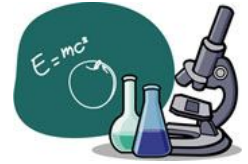




L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

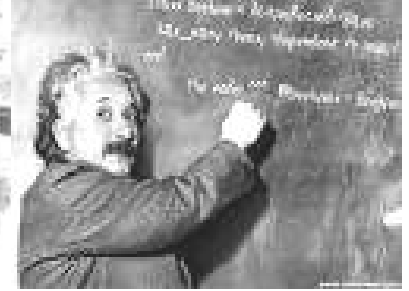
PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE



Partie 1 De quoi c'est fait ?

De quoi sommes nous faits ? Qu'est-ce que la matière qui compose les objets qui nous entourent ? D'où vient l'énergie qui nous chauffe et nous éclaire, qui déplace les objets (planètes, nuages, véhicules), qui nous fait vivre et nous mouvoir ?

Autant de questions auxquelles les hommes cherchent des réponses depuis des siècles



DÉMOCRITE
-470 - -380

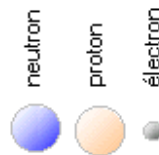
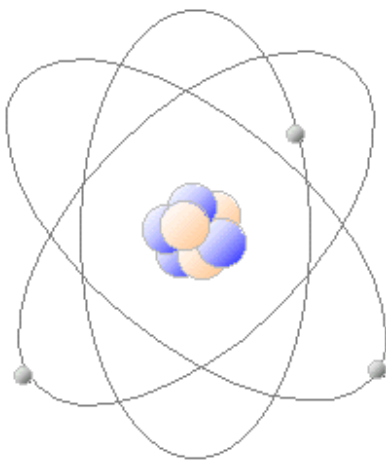
JABIR IBN HAYYAN
dit GEBER
721 - 815

Antoine Laurent
LAVOISIER
(1743 - 1794)

Pierre (1859-1906)
Marie (1867-1934)
CURIE

Albert EINSTEIN
1879 - 1955

Les recherches de nombreux scientifiques ont menées depuis l'antiquité ont démontré que les éléments qui composent l'univers sont formés par des **atomes**, l'unité de base de la matière. Voici un modèle simplifié de l'atome :



Un atome, du grec ancien ατομος [atomos], " que l'on ne peut diviser " est **la plus petite partie d'un corps simple** pouvant se combiner chimiquement avec une autre.

Son ordre de taille est de 10^{-10} m.

Mais l'atome lui même aussi petit soit-il est constitué de " briques " plus petites encore.

Un **noyau** central composé de **nucléons** :
les protons, de charges positives
les neutrons, sans charge .

Des **électrons**, 2000 fois plus petits qu'un proton, de charge négative, gravitent autour du noyau à très grande vitesse et à " très grande distance " .

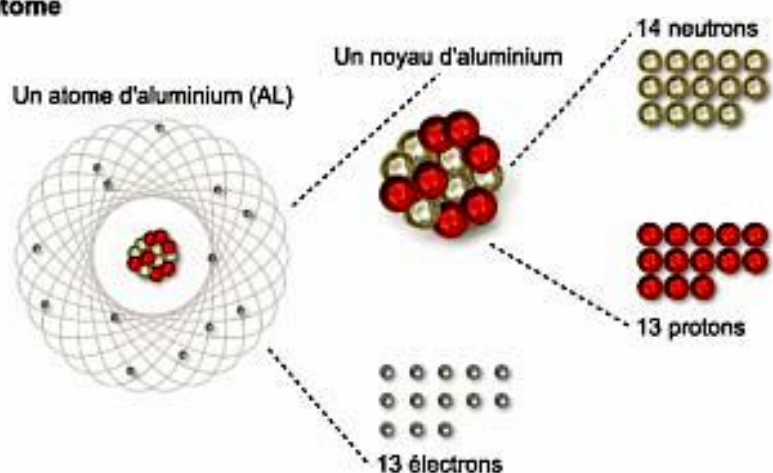
Chaque élément possède un **numéro atomique Z** qui indique le nombre de protons de son noyau.

Le nombre d'électrons est toujours égal au nombre de protons

Le nombre de masse A d'un atome est le nombre de protons + le nombre de neutrons.

Toute la masse est concentrée dans le noyau, les électrons ont une masse négligeable.

L'atome



L'aluminium, numéro atomique $Z = 13$
Nombre de masses $A = 27$



L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

Partie 2 Du plus petit au plus grand

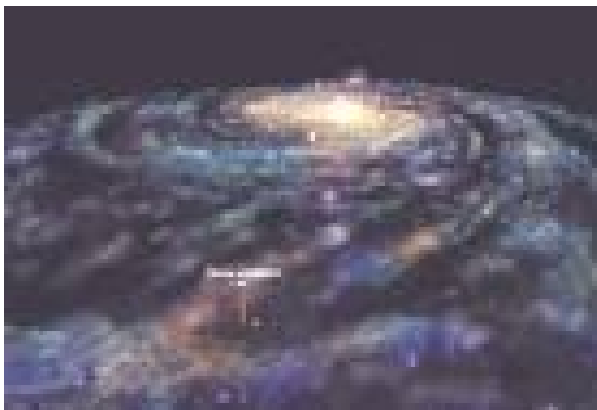
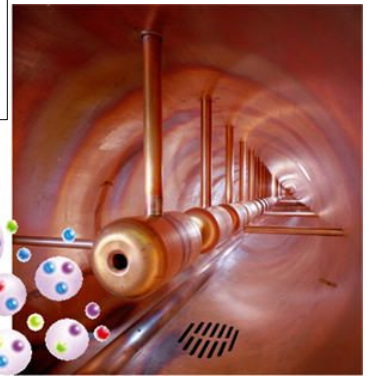
Les éléments qui composent l'univers sont formés par des **atomes**, composés de **protons**, de **neutrons** et d '**électrons**, autant de particules de matière si petites qu'il est nécessaire de les observer avec des appareils extrêmement puissants.

Mais les recherches les plus récentes ont fait apparaître des composants encore plus petits et plus fondamentaux, des particules aux noms étranges : neutrinos, quarks, muons, mésons, gluons, bosons...

Mais comment cela a-t-il commencé ?

Les sciences de l'infiniment petit rejoignent celles de l'infiniment grand dans une grande théorie :

Selon la théorie standard, l'univers est un gigantesque jeu de lego, composé d'un nombre très limité de briques différentes.



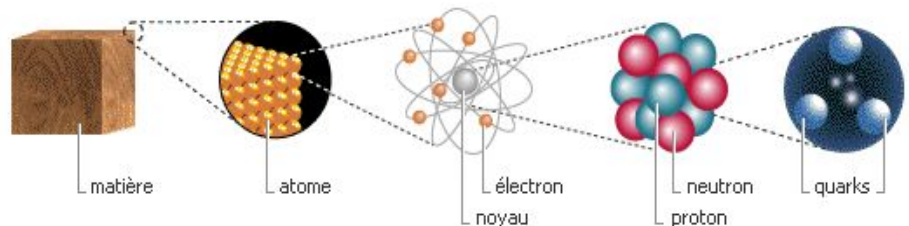
Quelle qu'en soit la cause, l'univers débute par un nuage de plasma, c'est-à-dire un nuage d'infimes particules, des **quarks et des électrons**, agités à une température de plusieurs millions de degrés.

L'expansion de ce nuage commence il y a 13,5 milliards d'années et se poursuit encore actuellement. Ce nuage se fragmente en des myriades de nuages de différentes tailles qui s'éloignent les uns des autres en se refroidissant. Des quarks s'assemblent pour former les protons et les neutrons, puis les premiers noyaux légers se forment à leur tour, l'hydrogène et l'hélium, et s'entourent d'électrons.

Chaque nuage se recondense ensuite, se réchauffe, produit de la matière de plus en plus dense et de plus en plus chaude qui forment les premières étoiles.

Au cœur de la fournaise des étoiles, où la température atteint plusieurs millions de degrés, des noyaux d'hydrogène (1 proton) et d'hélium (2 protons, 2 neutrons) fusionnent alors pour former des noyaux plus lourds (voir Partie 10) .
les composants de l'univers apparaissent ils sont appelés : **éléments chimiques, ou nucléides.**

Chaque élément est identifié par
- son nombre de masse A
- son numéro atomique Z,
- un symbole, une ou deux lettres, souvent les premières de son nom



Éléments, A , symbole	Protons (Z)	Neutrons	Électrons
Hydrogène, 1, H	1	0	1
Carbone, 12, C	6	6	6
Azote, 14, N	7	7	7
Oxygène, 16, O	8	8	8
Fer, 56, Fe	26	30	26
Uranium, 235, U	92	143	92

Le nombre de protons et de neutrons, la disposition des électrons autour des noyaux déterminent les caractéristiques physiques et chimiques de chaque élément : masse(donc poids) , masse volumique, température de fusion et d'évaporation, dureté à l'état solide, capacité à conduire l'électricité (conductivité) , capacité de s'associer avec d'autres éléments pour former des corps composés (valence) ... Autant de propriétés à connaître dans le choix d'un matériaux pour fabriquer un objet.

La physique et la chimie sont ainsi indispensables pour développer les technologies.



L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

Partie 3 De l'atome aux molécules

Nous savons à présent que les matériaux de l'univers, et donc de notre planète, sont constitués d'**éléments chimiques**, comme l'hydrogène, l'oxygène, le fer, le nickel, etc.... Il y en a 106, classés dans le **tableau périodique des éléments de Mendeleïev**.

Ce chimiste russe, a mené des recherches aboutissant à une classification des éléments, en fonction de leurs masses atomiques.

Cet ordre correspond aux propriétés chimiques distinctives des éléments et permet de les regrouper par catégories.



Dimitri Ivanovitch
MENDELEIEV (1834
- 1907)

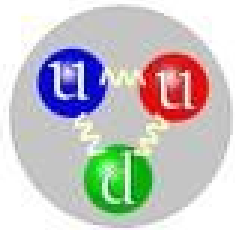
13	IIIA	14	IVA	15	VA	16	VIA	17	VIIA	18	VIIIA
5	10.811	6	12.011	7	14.007	8	15.999	9	18.998	10	20.180
	B		C		N		O		F		Ne
	BORE		CARBONE		AZOTE		OXYGÈNE		FLUOR		NÉON
13	26.982	14	28.086	15	30.974	16	32.065	17	35.453	18	39.948
	Al		Si		P		S		Cl		Ar
	ALUMINIUM		SILICIUM		PHOSPHORE		SOUFRE		CHLORE		ARGON

Ces atomes sont capables à leur tour, en " s'accrochant " par leurs électrons, de s'assembler pour former des **molécules**.

Les molécules les plus simples sont des assemblages constituées de plusieurs atomes d'un même élément, d'autres sont plus complexes et assemblent plusieurs éléments différents :

Molécule	Représentation	Symbole, formule
Dihydrogène (2 atomes d'hydrogène)		H2
Dioxygène (2 atomes d'oxygène)		O2
Eau (hydrogène + oxygène)		H2O
Dioxyde de carbone (Carbone + oxygène)		CO2
Méthane (Carbone + hydrogène) Gaz combustible		CH4
Éthanol (Carbone + hydrogène+ oxygène) Agrocarburant		CH3CH2OH
Acier (alliage fer + carbone) Matériau de construction		La formule dépend de de la composition de l'alliage

Les objets que nous pouvons toucher, les matériaux solides ou liquides, les tissus vivants, les gaz visibles ou non, sont des assemblages de molécules, elles même formées d'atomes.



L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

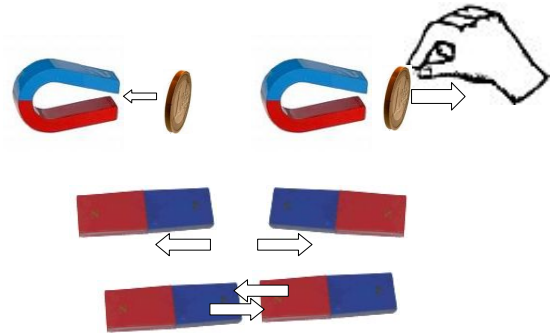
PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

Partie 4 Les énergies de liaison, la clé de l'énigme

- Pour les assemblages de quarks (protons et neutrons)
- Pour les assemblages de protons et de neutrons (noyaux)
- Pour les assemblages d'atomes (molécules)
- Pour les assemblages de molécules (matériaux)

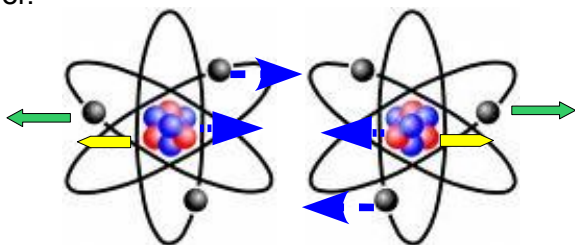
il existe " quelque chose " , un " ciment " qui maintien ces assemblages, qui les stabilise.

Comparons cela à une expérience familière, celle d'un aimant attirant une pièce de monnaie. Nous ressentons physiquement, qu'une force agit à distance pour assembler l'aimant et la pièce et qu'il faut une autre force, supérieure, pour séparer ces deux objets avec les mains.



Si nous prenons deux aimants et que nous disposons face à face les pôles de même signe, les aimants vont se repousser, et inversement, les pôles de signe opposé vont s'attirer.

Les forces en jeu au sein des atomes et des molécules sont comparables, car ils sont également **constitués d'éléments possédant des charges électriques opposées.**



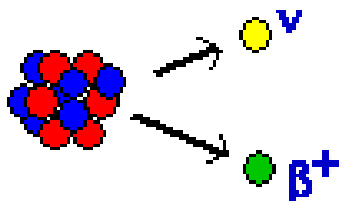
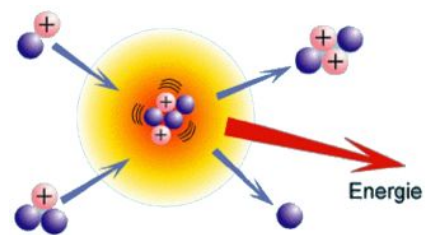
- Répulsion entre les noyaux
- Répulsion entre les électrons
- Attraction entre le noyau d'un atome et les électrons de l'autre atome

La cohésion d'un atome ou d'une molécule résulte d'un **équilibre entre forces d'attraction et de répulsion.**

Cet équilibre est produit par des échanges d'énergie entre protons, neutrons et électrons d'un même atome, puis entre les atomes d'une même molécule, puis entre plusieurs molécules d'un même matériau.

Cet équilibre est plus ou moins solide ou stable selon les atomes et les molécules et peut être perturbé par une force ou une énergie extérieure. Dans le cas des aimants et de la pièce de monnaie, c'est la force musculaire des mains qui sépare les assemblages.

Dans d'autres cas **un apport d'énergie extérieure**, sous forme de choc, de chaleur ou de lumière par exemple, **déclenche des réactions diverses qui détruisent les équilibres existant pour créer de nouveaux équilibres et de nouveaux assemblages atomiques et moléculaires** (voir Partie 6, 9 et 10) .

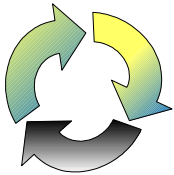


Dans d'autres cas encore, l'équilibre de départ est tellement instable qu'il va se détruire de " lui même " par le jeu des forces internes, il se produit alors une **désintégration.** (voir Partie 7)

Quelque soit le cas, **ces réactions libèrent des quantités plus ou moins importantes d'énergie** qui se manifestent soit en chaleur et/ou en lumière, soit en rayonnements imperceptibles.

Cependant **les réactions chimiques entre molécules se produisent au niveau des électrons**, elles émettent une énergie nettement plus faible que **les réactions nucléaires, qui se produisent à l'intérieur du noyau (lat. nucleus) des atomes.**

Le rapport entre les deux types de sources d'énergie est de 10^6 , 1 million.

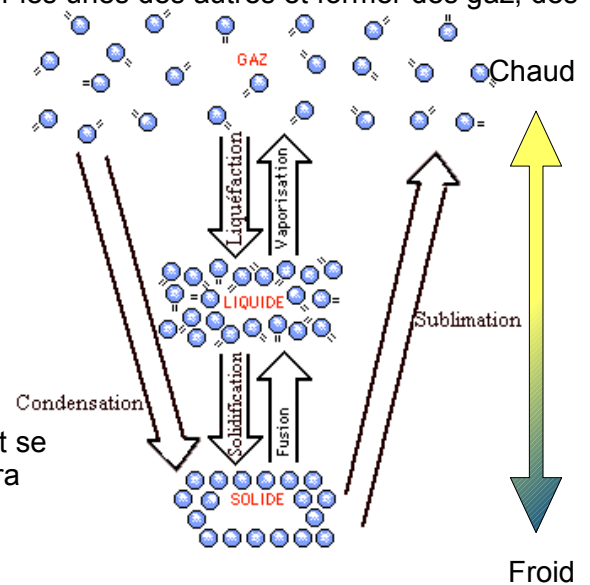
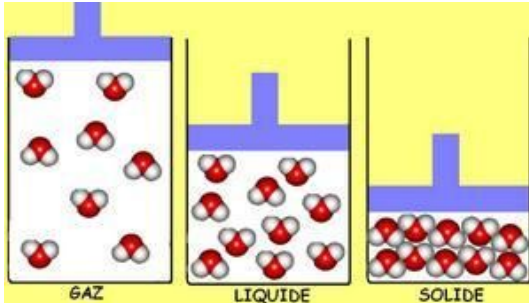


L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

Partie 5 La matière dans tous ses états

Selon les conditions de pression et de température, les molécules d'un corps seront plus ou moins liées entre elles. Les molécules vont alors se rapprocher ou s'éloigner les unes des autres et former des gaz, des liquides ou des solides.



Les variations de température peuvent selon les conditions entraîner des changements d'état mais aussi de volume. Par exemple avant de s'évaporer, l'eau liquide en se réchauffant se dilate, c'est à dire qu'une même masse (quantité) d'eau prendra plus de place (volume) et inversement son refroidissement va provoquer une contraction, c'est à dire que cette masse d'eau prendra moins de place .

Sur Terre, l'eau présente une " anomalie " : à l'état de glace, son volume est plus important qu'à l'état liquide, ce qui lui permet de flotter, la glace a une masse volumique inférieure à celle de l'eau liquide.

Les gaz et les solides subissent le même phénomène de dilatation et de contraction.

Pour les matériaux solides utilisés dans les fabrications et les constructions, cette variation du volume en fonction de la température doit être prise en compte car elle peut entraîner des déformations voire des ruptures.

Les gaz pourront être liquéfiés lors d'un transport afin d'occuper moins de place. La dilatation des gaz chauds exerce une pression qui augmente avec leur température, cette pression est utilisée comme force mécanique dans les moteurs thermiques (A vapeur ou à combustion interne) .

A la chaleur certains matériaux vont également devenir plus malléables, comme les plastiques et les métaux il sera plus facile de les mettre en forme par déformation (forgeage, pliage) .

A l'inverse un froid intense peut rendre des matériaux plus rigides et cassants.

EXEMPLE DE QUELQUES ÉLÉMENTS

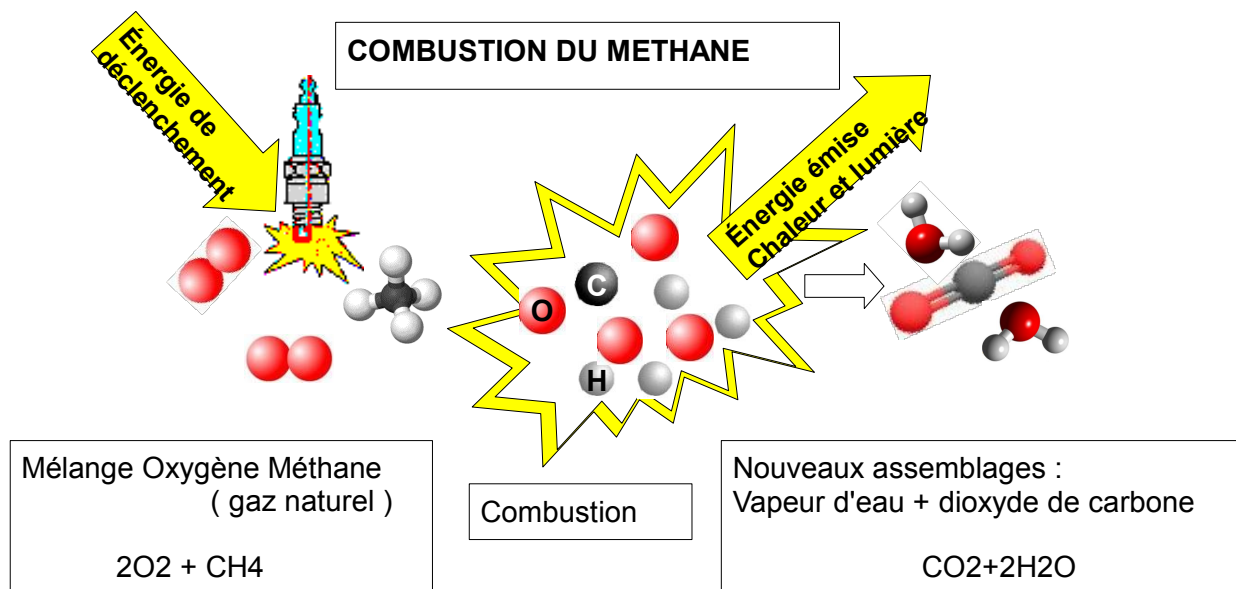
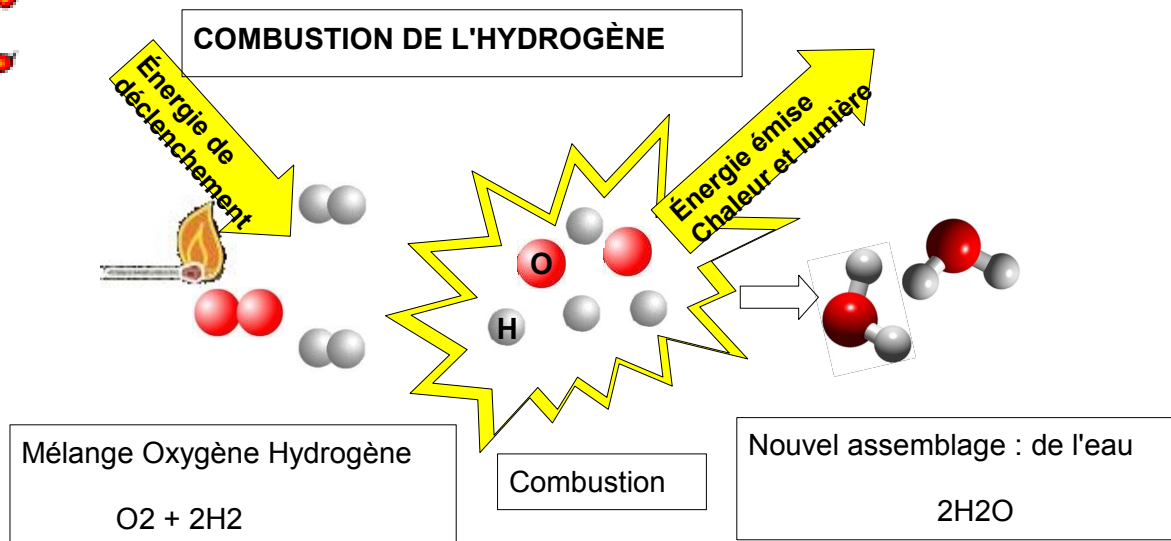
Élément	Symbole	Masse Atomique	Masse Volumique à 4° C en g/cm ³ (densité)	Température de fusion (en °C)	Température d'ébullition (en °C)
Aluminium	Al	30	2,70	660	2467
Argent	Ag	108	10,47	962	2212
Azote	N	14	1,25 g/L	-210	-196
Carbone	C	12	2,26	3550	4827
Cuivre	Cu	63	8,78	1083	2567
Eau	H ₂ O	18	1	0	100
Fer	Fe	56	7,2	1535	2750
Hydrogène	H	1	0,09 g/L	-259	-253
Mercure	Hg	200	13,56	-39	357
Or	Au	197	19,25	1064	2807
Oxygène	O	16	1,429 g/L	-218	-183
Plomb	Pb	207	11,36	327	1620



L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

Partie 6 Réactions chimiques de combustion



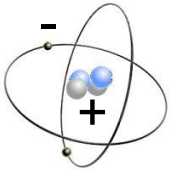
La combustion est une réaction chimique nécessitant une énergie de déclenchement et la présence d'oxygène, elle n'est pas la seule réaction chimique possible sur terre mais elle est essentielle. Après la force musculaire, issue des réactions chimiques de l'organisme, la combustion a sans doute été la première forme d'énergie que l'être humain a su utiliser. Elle est la base de toutes les civilisations.

Sur Terre les deux éléments chimiques qui permettent le plus facilement la combustion sont le carbone et l'oxygène. L'oxygène constitue 20,6 % de notre atmosphère, le carbone est l'élément le plus abondant dans tous les végétaux et les ressources fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel)

La combustion la plus fréquente est donc celle qui combine l'oxygène et le carbone. La chaleur, forme d'énergie libérée par la combustion, entretient la réaction et la propage tant qu'il y a de l'oxygène et un combustible.

Source de chaleur et de lumière, la combustion est utilisée pour fabriquer et modifier des objets par les artisans et dans l'industrie, pour les besoins domestiques, pour la propulsion de la plupart des véhicules (moteurs à vapeur et à combustion interne) . **Elle constitue encore aujourd'hui la façon la plus répandue dans le monde de produire et d'utiliser de l'énergie.**

La combustion du carbone rejette du dioxyde de carbone (CO_2) et du monoxyde de carbone (CO) dans l'atmosphère. (voir les relations entre CO_2 et environnement)



Hélium 4, He

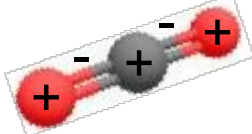
L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

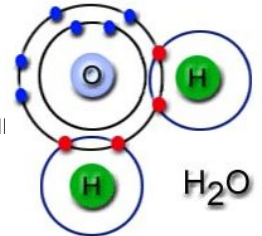
Partie 7 Électrons et électricité, quand le courant passe

Les atomes sont constitués d'un noyau de charge positive autour duquel gravitent des électrons de charge négative.

Dans la nature, les atomes restent rarement isolés. Ils s'associent généralement en mettant certains de leurs électrons en commun lors de réactions chimiques pour former des molécules très nombreuses et très diverses (Voir Parties 3 et 6).



Les électrons mis en commun sont symbolisés sur cette représentation du CO₂ par des bâtonnets reliant les atomes de carbone et d'oxygène.



Les électrons mis en commun passent d'un atome à un autre, ils sont appelés " électrons libres " .

Les électrons libres peuvent donc se déplacer dans la structure de la matière.

Dès qu'un électron quitte un atome, un autre peut prendre sa place. A l'échelle humaine ces mouvements sont invisibles mais ils sont mesurables avec des appareils comme les **voltmètres** et ils peuvent produire des phénomènes impressionnants et dangereux comme la foudre.

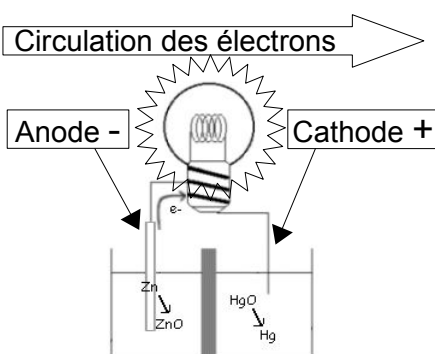
Le déplacement global des électrons dans la matière constitue le courant électrique.

Un matériau qui " permet " à ses électrons de se déplacer facilement d'un atome à un autre est appelé **conducteur**.

La capacité d'un conducteur électrique de laisser passer un courant d'électron est appelée **conductivité électrique**.

La conductivité varie d'un matériau à l'autre.

Un matériau qui limite ou empêche la circulation des électrons est appelé **isolant électrique**.



Dans un matériau conducteur, le déplacement des électrons est possible dès lors qu'une différence de quantité de charges négatives (électrons) entre deux points existe, cela se produit au cours de réactions chimiques, par exemple dans une pile.

Cette différence de charge est appelée **différence de potentiel**.

Lorsque le circuit est fermé les électrons se déplacent vers le point où il y en a le moins afin de rétablir l'équilibre.

Ampère, physicien français qui a donné son nom à une unité de mesure électrique, a défini par erreur un sens " conventionnel " du courant, du plus vers le moins, contraire à la réalité du sens de circulation des électrons.

Une différence de potentiel crée une force électromotrice (FEM)

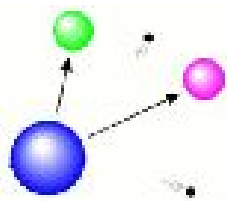
Une FEM peut être créée lors du déplacement d'un aimant dont le champ magnétique va attirer et déplacer des électrons à distance dans une bobine de fil de cuivre.

C'est ce qui produit du courant dans une dynamo de vélo ou à plus grande échelle dans un alternateur de centrale électrique.

Dans ce cas, une énergie mécanique est transformée en énergie électrique.

L'inverse est également possible, un courant d'électrons peut produire une force qui déplacera l'aimant à distance dans un moteur électrique, dans ce cas, une énergie électrique est transformée en énergie mécanique.





L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

PETIT COURS DE PHYSIQUE DE BASE

Partie 8 Désintégration nucléaire, la radioactivité naturelle



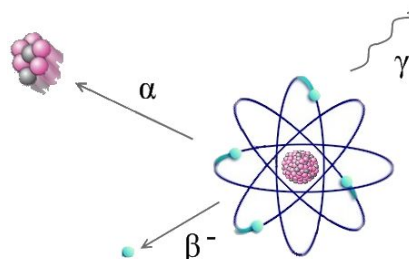
La plupart des noyaux de tous les atomes sont **stables** ; c'est à dire qu'ils ne subissent jamais de transformation et restent donc en tout point identiques au fil du temps.

Mais certains noyaux sont **instables**.

Ces atomes vont, à un moment donné de leur "vie", expulser spontanément des particules et de l'énergie : **ils émettent des radiations**.

On dit alors que **ces atomes se désintègrent**.

Ces noyaux sont dits **radioactifs**.



Chaque atome, après avoir expulsé des particules, **va ainsi se transformer en un atome différent qui peut être stable ou non**.

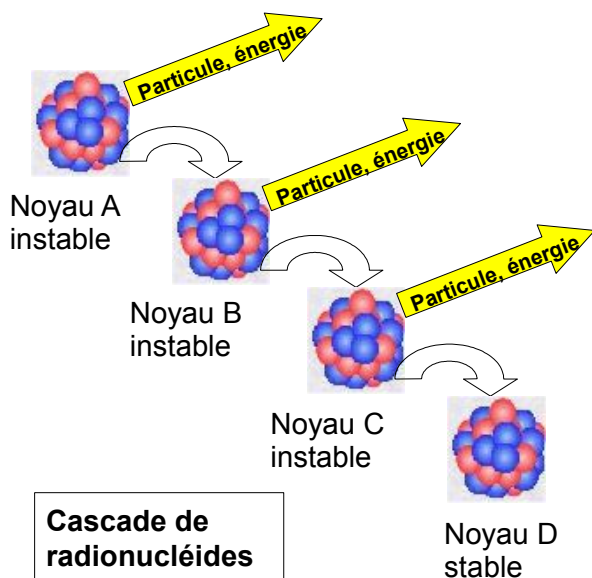
S'il ne l'est pas, il se désintégrera à son tour et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un atome stable à la fin d'une véritable **cascade de désintégrations**.

Chaque désintégration donne naissance à un nouveau noyau, différent du précédent.

L'ensemble des descendants de l'atome initial forme alors une **famille radioactive**.

C'est par exemple le cas de l'Uranium 238 qui est à la tête de l'une de ces familles :

il se désintègre pour former le Radium 226 qui lui même se désintègre pour former le Radon 222... et ce jusqu'au Plomb 206, qui est stable.



Cascade de radionucléides

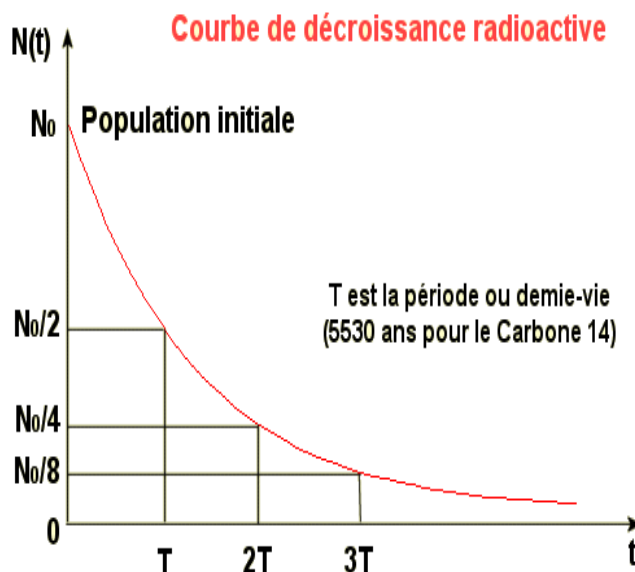
Au cours du temps, la radioactivité développée par une certaine quantité d'éléments instables **va progressivement diminuer jusqu'à devenir nulle**. Cette décroissance est déterminée par une période T , dite **période radioactive**, au bout de laquelle la moitié des noyaux de la substance radioactive se sont désintégrés comme en témoigne le graphique de droite.

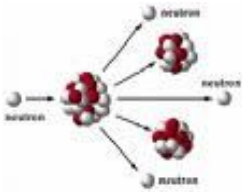
Selon les éléments radioactifs concernés, cette période est très variable : quelques secondes, heures... plusieurs jours... centaines d'années... ou millions d'années. **La demi-vie radioactive** d'un élément indique la rapidité avec laquelle les radionucléides se désintègrent. **Cette période radioactive ne peut en aucun cas être modifiée**.

Pour cette raison les cascades radioactives, vues précédemment, peuvent se dérouler sur des périodes extrêmement longues.

Les radiations se déplacent très rapidement, traversent l'espace et la matière et **ont des effets sur les atomes et les molécules avoisinantes**. Ces modifications se font par apport d'énergie, en arrachant des particules ou en ajoutant de nouvelles particules (électrons et neutrons) ce qui peut déclencher des réactions chimiques ou nucléaires, dans ce dernier cas, l'atome modifié est devenu radioactif.

Il est nécessaire de s'en protéger avec des écrans, des obstacles qui les arrêtent. Des sources de radiations sont utilisées en **médecine nucléaire** pour des examens et des traitements médicaux (cancer) .



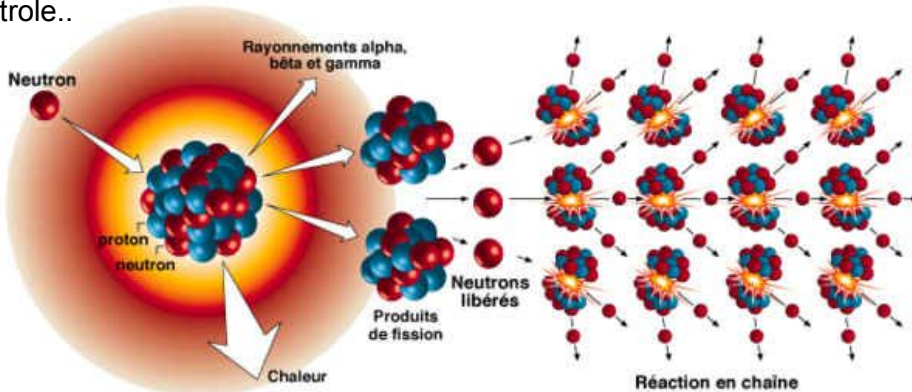


L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

Partie 9 Fission nucléaire, naturelle et artificielle



La fission nucléaire est un phénomène naturel par lequel **certains noyaux lourds instables**, donc radioactifs, comme l'Uranium 235 et le Plutonium 239, **se divisent en deux nouveaux noyaux plus légers**. Ces noyaux lourds sont dits **fissiles**. Rarement spontanée (qui se produit sans action extérieure) elle est le plus souvent provoquée par l'absorption par le noyau fissile d'un neutron extérieur. La fission nucléaire se traduit aussi par l'émission de nouveaux neutrons et un dégagement d'énergie très important sous forme de chaleur et de radiations diverses. Un gramme d'uranium peut libérer autant d'énergie qu'une tonne de pétrole..



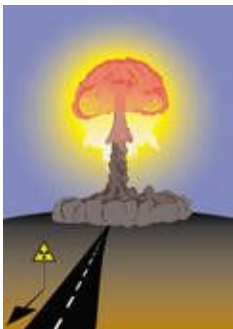
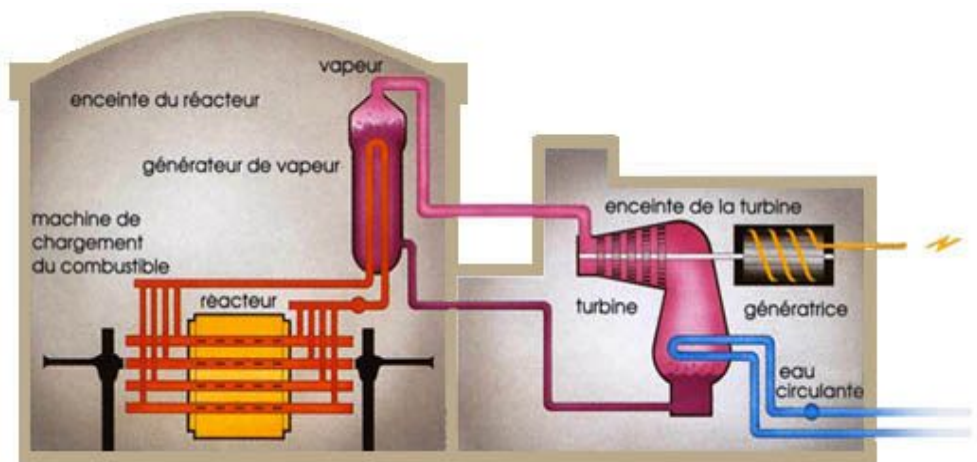
Si l'intérieur de notre Terre est chaud (constitué d'un magma en fusion), c'est principalement à cause des réactions de fission et de désintégrations d'éléments radioactifs (uranium, thorium), se déroulant sous nos pieds dans les profondeurs du sol. Certaines roches de surface comme le granit sont très faiblement radioactives.

Les neutrons libérés lors de la fission vont à leur tour pouvoir être absorbés par d'autres noyaux voisins. Si ces noyaux sont non fissiles, ils vont être modifiés et dans certains cas devenir radioactifs. Si les noyaux qui ont absorbé un neutron sont fissiles, de nouvelles réactions de fission vont se produire en série, c'est ce qu'on appelle la **réaction en chaîne**.

La quantité d'énergie libérée va dépendre du nombre de fissions dans une période donnée.

Dans les centrales nucléaires **un système de contrôle du nombre de fissions est utilisé** afin de produire la quantité de chaleur souhaitée.

Cette chaleur est convertie en énergie électrique comme dans n'importe quelle centrale thermique (à combustion ou à énergie solaire thermique) en utilisant la pression de la vapeur d'eau dans une turbine.

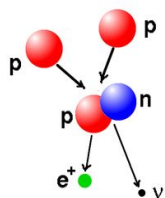


Totalement libérée, l'énergie de fission est dévastatrice, comme à Hiroshima en 1945. Dans une bombe nucléaire le but est justement de produire un maximum de fissions dans un temps très court. L' explosion produite à un rayon d'action de plusieurs kilomètres. Les effets d'une telle bombe durent plus longtemps que l'explosion elle-même.

Dans une explosion ou dans une centrale nucléaire, les nouveaux noyaux formés lors des fissions sont radioactifs, ils sont appelés **produits de fission**. Ils vont se désintégrer plus ou moins rapidement, émettre des radiations et créer des cascades radioactives semblables à celles qui ont été vues dans la Partie 8.

Les radiations naturelles ou émises par nos technologie nucléaires sont appelées radiations ionisantes, elles peuvent avoir des effets plus ou moins destructeurs sur les cellules vivantes.

Ces effets dépendent de la dose reçue en fonction à la fois du degré de protection, de l'intensité de ces radiations, de la distance de la source et du temps pendant lequel les cellules ont été exposées. Le fait que ces radiations soient totalement invisibles, inodores (sans odeur) et indolores (elles ne provoquent pas de douleur) complique leur contrôle. Il faut des appareils spéciaux pour les détecter et les mesurer (**compteur Geiger , dosimètre**) . **Des doses importantes peuvent entraîner la mort.**



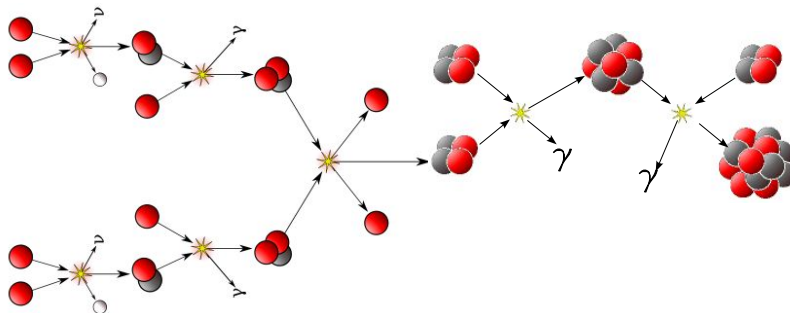
L'ÉNERGIE ET LA MATIÈRE

PETITE EXPLORATION DU MONDE DE LA PHYSIQUE

Partie 10 Fusion nucléaire, naturelle et artificielle



La fusion nucléaire est l'inverse de la fission. Lors de la fission, un noyau lourd se divise en deux autres noyaux plus légers, **lors de la fusion ce sont deux noyaux légers qui s'assemblent pour former un nouveau noyau plus lourds.**



Cette réaction est celle qui se produit dans les étoiles comme le soleil. La fusion nous fait remonter aux origines de l'univers, et de notre planète car tous les noyaux, comme le carbone et le fer, sont issus de processus de fusions successives de noyaux de plus en plus lourds, en partant du plus léger, l'hydrogène.

La fusion exige une gigantesque quantité d'énergie de déclenchement, du même niveau d'intensité que la formation d'une étoile ou qu'une bombe à fission.

En retour la fusion produit aussi énormément d'énergie (radiations , chaleur)

Dans une étoile la réaction de fusion s'auto alimente, c'est à dire que l'énergie produite par les réactions de fusion déclenche d'autres fusions.

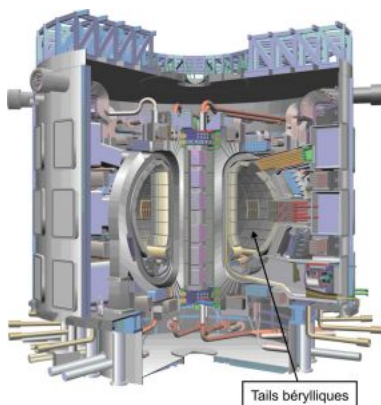
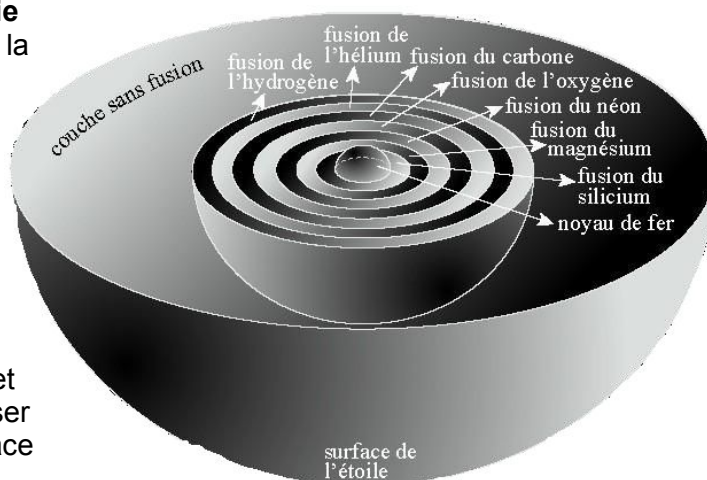
Au sein d'une étoile, les noyaux formés par fusions et désintégrations successives ont tendance à se disposer en couches superposées, les plus légers vers la surface les plus lourds vers le centre.

L'accumulation de noyaux lourds en son centre finit par déséquilibrer l'étoile qui va, dans certains cas, exploser en nova et disséminer ces noyaux dans l'espace sous forme de gaz et d'astéroïdes.

Les gaz formeront de nouvelles étoiles. (Voir Partie 2)

Les astéroïdes composés parfois de métaux purs, comme le fer, vont s'entrechoquer et s'agglomérer entre eux pour former des planètes.

C'est ainsi que le sous sol de la planète Terre est riche en métaux divers qui proviennent de lointaines réactions de fusion et de la destruction d'anciennes étoiles.



Le projet ITER de réacteur à fusion

Nous avons réussi, à l'aide de l'énergie d'une bombe à fission, à déclencher la réaction de fusion dans l'explosion de la bombe thermonucléaire, dite aussi bombe H (à hydrogène) et franchi ainsi un échelon supplémentaire dans nos capacités de destruction. Par comparaison la première bombe à fusion US était 1000 fois plus puissante que la bombe à fission lancée sur Hiroshima. La plus puissante de ces bombes équivalait à 50 Mt de TNT (URSS 1961)

La fusion contrôlée dans un réacteur est nettement plus difficile à obtenir, à cause de l'énorme quantité d'énergie nécessaire à son déclenchement. Actuellement les essais de fusion contrôlée consomment beaucoup plus d'énergie qu'ils n'en produisent.

Le projet international " ITER " de développement de la fusion contrôlée réunit le Canada, les Etats-Unis, la Russie, l'Union européenne, le Japon, la Chine et la Corée du Sud afin de chercher une solution pour l'énergie du futur. Cependant on estime que cette technologie très prometteuse mais très complexe et très coûteuse ne serait pas exploitable avant 50 à ... 200 ans.