7 sont qualifiés d'acides (les jus de fruits, le suc gastrique, le vinaigre, etc.). Entre 7 et 14, on parle de liquides basiques (savon, eau de Javel, etc.). Le chiffre 7 correspond à la neutralité. Une peau normale a un pH de 6,5, c'est-à-dire proche de la neutralité, d'où l'existence de produits de beauté au pH neutre pour éviter d'attaquer la peau.

Question 138. Une idée lumineuse

Dans une lampe halogène, à quoi correspond le mot « halogène » ?

- A. Une famille de métaux
- B. Une famille de verres
- C. Une famille de gaz

Réponse

La réponse est C. Les halogènes comme l'iode ou le fluor ont tous les mêmes propriétés chimiques. Ils réagissent de la même façon en acceptant un électron, ce qui leur confère une structure stable. Pour cette raison, ils appartiennent tous à la même colonne de la classification des atomes de Mendeleïev.

Un peu d'histoire

La classification* du chimiste russe **Mendeleïev** (1834-1907) a révolutionné la chimie. Il s'agit d'un petit tableau où les 63 éléments chimiques connus à l'époque sont rangés par ordre croissant de poids atomique. Les éléments possédant les mêmes propriétés chimiques sont rangés sur une même colonne. Mais l'originalité du tableau tient au fait que Mendeleïev a laissé des cases vides pour des éléments chimiques qui seront découverts bien après lui.

La classification de Mendeleïev

Hydrogène H 1							Hélium He 2
Lithium Li 3	Béryllium Be 4	Bore B 5	Carbone C 6	Azote N 7	Oxygène O 8	Fluor F 9	Néon Ne 10
Sodium Na 11	Magnésium Mg 12	Aluminium Al 13	Silicium Si 14	Phosphore P 15	Soufre S 16	Chlore Cl 17	Argon Ar 18
Potassium K 19	Calcium Ca 20					Brome Br 35	Krypton Kr 36

Le tableau répertorie les atomes existant dans tout l'Univers. Ils sont classés selon le nombre croissant de protons.

Question 139. Régime à l'eau

Les centrales nucléaires utilisent de l'eau lourde pour éviter que les réactions ne s'emballent. Qu'est-ce que l'eau lourde ?

- A. De l'eau contenant du plomb
- B. De l'eau dont l'hydrogène a été remplacé par du deutérium
- C. De la neige carbonique liquéfiée

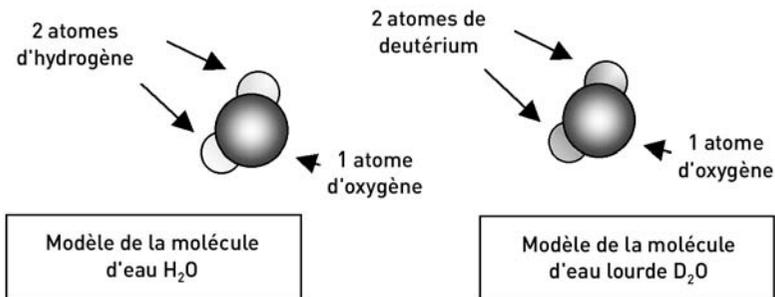
Réponse

La réponse est B. Le deutérium est l'isotope de l'hydrogène, c'est-à-dire un atome semblable mais un peu plus lourd. L'eau lourde a donc pour formule D_2O au lieu de H_2O . Elle sert essentiellement dans les centrales nucléaires pour ralentir les neutrons et éviter ainsi un emballement des réactions nucléaires.

Un peu d'histoire

L'eau lourde a fait l'objet de rivalités lors de la Seconde Guerre mondiale. En effet, en 1942, les Alliés, apprenant que les Allemands, pour fabriquer une bombe atomique, produisaient de l'eau lourde en Norvège, tentèrent de détruire les stocks à une centaine de kilomètres d'Oslo. Après plusieurs échecs, l'opération réussit en février 1944.

Comparaison entre les molécules d'eau et d'eau lourde



Question 140. C'est un jardin extraordinaire

Que signifie les lettres NPK sur les paquets d'engrais pour jardin ?

- A. Les initiales d'une usine fabriquant la plupart des engrais utilisés dans l'agriculture
- B. La teneur en azote, phosphore et potassium
- C. La référence d'une norme européenne sur le rejet des pesticides dans la nature

Réponse

La réponse est B. La lettre N correspond au symbole de l'azote (azote se dit *nitrogen* en anglais, d'où la lettre N pour symbole). Cet élément accélère la végétation. La lettre P correspond au phosphore ; ce dernier stimule le développement des racines. Quant à la lettre K, elle correspond au potassium (du latin *kalium*) qui améliore la résistance des plantes aux maladies.

Un peu d'histoire

L'agriculture utilise aussi des fongicides et des insecticides. L'insecticide DDT, qui répond au nom poétique de Dichlorodiphényltrichloroéthane, était abondamment utilisé dans l'agriculture dans les années 1940. Dans les années 1960, l'ouvrage *Le printemps silencieux* de Rachel Carson incrimine le DDT, l'accusant de tuer les insectes et les oiseaux en grand nombre et de contaminer la chaîne alimentaire. Son utilisation est réglementée depuis 2001.

Un problème grave : l'eutrophisation

Le rejet dans les cours d'eau d'engrais à base d'azote ou de phosphore entraîne un développement excessif de la flore, consommatrice d'oxygène. Cet épuisement de l'oxygène provoque alors la disparition d'espèces animales vivantes incapables de s'adapter à ces modifications de leur environnement.

Question 141. Tissu de secours

En quelle année fut inventé le Nylon ?

- A. 1905
- B. 1935
- C. 1965

Réponse

La réponse est B. Le Nylon est le premier textile synthétique. Il s'agit d'un polymère, c'est-à-dire une macromolécule issue du regroupement de molécules plus petites et toutes identiques. Son succès après la Seconde Guerre mondiale est dû à ses remarquables propriétés : haute élasticité, imputrescibilité, entretien et séchage facile, résistance au froissage.

Un peu d'histoire

Créé par la firme américaine Du Pont de Nemours, le mot Nylon viendrait de l'association des initiales de New York, NY, et du début du mot London, Lon.

Nylon : des hauts et des bas

Au départ principalement utilisé dans l'industrie textile, le Nylon va progressivement changer de domaine avec l'apparition d'une nouvelle fibre synthétique, le polyester, qui va le supplanter. De nos jours, on retrouve principalement le Nylon dans la fabrication de tapis, de moquettes, de pneumatiques ou encore d'articles de pêche.

Glossaire

Aberration chromatique : défaut d'un instrument optique qui donne un aspect flou et irisé à l'image.

Accélérateur de particules : appareil de grande dimension utilisé en physique nucléaire pour casser la matière par collision de particules accélérées.

Acide sulfurique : le mot sulfurique vient du mot « soufre ». Avec l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique, il s'agit de l'un des acides les plus fréquemment rencontrés dans le domaine de la chimie.

Antimatière : matière composée d'antiparticules. Les antiparticules présentent des caractéristiques similaires aux particules (même durée de vie, même poids) mais peuvent différer par leur charge électrique.

Apesanteur : être en apesanteur signifie ne ressentir aucune gravité, comme lorsque les astronautes flottent dans l'espace. La gravité et la pesanteur sont deux mots synonymes.

Astigmatisme : défaut de la vision qui transforme un point en une tâche floue.

Bissextile : une année bissextile consiste à ajouter le 29 février tous les 4 ans. Les années 1996, 2000 et 2004 ont été bissextiles. 2008 sera bissextile. Mais 2100, 2200 et 2300 ne seront pas bissextiles, car ce ne sont pas des multiples de 400 ! En revanche, 2000 et 2400 le sont. Le mot bissextile vient du fait qu'à l'époque romaine, on doublait le sixième jour (*sextile*) avant le 1^{er} mars. Il y avait un 24 février, et le lendemain était qualifié de 24 février bis.

Brownien (mouvement) : il s'agit du mouvement très désordonné des particules de la matière (dans l'état gazeux par exemple).

Cage de Faraday : cage de métal destinée à protéger certains appareils des ondes électromagnétiques extérieures.

Calorie : quantité d'énergie qu'il faut fournir pour augmenter d'un degré un gramme d'eau.

Candela : unité d'intensité lumineuse peu utilisée en pratique. La définition est un peu complexe : la candela correspond au rayonnement d'une source qui émet un rayonnement de fréquence 540×10^{12} hertz (qui correspond à la lumière verte), avec une intensité énergétique de $1/683$ watts.

Classification de Mendeleïev (extrait) : le tableau répertorie les atomes existant dans tout l'Univers. Ils sont classés selon le nombre croissant de protons.

Condensation : transformation qui fait passer un corps de l'état gazeux à l'état solide. Lorsqu'un nuage se forme par condensation, c'est que la vapeur d'eau, invisible dans l'atmosphère, se condense en cristaux de glace. Par abus de langage, on utilise souvent le mot « condensation » pour la transformation qui fait passer de l'état gazeux à l'état liquide, comme la formation de la buée dans une salle de bain.

Constellation : ensemble d'étoiles qui évoque des formes connues, comme une ourse, un chien, un aigle, un loup, etc.

Coriolis (force de) : force due à la rotation de la Terre sur elle-même. Elle explique l'enroulement des masses nuageuses sur les photos satellites de la météorologie.

Courants de Foucault : courants qui prennent naissance dans un métal lorsqu'un aimant bouge à proximité.

Cristallin : partie transparente de l'œil qui sert de lentille. Sa déformation permet d'accommoder, c'est-à-dire de faire une mise au point pour voir nettement.

Dichlore : gaz extrêmement toxique de couleur verte. Sa formule est Cl_2 .

Effet Joule : dégagement de chaleur au passage d'un courant dans un fil électrique. Les électrons « se cognent » sur les imperfections du métal et cèdent ainsi leur énergie à l'extérieur sous forme de chaleur.

Effet photoélectrique : production d'électricité à partir de lumière. Les photons (particules de lumière) donnent leur énergie aux électrons (particules responsables du courant électrique).

Électrons : particules de matière chargées négativement, tournant autour du noyau d'un atome.

Électro-aimant : barre de métal entourée d'un fil électrique. Le courant électrique transforme la barre de métal en aimant.

Électromagnétisme : branche de la physique qui fait le lien entre les propriétés magnétiques de la matière (aimant) et les phénomènes électriques dus à la présence ou aux mouvements des électrons.

Entropie : grandeur physique liée au désordre moléculaire.

Force électromagnétique : force qui explique la majorité des phénomènes existant sur Terre : les réactions chimiques, les changements d'état, l'attraction des aimants, etc.

Fréquence : nombre de fois où un phénomène se produit en une seconde. La fréquence s'exprime en hertz (Hz).

Géocentrique (modèle) : disposition des astres dans l'Univers consistant à placer la Terre au centre de l'Univers.

Grande Ourse : c'est peut-être la constellation la plus connue. Elle est également qualifiée de Grand Chariot ou de Casserole.

Gluons : particules de matière qui assurent la cohérence des quarks dans la matière.

Gravitation : force d'attraction qui s'exerce entre deux objets. Elle dépend de la masse des deux objets et de la distance qui les sépare.

Gyroscope (effet) : appareil qui, par la rapidité de sa rotation, garde une très grande stabilité.

Hydrodynamique : branche de la physique qui étudie les liquides ou les gaz en mouvement.

Hydrostatique : branche de la physique qui étudie les liquides au repos. Le principe d'Archimède en est la loi la plus connue.

Induction : phénomène physique qui fait apparaître un courant électrique dans un morceau de métal quand un aimant bouge à proximité.

Intensité : quantité d'électricité qui passe dans un fil par seconde.

Lunette (astronomique) : appareil optique composé de lentilles qui permettent de grossir l'image d'objets éloignés.

Méridien : ligne imaginaire à la surface de la Terre qui relie un pôle à l'autre. Le méridien de Greenwich sert de référence à tous les autres pour les fuseaux horaires.

Microprocesseur : composant électronique d'un ordinateur qui effectue des fonctions logiques.

Nanoscopique : le préfixe nano signifie « nain » en grec. Le nano est mille fois plus petit que le micro : 1 nanomètre = 0,000 000 001 mètre.

Nitroglycérine : constituant essentiel de la dynamite. Le terme nitro vient du mot latin *nitrum* signifiant « salpêtre ».

Ozone : gaz présent dans l'atmosphère et dont la formule est O_3 , c'est-à-dire 3 atomes d'oxygène. Le « trou » de la couche d'ozone est en fait un amincissement de cette partie de l'atmosphère qui permet de filtrer les rayons ultraviolets du Soleil.

Parallèle : ligne imaginaire qui fait le tour de la Terre parallèle à l'équateur.

Phase : sur une prise de courant, il y a deux bornes : la phase et le neutre. La phase « porte » le courant ; le neutre, lui, ne présente pas de danger. Il faut qu'un appareil soit branché aux deux bornes pour que le circuit électrique soit fermé.

Prisme : morceau de verre taillé en triangle qui permet de décomposer la lumière du Soleil.

Quark : particule de matière, la plus petite connue à l'heure actuelle.

Rayons cathodiques : faisceau d'électrons qui permet la formation des images dans une télévision. Ils sont émis par une cathode, c'est-à-dire une électrode de métal.

Rayons X : lumière constituée de photons très énergétiques utilisés en imagerie médicale.

Rayons Gamma : lumière très énergétique émise par radioactivité.

Référentiel : système qui sert de référence lors de l'étude du mouvement d'un objet. Par exemple, lorsque je roule en voiture, je suis immobile par rapport à la voiture, mais en mouvement par rapport à la route. La voiture et la route sont des référentiels. Un référentiel est galiléen lorsqu'il se déplace tout droit à vitesse constante.

Réfractaire : qui résiste à de très hautes températures.

Réfraction : phénomène physique où un rayon lumineux change de direction à la frontière de deux milieux transparents (l'air et l'eau par exemple).

Résistance : capacité d'un objet à résister au courant électrique. Elle s'exprime en ohm.

Saponification : fabrication du savon.

Satellites naturels : corps célestes tournant autour des planètes. La Lune est le satellite naturel de la Terre.

Solstice d'été : jour particulier de l'année qui tombe aux alentours du 21 juin. Cela correspond au jour le plus long de l'année et marque le début de l'été.

Solstice d'hiver : jour particulier de l'année qui tombe aux alentours du 21 décembre. Cela correspond au jour le plus court de l'année et marque le début de l'hiver.

Soude : appelé usuellement soude caustique, c'est un produit chimique très corrosif utilisé, entre autres, pour déboucher des canalisations.

Supraconducteur : matériau n'opposant aucune résistance au passage du courant électrique, évitant ainsi une perte d'énergie sous forme de chaleur.

Télescope : appareil d'optique constitué de miroirs réfléchissants qui permettent de grossir l'astre observé.

Telluriques : relatifs à la Terre. Sont qualifiées ainsi les planètes proches de la Terre et semblables à celle-ci par la taille : Mercure, Vénus et Mars.

Tension alternative : réserve d'électricité dont la valeur varie au cours du temps, comme celle délivrée par la prise de courant ou la dynamo d'un vélo.

Tension continue : réserve d'électricité qui a la même valeur au cours du temps, comme celle délivrée par une pile.

Transistor : composant électronique composé de trois bornes permettant d'amplifier le courant électrique.

Vaporisation : transformation de la matière qui fait passer un corps de l'état liquide à l'état gazeux.

Voie lactée : nom de notre galaxie. Elle tient son nom de la mythologie : les anciens pensaient qu'il s'agissait du lait destiné au dieu Hercule.

Index

A

Académie des sciences 81
acide sulfurique 158
aimant 54
al-Haytham, Ibn 100
Ampère, André-Marie 59, 62
Anaximandre 28
Anaximène 135
Anderson, Carl 146
années-lumière 47
antimatière 146
Arago, François 59
arc-en-ciel 101, 105
Archimède 75
Aristarque 29
astéroïdes 45
astrolabe 32
atome 136, 142
Avogadro, Amadeo 173

B

Bacon, Roger 101
Bardeen, John 70
Beau de Rochas, Alphonse 132
Becher, Johann 162
Becquerel, Henri 141
Bernoulli, Daniel 91
Berthollet, Claude 169
Bessel, Friedrich 47
Black, Joseph 124, 165
blue-jeans 156
Bohr, Niels 145
Boltzmann, Ludwig 138
Bouguer 107
Bouguer, Pierre 103
boussoles 53
Boyle, Robert 119
Boyle-Mariotte (loi de) 119
Brahé, Tycho 34, 35, 37
Brattain, Walter 70
Brogie, Louis de 95

Bronsted, Johannes 176
 Brown, Robert 137
 brownien (mouvement) 137
 Bruno, Giordano 36
 Bunsen, Robert 113

C

cadran solaire 28
 calorie 63, 128
 candela 103
 Carnot, Sadi 129
 Cassini, Jean-Dominique 41
 cathodiques (rayons) 72, 149
 Cavendish, Henry 168
 Celsius, Anders 120, 123
 centrales électriques 71
 centrifuge (force) 82
 chambre multifils 144
 Charles, Jacques 125
 Charpak, Georges 81, 144
 Chevreul, Eugène 157
 Clapeyron, Émile 119
 Clausius, Rudolf 130
 Cocotte-Minute 121
 comète 42
 conducteur 55
 constellation 27, 34
 Copernic, Nicolas 33
 Coriolis (force) 92
 Coriolis, Gaspard 92
 cristallin 99
 Crookes, William 149
 Crown 106
 cuivre (âge du) 155

Curie, Irène 148
 Curie, Pierre 65, 170
 cyanure 164
 cyclotron 147

D

Daguerre, Jacques 110
 Dalibard, Thomas 57
 Dalton, John 172
 Démocrite 136
 Descartes, René 102
 Diesel, Rudolf 132
 diffusion 114
 dioxyde de carbone 165
 Dirac, Paul 95, 146
 Doppler (effet) 90
 Du Fay, Charles 56

E

eau lourde 178
 eau oxygénée 174
 éclipse 43
 Einstein, Albert 67, 93, 94
 électricité statique 56
 entropie 130, 138
 équinoxes 28
 Ératosthène 30
 étoile filante 46
 Euler, Leonhard 91

F

Fahrenheit, Daniel 123
 Faraday (cage) 57
 Faraday, Michael 60, 69
 Fermi, Enrico 71, 139

- fission 139
 Fizeau, Hippolyte 111
 Flamel, Nicolas 161
 Flint 106
 Foucault (pendule) 87
 Foucault, Léon 88
 Fourier, Joseph 127
 foyer d'une l'ellipse 37
 Franklin, Benjamin 57
 Fresnel, Augustin 104
 fusion 139
- G**
 Galilée 38, 39, 40, 76
 Galvani, Luigi 58
 Gell-Mann, Murray 150
 Grande Ourse 34
 gravité 83
 Gray, Stephen 55
 Guericke, Otto von 80
 gyroscope 88
- H**
 Hahn, Otto 139
 Halley, Edmund 42, 43
 Haüy, René 170
 Heisenberg, Werner 95, 96
 Herschel, William 44, 108
 Hertz, Heinrich 64, 67
 Hertzprung, Ejnar 48
 Higgs, Peter 151
 Hubble, Edwin 49
 Huygens 40, 104
 Huygens, Christiaan 82
- I**
 induction 60, 71
 infrarouge 108
 infrarouges 105
 intensité 62
 irréversible (transformation) 130
 isolant 55
- J**
 Javel 169
 Joliot, Frédéric 148
 Joule (effet) 63
 Joule, James 63, 128
 joviennes (planètes) 44
 Jupiter 39
- K**
 Kepler 34
 Kepler, Johannes 37
 Kirchhoff, Gustav 113
 Kuiper (ceinture) 42
- L**
 La Condamine 103
 Lambert, Johann 107
 Langevin (paradoxe) 94
 laser 116
 Lavoisier, Antoine 162, 166, 167, 171
 Lawrence, Ernest 147
 Leblanc, Nicolas 157
 Leucippe 136
 Lippershey, Hans 38
 Lord Rayleigh 114
 Lowell, Percival 50
 lumière (vitesse) 111

lunette astronomique 38
lux 103

M

Mach, Ernst 89
Maglev 68
Marggraf, Andreas 163
Maricourt, Pierre de 54
Mariotte, Edme 119
Maupertuis, Pierre de 86
Mayer, Julius Robert von 131
mécanique quantique 95
Meitner, Lise 139
Mendeleïev 147, 177
Mercator 107
Mersenne, Marin 77
mirage 102
Montgolfier (frères) 125
montgolfière 125

N

Newcomen, Thomas 122
Newton, Isaac 83, 85, 94, 104, 105
Nobel, Alfred 175
nord (magnétique) 53
nucléaire 143
Nylon 180

O

Oersted, Christian 59, 69
Ohm, Georg 61
Olbers 114
ondes électromagnétiques 64
Onnes, Heike Kamerlingh 68, 126
or 161

P

Papin, Denis 121
paradoxe d'Olbers 114
parallaxe 47
parfum 159
Pascal, Blaise 78, 79
Perrin, Jean 72
pH 176
photoélectrique (effet) 67
photographie 110
photons 104
Piazzini, Giuseppe 45, 46
piézoélectricité 65
pile 58
Pitot, Henri 84
Planck, Max 95
Pluton 50
Poincaré, Henri 93
Poiseuille, Jean-Louis 91
porcelaine 160
pression atmosphérique 78, 79, 80
Priestley, Joseph 166
Ptolémée 31

R

radioactivité 141, 148
Rayon Vert 115
rayons X 140
référentiel 76
résistance 61
Riquet, Pierre-Paul 84
Ritter, Johann 109
Röntgen, Wilhelm 140
Russell, Bertrand 48

Rutherford, Ernest 81, 142, 143, 145

S

Saturne 40

savon 157

Scheel, Carl 166

Schrödinger (chat) 96

Serpentaire (constellation) 27

Shockley, William 70

Snell, Willebrord 102

solstices 28

son (vitesse) 77, 89

Sorensen, Soren 176

sources de lumière 100

Stoney, George 149

Strassmann, Friz 139

supernova 35

supraconductivité 68, 126

T

télescope 38

tension électrique 61, 69

Thenard, Jacques 174

thermomètre 120

Thomson, William 126

Tombaugh, Clyde 50

Torricelli, Evangelista 78, 121

transistor 70

U

ultraviolets 109

Uranus 44

V

Van Helmont 165

viscosité 91

Voie lactée 49

Volta, Alessandro 58

W

Watt, James 122

Weiss, Pierre 69

Wien, Wilhelm 112

Y

Yeager, Chuck 89

Z

zéro absolu 126

zodiaque 27