

1 L'univers

1.1 Une première présentation de l'Univers

1.1.1 Description de l'Univers

On observe dans l'Univers des structures de tailles très différentes.

Exemples

- l'atome
- la Terre
- le système solaire
- notre galaxie



de plus en plus grand

Il y a du vide entre chacune de ces structures ainsi qu'à l'intérieur : le remplissage de l'espace par la matière est essentiellement lacunaire.

Anecdote

le volume de l'atome est constitué d'au moins 99,999 999 999 999 9 % de vide.

Si on supprimait le vide dans les atomes, la Terre pourrait tenir dans une sphère de seulement 150 m de rayon !

1.1.2 Propagation de la lumière

La lumière se propage rectilignement dans le vide (ou dans l'air) à la vitesse (ou célérité) :

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

On nomme année-lumière (al) la **distance** parcourue par la lumière dans le vide pendant une année.

Valeur en mètres de l'année-lumière :

distance = vitesse * temps

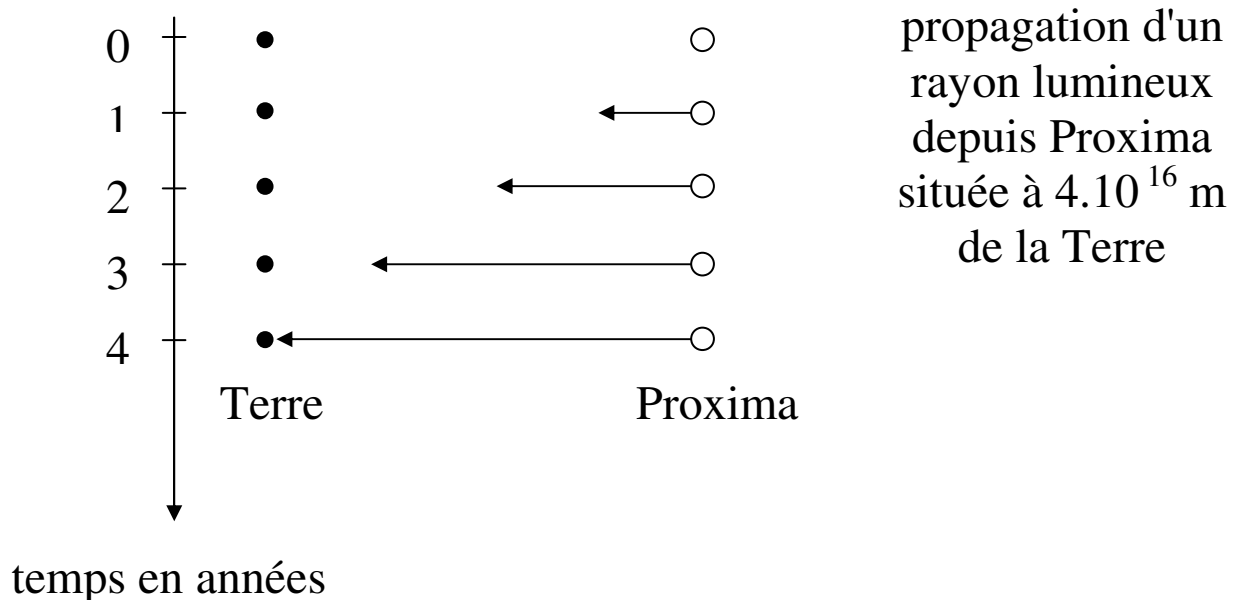
$$d(1 \text{ al}) = c * t(1 \text{ an}) = 3,0 \cdot 10^8 * [365 * 24 * 60 * 60] = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

Les dimensions de l'Univers sont telles que la distance parcourue par la lumière en une année est l'unité adaptée à leur mesure.

Exemples

4,0 a.l. distance de Proxima (étoile la + proche de la Terre)
100 000 a.l. diamètre de notre galaxie

1.1.3 Voir loin, c'est voir dans le passé



Il faut 4 ans pour que la lumière émise par Proxima parvienne à la Terre.

Ainsi, la lumière de Proxima que nous observons sur Terre a été émise dans le passé (il y a 4 ans).

Anecdote le 23 février 1987, les astronomes de la Terre observent l'explosion d'une étoile (SN. 1987 A) dans le grand nuage de Magellan.

383 ans après celle observée en 1604 par Kepler, une nouvelle supernova devenait visible à l'œil nu.

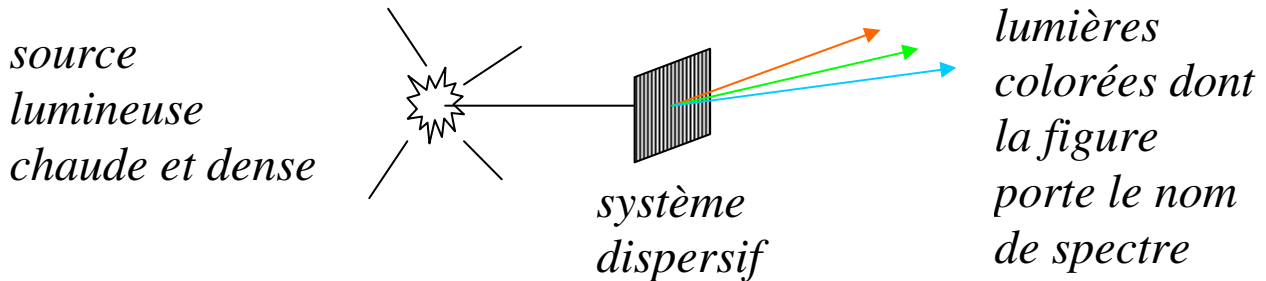
Cette explosion a eu lieu en réalité il y a 163 000 ans !

1.2 Les étoiles

1.2.1 Les spectres

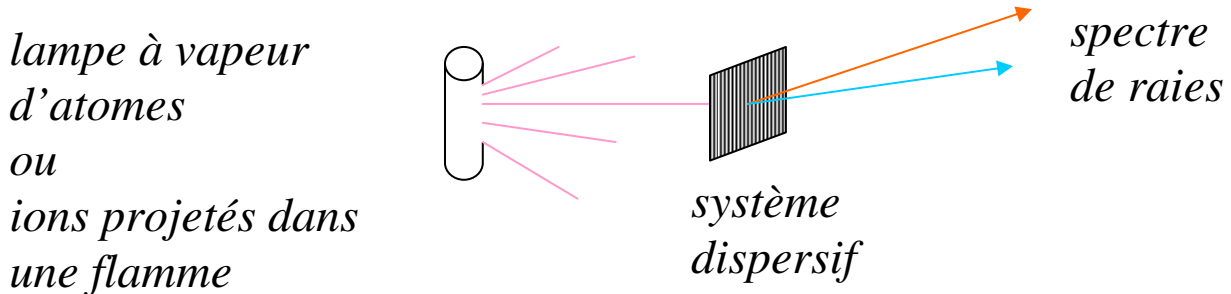
Utiliser un système dispersif pour visualiser des spectres d'émission et d'absorption et comparer ces spectres à celui de la lumière blanche.

A Les spectres d'émission



Observations

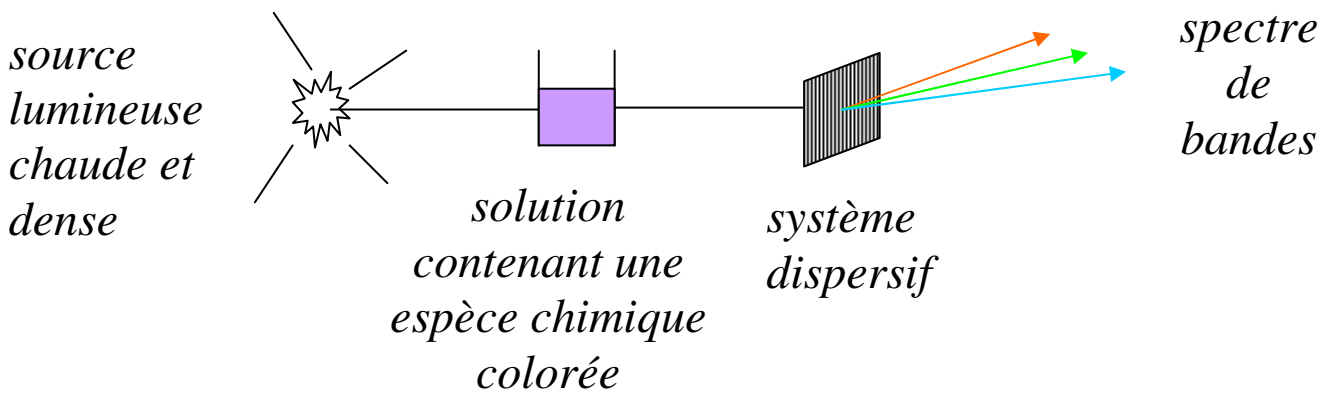
- le spectre de la lumière contient toutes les couleurs de l'arc en ciel (le spectre est continu)
- plus la température augmente, plus les lumières du côté violet deviennent intenses



Observations

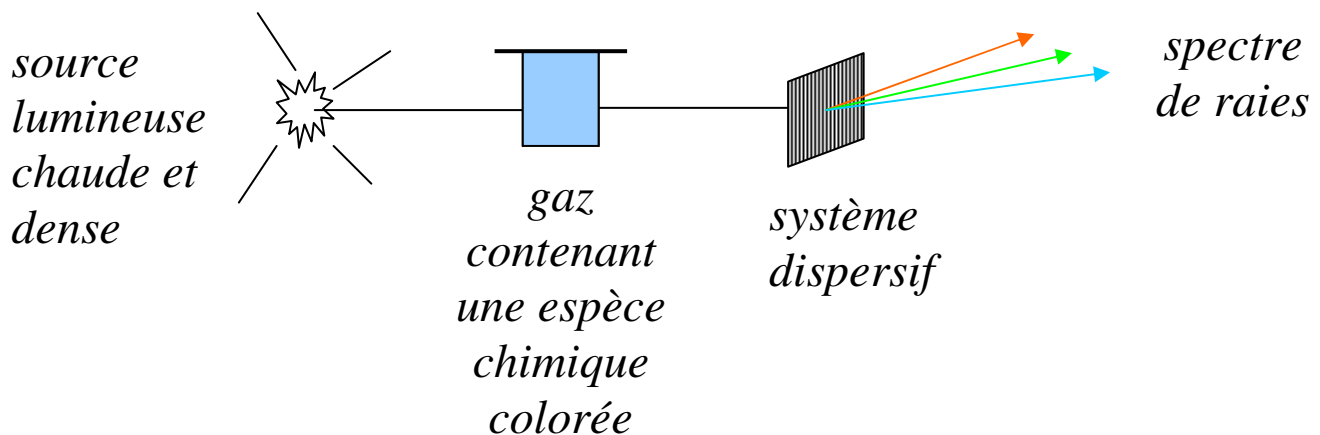
- le spectre de la lumière est discontinu
- le spectre de raies obtenu est caractéristique de l'espèce chimique à l'origine de la lumière

B Les spectres d'absorption



Observations

- sans la solution, le spectre d'origine thermique est continu
- avec la solution, on voit des bandes noires correspondantes à des lumières absorbées par l'espèce colorée contenue dans la solution
- le nombre et la position des bandes d'absorption sont caractéristiques de l'espèce colorée contenue dans la solution



Observations

- sans le gaz, le spectre d'origine thermique est continu
- avec le gaz, on voit des raies noires correspondant à des lumières d'une seule couleur absorbées par les atomes du gaz
- le nombre et la position des raies d'absorption sont caractéristiques de l'espèce chimique gazeuse
- une espèce chimique absorbe la lumière qu'elle est capable d'émettre

1.2.2 Caractérisation d'une radiation par sa longueur d'onde

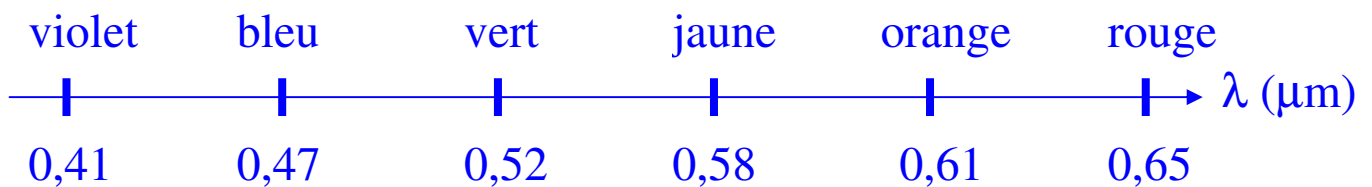
Une lumière monochromatique est caractérisée par sa longueur d'onde λ (dans le vide ou dans l'air)

Exemples

La lumière visible est le domaine auquel l'œil est sensible. Ce domaine est tel que :

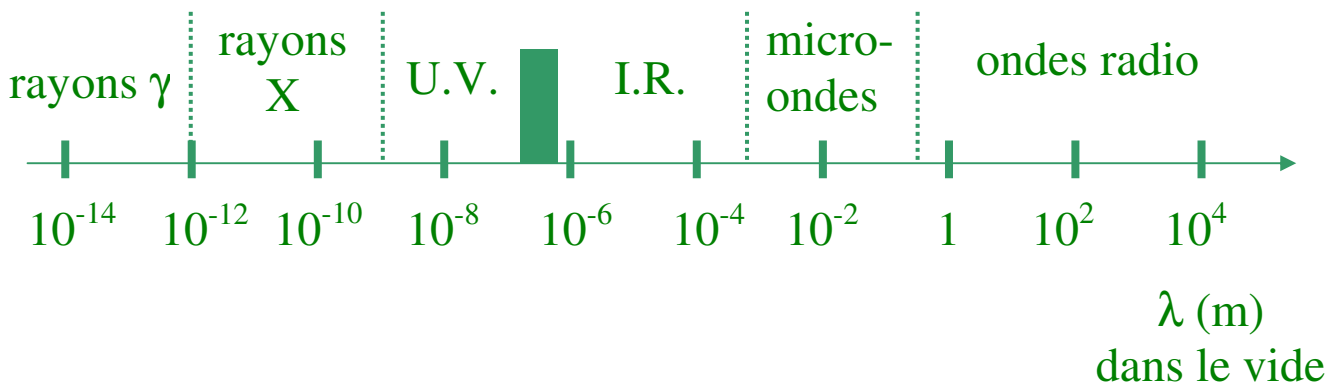
$$400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$$

Complément



Il existe des lumières qui ne provoquent pas de sensations colorées dans l'œil.

Exemples



1.2.3 La réfraction

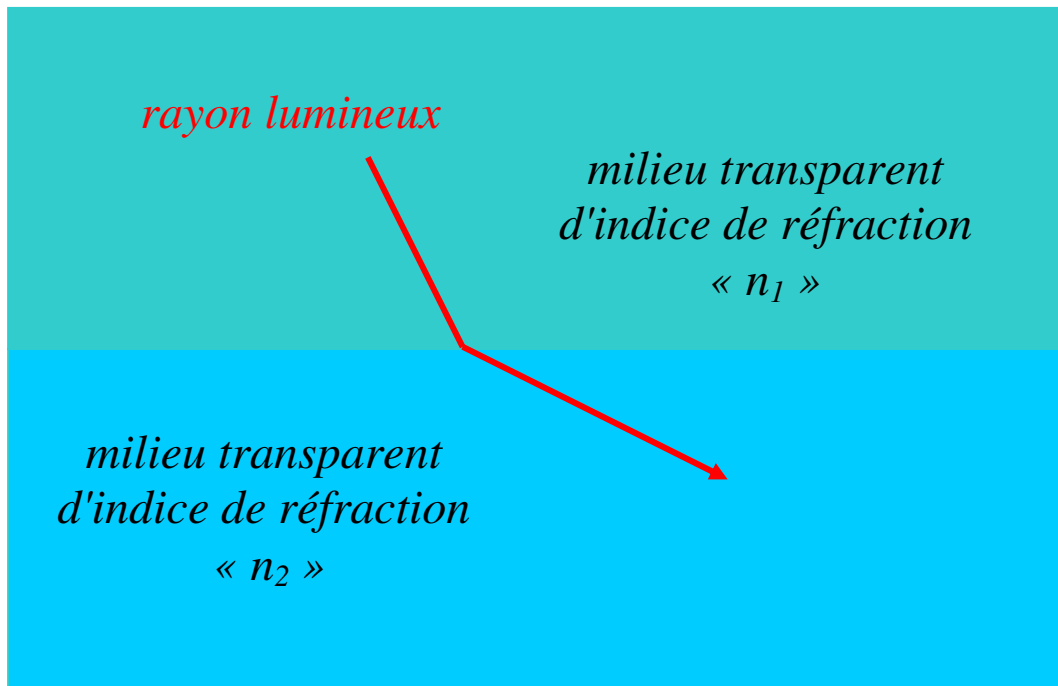
Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures et pour déterminer l'indice de réfraction d'un milieu.

Un milieu transparent possède un indice de réfraction « n ».

Exemples

milieu	alcool	verre	diamant	air
indice	1,36	1,50	2,42	1,00

C'est la différence des indices de réfraction « n_1 » et « n_2 » qui provoquent la déviation du rayon lumineux :

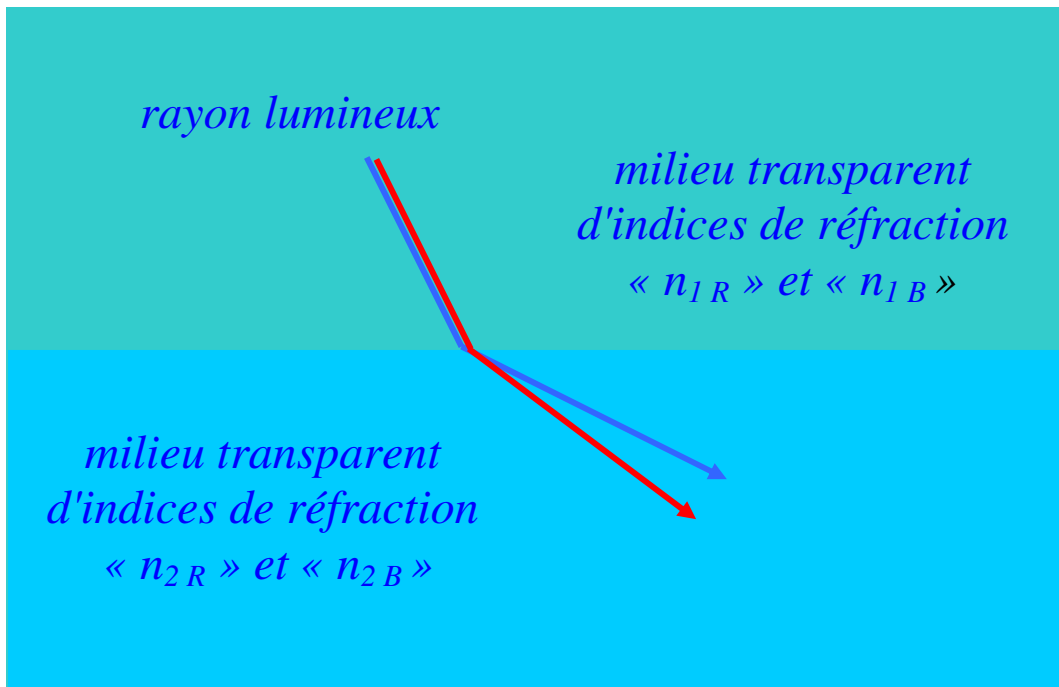


L'indice de réfraction « n » dépend également de la longueur d'onde λ de la lumière.

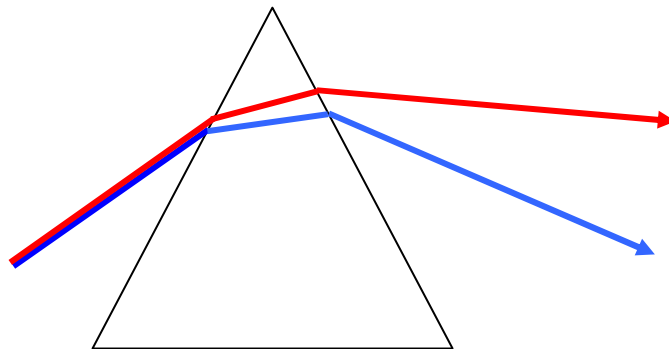
Exemples

longueur d'onde λ (nm)	656,3	589,3	486,1
indice de réfraction d'un verre	1,504	1,507	1,521

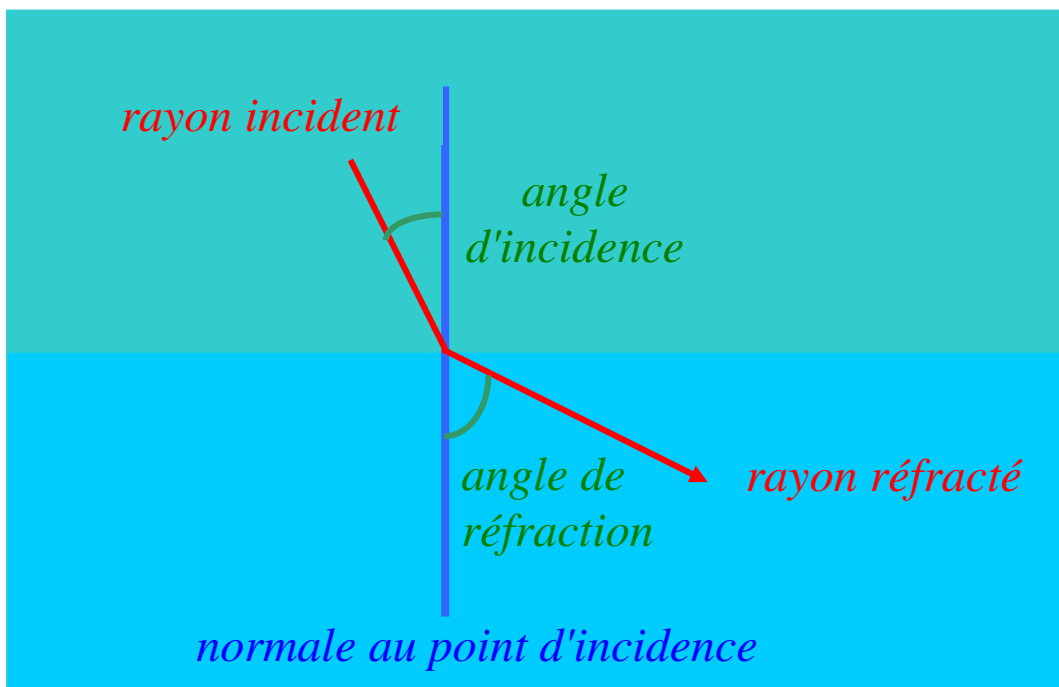
C'est la différence des indices de réfraction « n_{1R} » « n_{2R} » et « n_{1B} » « n_{2B} » qui provoquent la dispersion du rayon lumineux bicolore :



Application au prisme :



1.2.4 Loi de Snell-Descartes



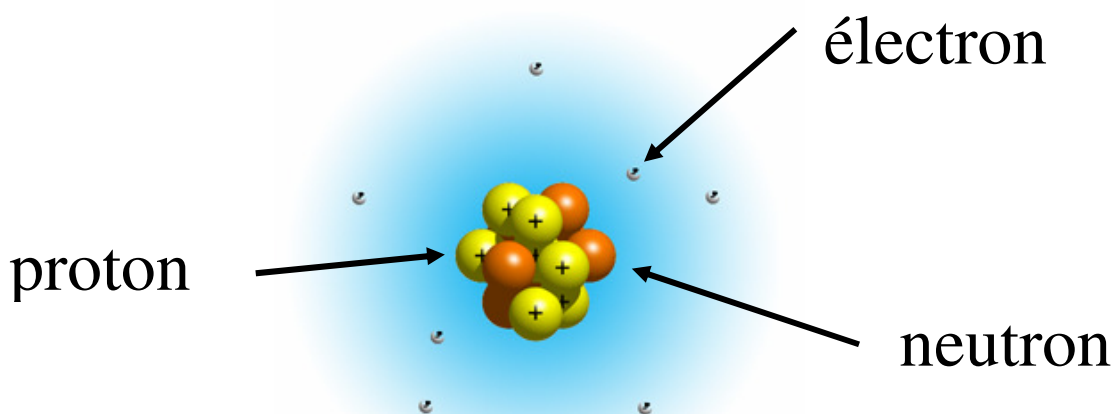
Pour deux milieux transparents donnés, d'indice de réfraction n_1 et n_2 , on a :

$$n_1 \times \sin (i_1) = n_2 \times \sin (i_2)$$

1.3 Les éléments chimiques présents dans l'Univers

Au sein des étoiles se forment des éléments chimiques qui font partie des constituants de l'Univers. La matière qui nous entoure présente une unité structurale fondée sur l'universalité des éléments chimiques.

1.3.1 Un modèle de l'atome



L'atome est constitué de deux parties distinctes :

- le nuage électronique est une zone où évoluent les électrons.
- le noyau est une zone centrale de dimension très faible où se répartissent les neutrons et les protons.

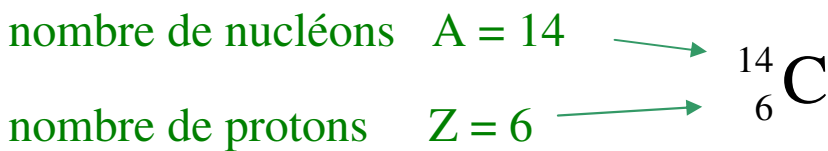
A Le noyau

Les neutrons et les protons appartiennent à la famille des nucléons.

Exemple

Le noyau de l'atome de carbone 14 possède $Z = 6$ protons et $N = 8$ neutrons.

Donc ce noyau est formé de $A = Z + N = 6 + 8 = 14$ nucléons.



B Masses, charges des constituants de l'atome

<i>Nom</i>	<i>charge</i>	<i>masse</i>
électron	- e	$9,000 \cdot 10^{-31}$ kg
proton	+ e	$1,673 \cdot 10^{-27}$ kg
neutron	0	$1,675 \cdot 10^{-27}$ kg

« e » représente la charge élémentaire (la plus petite qui puisse exister). $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb de symbole C.

Masse de l'atome \cong masse des électrons + masse noyau

$\frac{\text{masse d'un nucléon}}{\text{masse d'un électron}} \cong 1800$

99,97 % de la masse d'un atome est dans son noyau.

$$\frac{\text{diamètre de l'atome}}{\text{diamètre du noyau}} \cong 100\,000$$

Le noyau est 100 000 fois plus petit que l'atome.

Anecdote

Le noyau est donc fait d'une matière très dense. Le contenu d'une cuillère à café pèserait environ cent millions de tonnes.

C Electroneutralité de l'atome.

L'électron a une charge électrique négative. Le proton a une charge électrique positive.

L'atome étant électriquement neutre, il y a donc le même nombre d'électrons et de protons dans un atome.

Exemple

L'atome de carbone 14 ($Z = 6$) possède 6 protons et 6 électrons.

1.3.2 Eléments chimiques

Mettre en oeuvre un protocole pour identifier des ions.

Pratiquer une démarche expérimentale pour vérifier la conservation des éléments au cours d'une réaction chimique.

A Les isotopes

Ce sont des espèces qui ont le même nombre de protons et un nombre de neutrons différents.

Exemples

${}_{29}^{63}\text{Cu}$ noyau de l'atome de cuivre qui possède 29 protons et 34 neutrons

${}_{29}^{65}\text{Cu}$ noyau isotope du précédent qui possède 29 protons et 36 neutrons

B Les ions monoatomiques

Un ion monoatomique est issu d'un atome qui a perdu ou gagné un (ou plusieurs) électron(s)

Exemple

Cu^{2+} est un ion monoatomique issu d'un atome de cuivre qui a perdu 2 électrons.

C Caractérisation de l'élément chimique

L'élément chimique désigne ce qui est commun entre un atome, ses ions monoatomiques et ses isotopes. Cet élément commun est le nombre de protons du noyau (ou n° atomique ou Z)

Exemples Cu Cu^{2+} ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ ${}^{65}_{29}\text{Cu}$

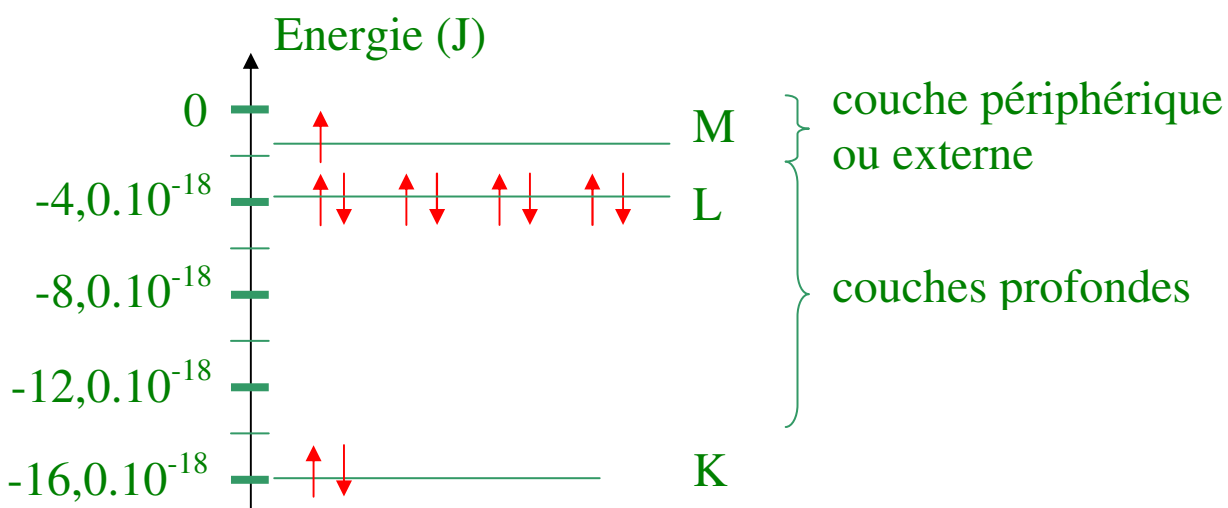
Remarque

La réaction chimique ne fait intervenir que les électrons. Ainsi au cours d'une telle réaction, l'élément chimique est conservé.

D Répartition des électrons dans le nuage électronique

Au sein du nuage électronique, les électrons sont répartis en couches. Les électrons d'une même couche ont même niveau d'énergie

Exemple l'atome de sodium Na possède 11 électrons



Chaque couche d'énergie est désignée par une lettre majuscule : K, L, M, ...

La répartition des électrons dans chaque couche obéit à des règles précises :

- Le nombre d'électrons dans une couche est limité :

n (entier)	couche	nb max d'e- ($= 2.n^2$)
1	K	2
2	L	8
3	M	18

- Les couches se remplissent d'électrons dans l'ordre K, L, M, ...

Exemples structure électronique de l'atome ...

- ... d'azote qui possède 7 électrons : $K^2 L^5$
- ... de chlore qui possède 17 électrons : $K^2 L^8 M^7$
- ... d'hydrogène qui possède 1 électron : K^1

E Les règles du « duet » et de l'octet

Au cours de leurs transformations, les atomes tendent à remplir leur couche électronique externe avec 2 ou 8 électrons.

F Application à la formation des ions monoatomiques

Les règles du « duet » et de l'octet s'appliquent à la formation des ions monoatomiques. Les atomes peuvent gagner ou perdre un ou des électrons et parvenir ainsi à posséder 2 ou 8 électrons sur leur couche électronique externe.

Exemples

- L'atome de sodium Na ($K^2 L^8 M^1$) va perdre un électron pour former le cation Na^+ ($K^2 L^8$).
- L'atome de chlore Cl ($K^2 L^8 M^7$) va gagner un électron pour former l'anion Cl^- ($K^2 L^8 M^8$).

G La classification périodique des éléments

Démarche de Mendeleïev (1869) (voir poly)

Les critères actuels de la classification simplifiée

- sur une ligne : Z croissant
- sur une colonne : mêmes propriétés chimiques (même nombre d'électrons de la couche externe)

1	2	3	4	5	6	7	8
₁ H							₂ He
₃ Li	₄ Be	₅ B	₆ C	₇ N	₈ O	₉ F	₁₀ Ne
₁₁ Na	₁₂ Mg	₁₃ Al	₁₄ Si	₁₅ P	₁₆ S	₁₇ Cl	₁₈ Ar

Le numéro de la colonne indique le nombre d'électrons que possède l'atome sur sa couche électronique externe (sauf pour He qui en possède 2).

1.4 Le système solaire

L'attraction universelle (la gravitation universelle) assure la cohésion du système solaire.
Les satellites et les sondes permettent l'observation de la Terre et des planètes.

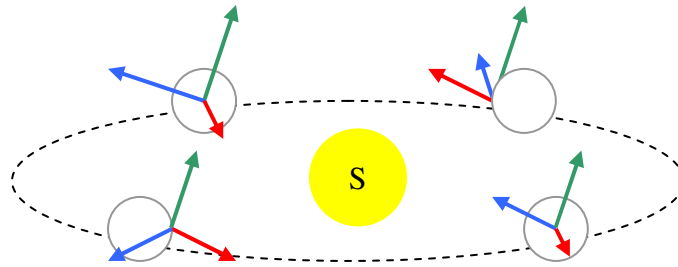
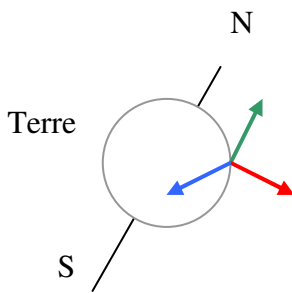
1.4.1 Notion de référentiel

Un référentiel est un observateur muni d'un dispositif pour mesurer le temps.

Deux référentiels importants

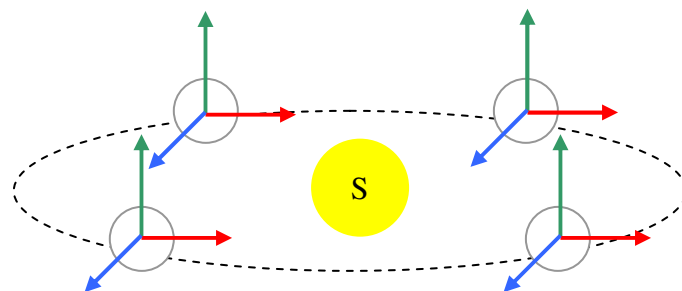
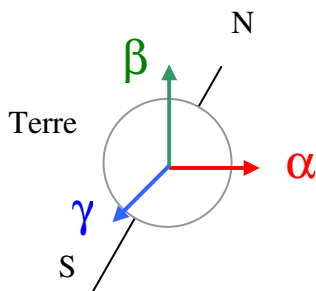
Référentiel terrestre

L'observateur est lié à la surface de la Terre. Il est entraîné dans le mouvement de rotation de la Terre autour de son axe et dans le mouvement de rotation de la Terre autour du Soleil.



Référentiel géocentrique

L'observateur est au centre de la Terre. Les axes de coordonnées pointent vers des étoiles lointaines (c'est à dire pratiquement fixes).



1.4.2 Relativité du mouvement

Le mouvement n'a pas un caractère absolu mais est essentiellement relatif à l'observateur par rapport auquel il est décrit.

1.4.3 La gravitation universelle

A L'interaction gravitationnelle entre deux corps

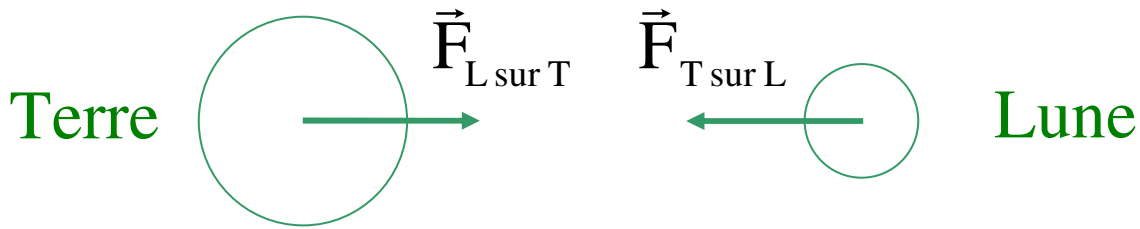
Dans le cas de corps à répartition sphérique de masse, l'intensité de l'interaction gravitationnelle a pour expression :

$$F = G * \frac{m_1 * m_2}{d^2}$$

- $G = 6,67.10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$ est la constante de gravitation
- « d » est la distance entre les centres (d'inertie) de ces corps

Cette force s'applique au centre (d'inertie) de chacun des corps

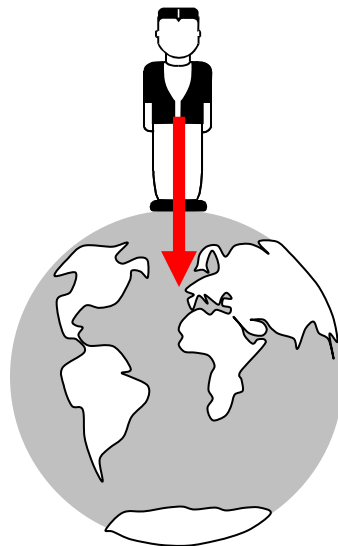
Exemple



B La pesanteur résulte de l'attraction terrestre

La force d'attraction que la Terre exerce sur un corps est nommée son poids. Cette force a les caractéristiques suivantes :

- direction : la verticale du lieu
- sens : vers le centre de la terre
- valeur : $P = m * g$ (g est appelé accélération de la pesanteur)
- point d'application : le centre (d'inertie) du corps

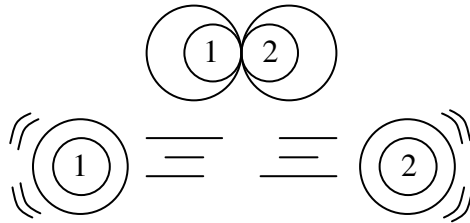


Exemples

- g (Terre au sommet de l'Everest) = $9,78 \text{ m.s}^{-2}$
- g (Terre au pôle Nord) = $9,83 \text{ m.s}^{-2}$
- g (Lune) = $1,6 \text{ m.s}^{-2}$

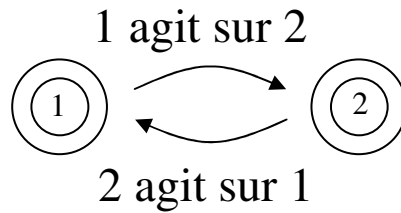
1.4.4 Actions mécaniques, modélisation par une force

Expérience



Interprétation le mobile 1 repousse le mobile 2 et réciproquement.
On dit qu'il y a interaction (ou action réciproque) entre les mobiles 1 et 2.

Résumé



Il existe des interactions de contact quand les systèmes en interaction se touchent. D'autres interactions s'exercent à distance.

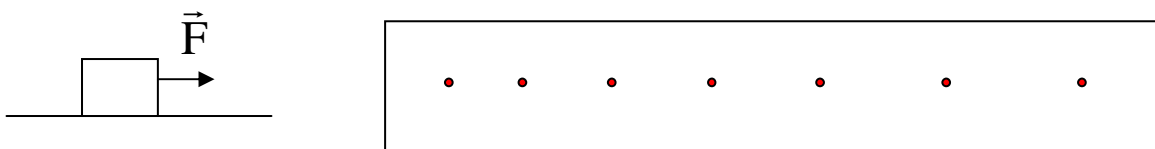
On dit que les effets d'une action exercée par un corps A sur un corps B sont dus à la force exercée par A sur B notée $\vec{F}_{A/B}$.

1.4.5 Effets d'une force sur le mouvement

- Une force peut modifier la direction du mouvement d'un corps :



- Une force peut modifier la valeur de la vitesse d'un corps :



- L'action d'une force sur un corps (modification de la valeur de la vitesse ou de la direction de son mouvement) dépend de la masse du corps :



1.4.6 Principe d'inertie

Mettre en oeuvre une démarche d'expérimentation utilisant des techniques d'enregistrement pour comprendre la nature des mouvements observés dans le système solaire.

Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme (la valeur de la vitesse est constante) si les forces qui s'exercent sur lui se compensent (ou s'il n'est soumis à aucune force) et réciproquement.

On fera l'hypothèse que le principe d'inertie est vérifié

- dans le référentiel terrestre pour les mouvements de courte durée réalisés sur Terre
- dans le référentiel géocentrique pour les mouvements de la Lune et des satellites artificiels

1.4.7 Observation de la Terre et des planètes.

Analyser des documents scientifiques portant sur l'observation du système solaire.

Activités

La découverte des éléments chimiques

Toutes les substances connues apparaissent d'une extraordinaire variété (pétroles, explosifs, colorants, parfums, roches, tissus ...). Or toutes ces substances sont constituées d'un nombre relativement restreint d'éléments (à peu près une centaine).

L'identification de toute la série des éléments a exigé des siècles de labeur. La découverte des premiers éléments remonte à des millénaires, sans qu'on ait soupçonné à cette époque lointaine la simplicité de leur constitution.

Tableau chronologique de la découverte des éléments

(Dans chaque colonne, l'ordre alphabétique a été adopté).

<i>Avant 1700</i>	<i>1700-1799</i>	<i>1800-1849</i>	<i>1850-1899</i>	<i>1900-1949</i>
Antimoine Argent Arsenic Carbone Cuivre Etain Fer Mercure Or Phosphore Plomb Soufre	Azote Béryllium Bismuth Chlore Chrome Cobalt Fluor Hydrogène Manganèse Molybdène Nickel Oxygène Platine Strontium Tellure Titane Tungstène Uranium Yttrium Zinc Zirconium	Aluminium Baryum Bore Brome Cadmium Calcium Cérium Erbium Iode Lanthane Iridium Lithium Magnésium Niobium Osmium Palladium Potassium Rubidium Sélénium Silicium Sodium Tantale Thorium Vanadium	Actinium Argon Césium Dysprosium Gadolinium Gallium Germanium Hélium Holmium Indium Krypton Néodyme Néon Polonium Praséodyme Rhodium Ruthénium Samarium Scandium Thallium Thulium Xénon Ytterbium	Américium Astate Curium Europium Francium Hafnium Lutécium Neptunium Plutonium Prométhium Protactinium Radium Radon Rhénium Technétium Terbium



Les premières classifications

Lorsque le nombre d'éléments fut devenu assez important, les chimistes remarquèrent les analogies existant entre certains d'entre eux.

Dès 1817, on observe l'existence de triades. On appelait ainsi des séries de 3 éléments chimiquement voisins :

Chlore (Cl), Brome (Br) et Iode (I)

Lithium (Li), Sodium (Na), Potassium (K)

La classification de Mendeleïev (1834-1907)

Ce chimiste russe, faisant preuve d'une grande pénétration de pensée, prit conscience, à partir des observations faites sur quelques séries d'éléments, de l'existence d'une loi naturelle fondamentale qu'il énonça en ces termes : « *Les propriétés des corps simples sont une fonction périodique de la grandeur du poids atomique.* »

Mendeleïev disposa son tableau de manière que la périodicité apparue nettement. Dans ce tableau, dont la reproduction fidèle est donnée ci-dessous (avec les erreurs dues aux incertitudes de l'époque), on trouve naturellement les 63 éléments connus en 1869.

Convaincu de la portée générale de la loi qu'il avait conçue, Mendeleïev n'hésita pas à laisser vide certaines cases de son tableau (? =), déclarant que tôt ou tard on finirait bien par trouver les éléments faisant défaut.

Il poussa son raisonnement jusqu'à donner une description a priori des propriétés physiques et chimiques de ces éléments hypothétiques.

Toujours guidé par la même idée, il ne craignit pas non plus d'inverser l'ordre de certains éléments.

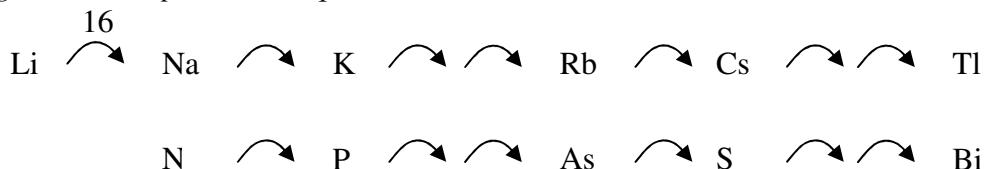
I	II	III	IV	V	VI
H = 1			Ti = 50 V = 51 Cr = 52 Mn = 55 Fe = 56 Ni = Co = 59 Cu = 63,4 Zn = 65,2	Zr = 90 Nb = 94 Mo = 96 Rh = 104,4 Rn = 104,4 Pd = 106,6 Ag = 108 Cd = 112 Ur = 116 Sb = 118 Sn = 122 Te = 128 ? I = 127	? = 180 Ta = 182 W = 186 Pt = 197,4 Ir = 198 Os = 199 Hg = 200 Au = 197 ? Bi = 210 ?
	Be = 9,4 B = 11 C = 12 N = 14 O = 16 F = 19 Na = 23	? = 8 Mg = 24 Al = 27,4 Si = 28 P = 31 S = 32 Cl = 35,5 K = 39 Ca = 40 ? Er = 56 ? Yt = 60 ? In = 75,6	? = 22 As = 75 Se = 79,4 Br = 80 Rb = 85,4 Sr = 87,6 Ce = 92 La = 94 Di = 95 Th = 118 ?	? = 68 ? ? Ba = 137	
Li = 7					Tl = 204 Pb = 207

Conclusions qui accompagnaient son tableau :

- Les éléments disposés d'après la grandeur de leur poids atomique présentent une périodicité des propriétés.
- Les corps simples les plus répandus sur la terre ont un poids atomique faible et tous les éléments à poids atomiques faibles ont des propriétés bien tranchées. Ce sont des éléments typiques.
- Les éléments qui se ressemblent par leurs propriétés chimiques présentent des poids croissant uniformément (K, Rb, Cs).
- La grandeur du poids atomique détermine le caractère de l'élément.
- Il faut attendre la découverte de plusieurs corps simples encore inconnus ressemblant, par exemple, à Al et Si et ayant un poids atomique entre 65 et 75.
- La valeur du poids atomique d'un élément peut quelquefois être corrigée si l'on connaît les éléments qui lui ressemblent chimiquement. Ainsi le poids atomique de Te n'est pas 128 mais devrait être compris entre 123 et 126.
- Certaines analogies des éléments peuvent être découvertes d'après la grandeur du poids de leurs atomes.

Questions :

- Donner le symbole de l'élément qui a des propriétés chimiques semblables aux éléments chlore, brome et iode.
- Dans quel ordre sont classés les éléments de chaque colonne du tableau de Mendeleïev ?
- Quel est le point commun aux éléments de chaque ligne du tableau de Mendeleïev ?
- Compléter le schéma pour illustrer la phrase : « *Les propriétés des corps simples sont une fonction périodique de la grandeur du poids atomique* »



- Pourquoi Mendeleïev a inversé l'iode et le tellure (Te) ?
- Les éléments de poids atomiques faibles ont des propriétés bien tranchées. Pour ces corps, deux éléments voisins d'une même colonne ont des propriétés très [...] et deux éléments voisins d'une même ligne ont des propriétés très [...].

La structure de l'atome

« Lorsque j'entrai au laboratoire dirigé par Joliot au Collège de France, la connaissance que j'avais de la structure de la matière ne devait guère dépasser celle acquise par un lycéen de 2000 abonné à de bonnes revues de vulgarisation. Je les résume rapidement : la matière est composée d'atomes, eux-mêmes constitués de noyaux entourés d'un cortège d'électrons. Les noyaux portent une charge électrique positive qui est de même valeur et de signe opposé à la charge des électrons qui gravitent autour du noyau. La masse d'un atome est concentrée dans le noyau. (...)

Le noyau de l'hydrogène, ou proton, porte une charge électrique positive. Celui-ci a un compagnon, le neutron, qui est neutre électriquement et a sensiblement la même masse. Tous deux s'associent de façon très compacte pour constituer les noyaux qui sont au cœur des atomes peuplant notre univers. Ils s'entourent d'un cortège d'électrons dont la charge compense exactement celle des protons. En effet, la matière est neutre sinon elle exploserait en raison de la répulsion qu'exercent l'une sur l'autre des charges de même signe, positif ou négatif. Il faut avoir en tête l'échelle des dimensions. Le diamètre d'un atome est voisin d'un centième de milliardième de centimètre. Celui d'un noyau d'atome est cent mille fois plus petit. On voit donc que presque toute la masse d'un atome est concentrée en un noyau central et que, loin sur la périphérie, se trouve un cortège qui est fait de particules de charge électrique négative, les électrons. C'est ce cortège seul qui gouverne le contact des atomes entre eux et donc tous les phénomènes perceptibles de notre vie quotidienne, tandis que les noyaux, tapis au cœur des atomes, en constituent la masse ».

Georges Charpak. Extrait du livre « La vie à fil tendu »

Particule			
où ?			
charge			
masse			
combien ?			

Appendices

Les puissances de dix

Les nombres très grands ou très petits s'écrivent sous la forme :

$$a \cdot 10^n$$

- a est un réel tel que $1 \leq a < 10$
- n est un nombre entier (positif ou négatif)

Exemples

$$0,01 = 10^{-2}$$

$$0,1 = 10^{-1}$$

$$1 = 10^0$$

$$10 = 10^1$$

$$100 = 10^2$$

$$123 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 = 1,23 \cdot 10^2$$

$$0,00256 = 2 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-4} + 6 \cdot 10^{-5} = 2,56 \cdot 10^{-3}$$

Opérations sur les puissances de dix

(m et n sont des entiers)

$$10^m \cdot 10^n = 10^{m+n} \quad 10^{-n} = \frac{1}{10^n} \quad (10^m)^n = 10^{m \cdot n}$$

Multiples et sous multiples d'une unité

$$10^{-12} \text{ m} = 1 \text{ pm} \quad (\text{p} = \text{pico})$$

$$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm} \quad (\text{n} = \text{nano})$$

$$10^{-6} \text{ m} = 1 \text{ } \mu\text{m} \quad (\mu = \text{micro})$$

$$10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm} \quad (\text{m} = \text{milli})$$

$$10^3 \text{ m} = 1 \text{ km} \quad (\text{k} = \text{kilo})$$

$$10^6 \text{ m} = 1 \text{ Mm} \quad (\text{M} = \text{méga})$$

$$10^9 \text{ m} = 1 \text{ Gm} \quad (\text{G} = \text{giga})$$

$$10^{12} \text{ m} = 1 \text{ Tm} \quad (\text{T} = \text{téra})$$

Résoudre une équation

Résoudre une équation c'est trouver la valeur de la variable qui rend l'égalité vraie.

Une équation fonctionne comme une balance à deux plateaux :

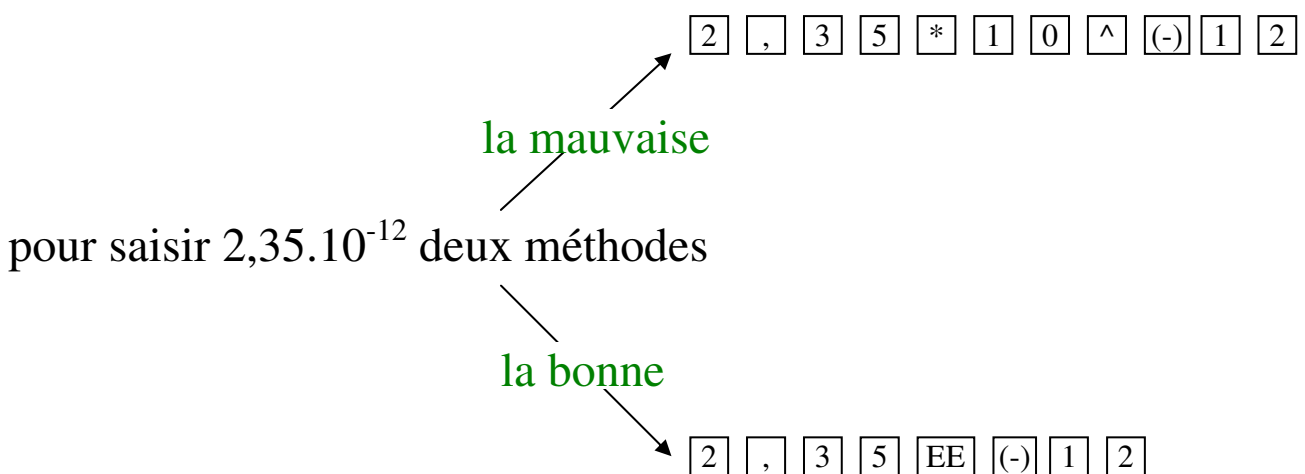
$$\underbrace{2.x + 3}_{\text{membre de gauche}} = \underbrace{x - 5}_{\text{membre de droite}}$$

Pour résoudre une équation (donc pour isoler l'inconnue) on doit la manipuler tout comme une balance. L'important c'est de **conserver l'équilibre** de la balance.

Les manipulations possibles sont les suivantes :

- 1) on peut ajouter ou enlever une même valeur à chacun des membres de l'équation
- 2) on peut multiplier ou diviser chacun des membres de l'équation par une même valeur

Utilisation de la calculatrice



Exemple $\frac{1}{2 \cdot 10^{-2}} = ?$

Equation d'une droite

Dans l'équation $y = a.x + b$

« a » se nomme le coefficient directeur

« b » se nomme l'ordonnée à l'origine des abscisses

