

**Serge-Reiver Nazare**

**LA MATIERE**

**Edition Octobre 2000**

## Sommaire

<b>Introduction</b>	2
---------------------	---

### Développements

L'origine de l'univers et la naissance de la matière	3
Les particules élémentaires	11
La force de gravitation	18
Autre approche de la théorie de la gravitation	24
La force électromagnétique	27
Autre approche de la théorie de l'électromagnétisme	34
L'énergie tachyons	38
Le monde atomique	41
Le monde moléculaire	45
La matière sombre	46
Les rayons cosmiques	51
Le vide sidéral et le plein sidéral	53
Théories diverses	57
L'espace et les dimensions	59
Le temps	65

### Annexes

Annexe 1 - Classification périodique des éléments	69
Annexe 2 - La théorie de la relativité	75
Annexe 3 – La théorie quantique	80
Annexe 4 - Le monde des particules	
Tableau synoptique des particules élémentaires	90
Définition des particules	93
Les Hadrons	97
Les Leptons	100
Les Bosons	103

## INTRODUCTION

Nous allons aborder dans cet ouvrage la définition de la matière telle qu'elle apparaît vue sous l'angle scientifique, depuis l'origine de l'univers.

Dans l'ouvrage intitulé "Le monde scientifique" nous avons défini la matière dans ses composantes astronomiques à travers l'histoire des galaxies, des étoiles, des planètes.

Dans celui-ci, nous resterons au niveau moléculaire et submoléculaire.

Nous parlerons de la naissance de la matière depuis l'origine en fonction des données actuelles de l'astrophysique, et du fonctionnement de cette matière au niveau des théories corpusculaires actuelles.

# L'ORIGINE DE L'UNIVERS ET LA NAISSANCE DE LA MATIERE

## Constitution de l'univers :

Globalement, l'univers physique est constitué des éléments suivants :

- Des particules élémentaires, éléments primordiaux de l'univers dont toute matière découle.
- De la matière sombre intergalactique, constituée de nuages, poussières, et autres particules fines, qui constitue la matière première permettant la formation des galaxies et des étoiles.
- Des galaxies, de formes et de tailles différentes, qui généralement évoluent sous forme de regroupements de galaxies. (Certaines galaxies peuvent être indépendantes).
- Des étoiles, principales constituantes des galaxies qui peuvent évoluer par regroupements de 2 ou plusieurs.
- De la matière sombre interstellaire.
- Des planètes plus ou moins denses, de compositions et de dimensions très diverses, qui évoluent autour de la plupart des étoiles.
- Divers objets tels que, comètes, astéroïdes, etc.

Nota :

La plupart des corps célestes émettent des rayonnements dans toute la gamme des rayonnements électromagnétiques, ce qui les rend perceptibles à nos appareils.

Certains sont appelés corps sombres car ils n'émettent aucune lumière.

## L'univers en quelques chiffres :

### - Age :

Les dernières estimations font remonter l'âge de l'univers à 13,7 milliards d'années.

La galaxie répertoriée la plus lointaine est estimée distante de 12,8 milliards d'années.

Si ces deux données sont exactes, cela voudrait dire que les premières galaxies se seraient formées moins d'un milliard d'années après le début de l'existence de l'univers matériel.

### **- Composition :**

La science estime que l'Univers contient environ 125 milliards de galaxies.

Les galaxies peuvent se regrouper en amas qui peuvent en compter plusieurs milliers.

Le nombre des étoiles est estimé actuellement à au moins à 70 000 milliards de milliards.

La science estime qu'environ 85% de la masse de la matière de l'univers est invisible. Cette matière noire serait constituée de trous noirs, de gaz, de poussières de matière, et d'autres constituants non encore connus.

Sur un plan énergétique, la science estime qu'environ 70% de l'énergie de l'univers est actuellement inconnue.

La composition des atomes présents dans l'univers est :

Hydrogène = 90%.

Hélium = 9%.

Tous les autres atomes = 1%.

### **- Températures :**

La chaleur est une forme d'énergie que possèdent tous les corps ou milieux, et qui permet un transfert de cette énergie du corps le plus chaud au corps le plus froid.

La chaleur correspond au degré d'agitation moyenne, à la rapidité de mouvement des molécules ou des atomes d'un corps ou d'un milieu. La chaleur mesure donc les forces de cohésion entre les molécules ou des atomes du corps ou du milieu considéré. En effet, plus les molécules ou atomes sont agités, plus la force de cohésion est faible. Ces déplacements sont effectués, soit par translation, soit par vibration, soit par rotation.

Le zéro absolu est le point de température le plus bas possible en théorie, correspondant à un état d'énergie minimum. Le zéro absolu correspond à une température de  $-273,16^{\circ}\text{C}$  (Celsius), soit à  $0^{\circ}\text{K}$  (Kelvin).

D'un point de vue thermodynamique, le zéro absolu correspond au minimum d'énergie d'un système caractérisé par un mouvement moléculaire réduit. Il ne s'agit pas d'un repos complet, mais d'un état où le corps ne peut plus transmettre de chaleur à un autre corps car ses atomes et ses molécules ne peuvent plus céder leur énergie cinétique.

La température actuelle de l'espace intersidéral est actuellement de  $2,72^{\circ}\text{K}$ .

Les nuages froids intersidéraux gravitent autour des  $10^{\circ}\text{K}$ .

Des gaz chauds intersidéraux sous forme de plasmas (milieux fortement ionisés) peuvent avoir une température de plusieurs dizaines de milliers de degrés à plusieurs millions de degrés.

A l'intérieure des étoiles, les réactions thermonucléaires peuvent faire monter la température à plusieurs dizaines de millions de degrés.

### **- Densité :**

L'espace est relativement vide de matière. Sa densité moyenne est estimée à  $10^{-35}$  gr de matière par  $\text{m}^3$  en moyenne, soit  $10^{-29}$   $\text{g}/\text{cm}^3$  ou 1 atome dans  $1 \text{ m}^3$  d'espace, dont 1 atome d'hydrogène pour  $5 \text{ m}^3$  d'espace).

Autrement dit, une portion d'univers grande comme la Terre renfermerait 10 mg de matière.

### **La naissance de la matière :**

Il est bien difficile de reconstituer, même avec nos moyens actuels, l'origine de la matière. Non seulement il existe encore plusieurs théories sur le commencement de l'organisation de l'univers, mais tout le monde n'est toujours pas d'accord sur les processus qui suivirent. Quoi qu'il en soit, des questions restent en suspend. Il convient donc de considérer ce qui suit comme une hypothèse.

Voici ci-après les éléments les plus admis actuellement.

- A l'origine existaient 2 forces :

- ° La force de gravitation.
- ° La force électromagnétique.

- La force électromagnétique s'est séparée en 2 forces, la force électrofaible et la force nucléaire forte.

- ° La force électrofaible :

La force électrofaible a donné naissance aux quarks, aux électrons, aux neutrinos.

Puis elle s'est séparée en 2 autres forces, la force nucléaire faible et la force électromagnétique.

. La force nucléaire faible intervient dans les réactions nucléaires à l'intérieur des étoiles.

. La force électromagnétique a donné naissance au photon.

- ° La force nucléaire forte :

Elle intervient dans la cohésion des noyaux atomiques. Elle est représentée par des particules appelées gluons. Ces particules vont permettre aux quarks de s'assembler pour former les protons et les neutrons.

Tous les ingrédients sont alors réunis pour constituer la matière : Les quarks, les électrons, les neutrinos, et les photons.

Les quarks commencent à s'attirer et à se combiner entre eux par 3 sous l'action des particules gluons (force d'attraction) pour former des particules élémentaires plus lourdes, les protons et les neutrons.

Les protons et les neutrons s'assemblent pour former les premiers noyaux atomiques.

Les électrons (charge -) se mettent à tourner autour des protons (charge +) pour former les premiers atomes de l'univers, les plus simples, les atomes d'hydrogène (H) constitués d'un électron tournant autour d'un proton.

Puis les atomes d'hélium apparaissent, constitués d'un noyau de 2 protons + 2 neutrons, autour duquel tournent 2 électrons.

La science pense qu'à ce stade l'univers était composé de 77% d'hydrogène, et de 23% d'hélium.

Remarques :

Il est difficile de savoir si, dès l'origine, des protons (charge +) se sont associés avec des neutrons (charge neutre) pour former les premiers noyaux atomiques. Dans ce cas, des électrons se sont associés dès ce moment-là pour former les deuxièmes types d'atomes, les atomes d'hélium (He), constitués d'un noyau de 2 protons + 2 neutrons, autour duquel tournent 2 électrons.

Sinon, les atomes d'hélium seraient apparus plus tard à travers les réactions thermonucléaires au sein des étoiles.

C'est le premier cas qui est généralement admis.

Certaines théories font naître les neutrons avant les protons.

Certaines théories font naître les électrons à partir des neutrons par éjection d'une partie des neutrons.

Certaines théories font naître l'interaction forte électromagnétique par la rotation des électrons autour des neutrons.

### **Organisation et développement de la matière :**

Il est généralement admis, actuellement, qu'à ce stade l'univers est composé d'un gaz primordial constitué encore uniquement d'atomes d'hydrogène et d'hélium qui forment un plasma cosmique non homogène et non isotrope (non isotrope, se dit d'un milieu qui ne présente pas les mêmes propriétés physiques dans toutes les directions).

Dans ce milieu non homogène apparaissent des fluctuations de densités.

Ces fluctuations engendrent des grumeaux, des sortes d'îlots de matière, sur lesquels la force de gravitation entre en action. La force de gravitation permet aux atomes d'hydrogène et d'hélium d'entrer en attraction.

Ces atomes se mettent alors à former d'immenses zones des masses de gaz composés qui, sous l'influence de la gravitation, se densifient en nuages.

En divers points de ces masses de nuages, la gravitation provoque l'effondrement de la matière existante (H + He) sur elle-même, (en spirale).

L'effet de la force centrifuge, provoque la mise en rotation de ces nuages (souvent dans un sens dextrogyre), rotation provoquant elle-même un aplatissement des nuages, avec formation de bras s'il y a concentrations de particules, donnant naissance aux premières protogalaxies. Ces premières galaxies, probablement des galaxies naines, vont plus tard elles-mêmes s'absorber pour former des galaxies de plus en plus massives et diverses.



A l'intérieur de ces protogalaxies apparaissent également des grumeaux de matière, il s'en suit, localement des augmentations de pression due à la force de gravitation, provoquant des augmentations de l'excitation atomique (chaleur). Nous assistons à la naissance des premières proto-étoiles.

A l'intérieur de ces proto-étoiles, la pression et la chaleur augmentant dans le temps et, à partir d'un point critique, des réactions de fusion vont commencer à se déclencher transformant notamment l'hydrogène en hélium. Les premières étoiles apparaissent. Les différents types d'étoiles sont fonction des conditions physiques qui règnent dans le lieu de leur naissance.

L'univers matériel est né.

C'est à travers les chaleurs et les pressions importantes qui règnent aux cœurs des étoiles que naissent petit à petit les autres constituants de la matière, des atomes les plus simples aux atomes les plus complexes et les plus lourds.

Des noyaux atomiques de plus en plus complexes se forment, et des électrons se mettent à tourner autour de ces noyaux, en 2 couches, créant les atomes de lithium, de béryllium, de bore, de carbone, d'azote, d'oxygène, etc., puis plusieurs couches.

Lors des premières étoiles la matière était donc constituée uniquement d'hydrogène et d'hélium. Puis elles ont commencé à synthétiser des éléments légers. Ces éléments se sont répandus dans l'espace environnant lors de leur explosion en supernovae. Lors des générations suivantes, les nuages interstellaires ont été de plus en plus enrichis en atomes et molécules créés lors des premières étoiles. Et les étoiles ont été constituées de plus en plus d'éléments.

Plus tard, les nuages ont été suffisamment riches en éléments divers y compris sous forme de poussières de matière pour que, par accréation de ces éléments, des planètes puissent se former.

### **Cas particulier des Trous Noirs :**

L'ampleur de la force de gravitation provoque un effondrement gravifique qui annihile la matière constituée, et la transforme en un plasma où les atomes sont écrasés les uns contre les autres pour ne plus former que des noyaux protoniques. Les électrons disparaissent, donc plus d'agitation thermique, donc plus de température, et plus de rayonnement. Il reste un écoulement nucléaire phénoménal à l'intérieur d'un vortex créé par la célérité de rotation de cet ensemble. On peut supposer que des protons sont transformés en quarks, et peut-

être en autres particules. Des jets se forment pour expulser les excédents de particules.

Les éléments sont propulsés par ces jets dans la galaxie, et vont participer à la création d'autres matières.

### **Remarques :**

Il est généralement admis que les étoiles sont nées à l'intérieur de formations gazeuses bien définies qui délimitaient ce qu'on peut appeler les premières protogalaxies (galaxies naines). C'est à l'intérieur de ces protogalaxies que sont nées les étoiles.

Certains scientifiques pensent que les étoiles se sont formées d'abord dans l'espace, puis se sont regroupées en amas stellaires qui se sont agglomérés formant des galaxies naines.

Dans ces débuts de la vie de l'univers matériel, il existait probablement un nombre très important de galaxies naines (100 à 1000 fois moins massives que la Voie Lactée). Ces galaxies se sont peu à peu assemblées en des galaxies plus élaborées.

Dans toute création il y a une phase préparatoire appelée proto, puis une phase de réalisation correspondant généralement à une concentration et création d'éléments de matière plus lourde, puis évolution de cette concentration jusqu'à une fusion avec d'autres éléments semblables, ou mort pour une régénération. Ceci se passe depuis les galaxies jusqu'aux planètes, en passant par les étoiles.

A l'intérieur des étoiles, des liaisons entre protons et neutrons forment des isotopes de l'atome d'hydrogène : Le deutérium (1 électron tournant autour d'un noyau constitué de 1 proton et 1 neutron) et le tritium (1 électron tournant autour d'un noyau constitué de 1 proton et 2 neutrons).

Selon certaines théories l'antimatière n'existe pas par elle-même dans l'univers. Seuls existeraient des antiélectrons produits au sein des étoiles, et des antiprotons, résultat de la collision de particules cosmiques et des molécules de l'atmosphère.

Mais des particules d'antimatière peuvent être produites par l'homme dans sa technologie (ces antiparticules ne durent que quelques fractions de seconde).

Nous ne pouvons voir l'univers tel qu'il est aujourd'hui, car la lumière qu'émettent ses constituants lumineux met un certain temps pour nous parvenir.

Si la vitesse de la lumière (300 000 km/s) nous paraît élevée, au niveau des distances cosmiques, elle peut mettre un temps très long pour nous parvenir. Plus nous regardons des objets célestes lointains, plus nous les regardons tels qu'ils étaient au moment où leur lumière les a quittés.

L'image du Soleil met 8 mn pour nous parvenir, l'image de l'étoile la plus proche du Soleil, Alpha du centaure met 4,3 années pour nous parvenir, la galaxie Andromède, met 2 millions d'années pour nous parvenir, et ainsi de suite. Nous ne pouvons donc pas savoir ce qui se passe dans l'Univers lointain en ce moment.

## LES PARTICULES ELEMENTAIRES

### **Définition des particules élémentaires :**

Comme nous venons de le déterminer, avant que la matière dense ne se fut formée, l'univers physique était constitué d'éléments primordiaux que nous appelons les particules élémentaires.

Ces particules désignent des grains d'énergie, de masses, de quantités d'énergies, de vitesses et de durées différentes circulant dans l'univers et au sein de la matière. Ces particules ont servi de base à l'élaboration de la matière.

Cependant l'homme a su créer d'autres particules qui n'existent pas à l'état naturel, tout au moins dans notre environnement. Il convient donc de distinguer ici les particules que l'on trouve communément dans la nature, (et qui sont stables) de celles qui sont provoquées par l'homme à travers sa technologie, soit pour la recherche, soit pour des applications pratiques, (notamment à travers la fission nucléaire, et les accélérateurs de particules qui font entrechoquer des particules ou des atomes pour en créer d'autres). Ces dernières sont instables.

A l'heure actuelle, on a répertorié plus de 300 particules élémentaires entre les particules naturelles et les particules provoquées par l'homme.

Mais, pour l'étude de la formation de l'univers matériel, nous ne considèrerons que les particules élémentaires naturelles et qui existent à un niveau universel.

### **Les particules élémentaires stables :**

#### **- Présentation :**

La science a regroupé l'ensemble des particules élémentaires connues, qui composent la matière, dans une famille appelée "fermions". Cette famille comprend 12 particules.

Cette famille est composée de 2 groupes de particules appelées, d'une part les quarks (6 unités), et d'autre part les leptons (6 unités).

Parmi ces particules, seules 4 sont stables et constituent la matière stable, (2 pour les quarks et 2 pour les leptons). Elles représentent les briques élémentaires de la matière. Elles ont participé à la création même des premiers éléments de la matière.

(les 8 autres, instables, sont produites dans les accélérateurs de particules).

Ces 4 particules sont, pour les quarks, les quarks u (up) et d (down), et pour les leptons, l'électron et le neutrino.

D'autre part, il existe dans l'univers des forces dites "d'interaction" qui sont indispensables à la formation, à l'organisation, à la structuration de la matière. Ces interactions sont véhiculées par des particules élémentaires appelées Bosons.

Nous allons donc définir dans un premier temps les 4 particules stables qui font partie des fermions. Puis, nous parlerons des interactions et des particules qui les véhiculent, les bosons.

## **Les fermions :**

### **- Les quarks :**

Les quarks sont des particules dont certaines s'attirent de façon à former des protons et des neutrons.

Nous venons de voir qu'on distingue 6 types de quarks, mais seulement 2 types pour les particules élémentaires stables, les quarks up (u), et les quarks down (d). Le proton comporte deux quarks u et un quark d, alors que le neutron est formé de deux quarks d et d'un quark u.

Les quarks u et d ont des masses faibles mais de fortes énergies, respectivement 5 MeV (mégaélectronvolts) pour les quarks up et 8 MeV pour les quarks down.

La force d'attraction entre quarks est véhiculée par des forces d'interaction dont les particules sont appelées les gluons. Nous y reviendrons.

### **- Les électrons :**

Les électrons sont des particules qui circulent à grande vitesse autour d'un noyau atomique.

La charge électrique est négative. Elle est  $= -1.6 \times 10^{-19}$  C (coulombs).

La vitesse des électrons et leur distance par rapport au noyau sont variables suivant les différents atomes. Les électrons peuvent être répartis jusqu'à 7 couches autour du noyau, le nombre croissant avec la complexité du noyau.

La masse d'un électron est faible,  $= 9 \times 10^{-28}$  g. Elle est négligeable par rapport à celle du noyau (rapport 1/1836).

La dimension d'un électron est  $= 10^{-13}$  cm.

Son énergie est grande,  $= 0.5$  MeV (million d'électronvolts).

A la rotation de l'électron autour d'un noyau est toujours associé un champ magnétique perpendiculairement à son orbite.

La force d'attraction entre l'électron et le noyau atomique est véhiculée par des forces d'interaction dont les particules sont appelées les photons. Nous y reviendrons.

Les électrons peuvent absorber et réémettre des photons d'où les phénomènes de couleur, fluorescence, phosphorescence, incandescence.

### **- Les neutrinos :**

Les neutrinos sont des particules immatérielles.

Ils sont électriquement neutres.

Leur masse est quasi nulle.

Ils semblent naître au cœur des étoiles et ils traversent toutes les matières. Ils sont en grand nombre dans l'univers. Ils se déplacent à la vitesse de la lumière.

La science pense que l'origine des neutrinos est dans des résidus de supernovae, ou dans des microquasars, ou dans le noyau des galaxies.

### **Définition des interactions ou forces :**

Nous venons de dire qu'il existe dans l'univers des forces dites "d'interaction" qui sont indispensables à la formation, à l'organisation, à la structuration de la matière.

Pour la science actuelle, il existe 4 interactions fondamentales :

- L'interaction nucléaire ou forte.
- L'interaction électromagnétique.
- L'interaction faible.
- L'interaction gravitationnelle.

Les interactions représentent des forces qui s'exercent des actions sur les constituants de la matière. Elles organisent et structurent la matière. Elles assurent la cohésion générale de la matière. Elles représentent le ciment dont les 4 fermions représentent les briques. Ces forces se dispersent sous forme de champs, ce sont des ondes qui s'étendent, et la matière est soumise à ces forces.

## **Les différentes interactions :**

### **- L'interaction nucléaire ou forte :**

Elle exerce la cohésion entre les nucléons (protons et neutrons). Elle organise donc le noyau atomique.

Elle est de portée limitée.

Son énorme intensité permet la cohésion des quarks dans les nucléons, et des nucléons entre eux.

Elle est stable.

L'interaction nucléaire ou forte est véhiculée par une particule appelée "gluon".

### **- L'interaction électromagnétique :**

Elle assure les liaisons entre les électrons et le noyau.

Elle est attractive et de portée infinie.

Son intensité est forte.

Elle est stable.

Elle agit surtout au niveau moléculaire (c'est le lieu des réactions chimiques).

Elle s'auto-équilibre car elle attire ou repousse en fonction de sa charge + ou -.

Elle est à l'origine des divers rayonnements électromagnétiques (lumière, ondes radio, etc.), ainsi que des propriétés des atomes impliquant des électrons. Cela concerne donc l'ensemble de la biologie, de la chimie, mais aussi toutes les caractéristiques les plus connues de la matière.

L'interaction électromagnétique est véhiculée par une particule appelée "photon".

### **- L'interaction faible :**

Elle gouverne la désintégration de certains noyaux radioactifs.

Elle se manifeste dans certains aspects de la radioactivité et dans les processus qui modèrent les réactions nucléaires à l'intérieur des étoiles.

Sur Terre est responsable de la radioactivité naturelle par désintégration spontanée du neutron.

L'interaction faible, a des effets très subtils à cause de sa très courte portée.

Son intensité est relativement faible.

Elle est instable.

Elle se signale toujours par l'implication de neutrinos.

L'interaction faible est véhiculée par une particule appelée "weakon" qui se décompose en 3 particules.

## **- L'interaction gravitationnelle :**

La gravitation opère sur toute la matière aussi bien que sur l'énergie.

Elle agit autant sur les constituants de la matière que sur les mouvements astronomiques au niveau des attractions universelles, dans la position et le mouvement des astres (planètes, étoiles, galaxies, etc.). Pour la Terre, elle agit sur la chute des corps (pesanteur).

Elle est attractive et de portée infinie.

Son intensité est faible (est la plus faible de toutes les interactions).

Elle serait stable.

Selon une hypothèse récente des physiciens, l'interaction gravitationnelle serait véhiculée par une particule appelée "graviton".

Voir plus loin le chapitre intitulé "autre approche de la gravitation", dans la partie des théories avancées.

## **Intensité relative entre les interactions :**

Interactions nucléaires ou fortes	:	1
Interactions électromagnétiques	:	$10^{-2}$
Interactions faibles	:	$10^{-13}$
Interactions gravitationnelles	:	$10^{-38}$

## **Les bosons :**

### **- Présentation :**

Nous avons vu que les interactions sont véhiculées par des particules élémentaires appelées Bosons.

Nous ne parlerons ici que des bosons stables en mettant de côté les bosons vecteurs des interactions faibles.

### **- Les photons :**

Les photons sont les vecteurs des forces électromagnétiques.

Leur portée est infinie.

Leur masse est nulle.

Ils transportent l'énergie lumineuse. Cette énergie peut se traduire par de la lumière visible, mais également par un rayonnement électromagnétique non perceptible comme les rayons gamma.



Les photons se déplacent à la vitesse de la lumière ( $c$ ).

Un faisceau lumineux est un flux de photons guidés par une onde électromagnétique.

#### **- Les gluons :**

Les gluons sont les vecteurs des forces nucléaires fortes.

Leur portée est courte.

Leur masse est nulle.

Ils collent les quarks entre eux à l'intérieur des nucléons.

#### **- Les gravitons :**

Les gravitons sont les vecteurs hypothétiques des forces gravitationnelles.

Leur portée est supposée être infinie.

Leur masse est supposée être nulle.

#### **Tableau des particules élémentaires stables :**

Nous avons vu que, dans un souci de simplification, nous ne considérons ici que les particules stables. Un tableau plus complet des particules est présenté en annexe 2.

Notons que les éléments de base de la matière que l'on appelle les atomes possèdent des noyaux constitués de protons et de neutrons. Ces éléments, que nous étudierons plus loin dans le chapitre du monde atomique, sont également classés dans une famille appelée "hadrons", qui comprend aussi des éléments stables et des éléments instables. Nous restons toujours dans l'optique de la définition de la matière naturelle stable. Ces éléments sont classés dans le tableau des particules. Nous les ferons donc apparaître également.

Dans les particules stables, nous avons donc :

#### **\* Les Hadrons :**

- Les Baryons :

Ces particules sont soumises aux interactions fortes.

° Les Nucléons : Le proton et le neutron (formés par les quarks).

**\* Les Leptons :**

- L'électron.
- Le neutrino.

**\* Les quarks :**

Ces particules sont soumises aux interactions fortes.

- Up.
- Down.

Nota : On désigne sous le nom de Fermions l'ensemble des Quarks et des Leptons.

**\* Les bosons :**

Ils sont les vecteurs des interactions.

- Le gluon. Vecteur de l'interaction forte.
- Le photon. Vecteur de l'interaction électromagnétique.
- Le graviton. (hypothétique). Vecteur de l'interaction gravitationnelle.

## LA FORCE DE GRAVITATION

### Présentation :

Nous avons défini la force de gravitation comme étant une des 4 forces d'interaction de la matière. Nous allons maintenant entrer dans les détails. Nous allons constater qu'il y a plusieurs niveaux de référence à la gravitation, et nous allons les définir.

Dans un premier temps donc, et afin de mieux cerner cette notion, il convient de distinguer plusieurs niveaux de référence : Le niveau terrestre, le niveau cosmique, et le niveau atomique.

### Le niveau terrestre :

#### - Définition :

La gravitation est un phénomène d'attraction mutuelle entre les corps matériels. Le terme de "gravité" est parfois utilisé comme synonyme. Lorsqu'il ne se réfère qu'à la force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et les corps placés à proximité, on parle de "pesanteur".

La loi de la gravitation stipule que l'attraction gravitationnelle entre deux corps est directement proportionnelle au produit des masses des deux corps, et inversement proportionnelle au carré de la distance les séparant. La loi s'exprime sous la forme algébrique suivante :

Attraction universelle de Newton :

$$F = G.m_1.m_2 / d^2$$

F = Force qui tend à rapprocher les corps, la force de gravitation.

G = Constante universelle de gravitation. La meilleure valeur actuelle pour cette constante est  $6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ .

$m_1$  et  $m_2$  = Les masses respectives des deux corps.

d = Distance qui sépare les deux corps.

La force de gravitation s'exerçant sur un objet n'est pas identique sur toute la surface de la Terre. C'est principalement la rotation de la Terre qui explique ce

phénomène. La force de gravitation mesurée est une combinaison de la force gravitationnelle due à l'attraction de la Terre et de la force centrifuge due à sa rotation. A l'équateur, la force centrifuge est importante, ce qui diminue relativement la force gravitationnelle mesurée. En revanche, la force centrifuge aux pôles est nulle, ce qui augmente relativement la force gravitationnelle. Ce qu'on appelle couramment la "force de gravité" est donc en fait une combinaison de forces.

La gravité, ou pesanteur, est ordinairement mesurée par l'accélération d'un objet en chute libre, à la surface de la Terre. A l'équateur, l'accélération de la pesanteur, notée  $g$ , est de  $9,7799 \text{ m.s}^{-2}$ , alors qu'aux pôles cette accélération est supérieure à  $9,83 \text{ m.s}^{-2}$ . Dans les calculs, on utilise la valeur normalisée de  $9,80665 \text{ m.s}^{-2}$ .

Nous allons définir la masse, et en même temps le poids, afin de ne pas les confondre.

#### **- La masse d'un objet :**

La masse représente la quantité de matière contenue dans un corps, et la mesure de son inertie, c'est à dire de sa résistance à tout mouvement.

Tous les objets sont constitués de matière mais certains contiennent plus de matière que d'autres. Lorsqu'on mesure la masse d'un objet à l'aide d'une balance, cela revient en fait à évaluer la quantité de matière qu'il contient. Un objet qui a une masse plus grande qu'un autre contient donc plus de quantité de matière.

La masse se mesure en kilogrammes (kg).

#### **- Le poids d'un objet :**

Le poids représente la mesure de la force gravitationnelle exercée sur un corps.

Tout objet est soumis au moins à une force. Cette dernière est due à l'action de l'attraction gravitationnelle qu'exerce la Terre sur n'importe quel objet. Tous les objets sur la Terre sont soumis à cette force d'attraction appelée poids.

Comme toute force, le poids peut être représenté par un vecteur noté  $P$  dont les caractéristiques sont les suivantes :

Son point d'application est le centre de gravité de l'objet.

Sa direction est donnée par la verticale.

Son sens est vers le centre de la Terre.

Son intensité  $P$  est exprimée en newtons.

Remarque : l'intensité d'un poids est souvent appelée simplement poids.

### **- Relation entre la masse et le poids :**

On constate que plus la masse  $m$  est grande, plus le poids  $P$  mesuré augmente et ceci de manière proportionnelle.

La loi s'exprime sous la forme algébrique suivante :

$$P = m \times g$$

$g$  est le coefficient de proportionnalité entre ces deux grandeurs. Il s'exprime en N/kg et s'appelle l'intensité de la pesanteur.

### **- Variations de la masse et du poids d'un objet :**

La masse est invariable :

La masse représentant la quantité de matière contenue dans un objet, elle n'a aucune raison de changer avec le lieu où se trouve l'objet. La masse est la même à la surface de la Terre, en haut de l'Everest, dans la station Mir, sur la Lune, dans tout l'univers.

Le poids est variable :

Si en haut du Mont Everest, on mesurait à nouveau très précisément le poids des masses marquées, on constaterait qu'elles n'ont pas le même poids qu'au niveau de la mer.

Comme  $P = m \times g$  et que la masse  $m$  est invariable, cela signifie que l'intensité de la pesanteur  $g$  varie. De fait,  $g$  varie avec l'altitude mais faiblement. Sa valeur est de 9,81 N/kg à Paris et de 9,78 N/kg à 9 km d'altitude. Il faut s'élever à 6 400 km pour voir sa valeur divisée par 4 et à 12 800 km pour qu'elle soit divisée par 9. Tous les objets qui naviguent à ces altitudes-là sont donc encore soumis à la pesanteur terrestre.

Comme la Terre n'est pas sphérique (elle est aplatie aux pôles), tous les points de sa surface ne se situent pas à la même distance du centre de la Terre et l'intensité de la pesanteur  $g$  varie donc avec la latitude : Elle vaut 9,81 N/kg à Paris, 9,83 N/kg aux pôles et 9,78 N/kg à l'équateur.

Même si elles existent, ces variations sont cependant très faibles et on considère que l'intensité de la pesanteur  $g$  sur la Terre est d'environ 9,8 N/kg. Cette valeur signifie qu'une masse de 1 kg sur Terre aura pour poids 9,8 N.

Il n'en sera pas de même sur d'autres astres. Ainsi, sur la Lune, l'intensité  $g$  de la pesanteur étant 6 fois moins grande que celle de la Terre, une masse de 1 kg a un poids 1,6 N. L'intensité de la pesanteur  $g$  est d'autant plus grande que la masse de la planète est grande. Sur Jupiter, une masse de 1 kg a un poids de 25,9 N.

### **Le niveau atomique :**

La masse au niveau des particules :

Les particules, très petites, ont une masse très faible, voire non mesurable, voire nulle.

A ce niveau on peut parler d'inertie plutôt que de masse intrinsèque.

Une particule possède une quantité de mouvement, donc une inertie. Cette inertie peut se définir comme une masse au repos.

Un photon, par exemple, qui se déplace à la vitesse de la lumière, ne peut être mis au repos, est donc censé ne pas avoir de masse. On dit que sa masse est nulle.

Il en est de même des gluons et des neutrinos.

Effet Roche : Lorsque 2 corps atteignent une distance relative minimale entre eux, ils s'effondrent l'un sur l'autre.

Il en est de même pour les atomes. La pression gravitationnelle s'équilibre avec le mouvement de l'électron autour du noyau.

Plus les atomes sont proches, plus la poussée est grande.

### **Le niveau cosmique :**

#### **- La force de gravitation :**

La théorie de la relativité générale est la théorie de la gravitation. C'est un prolongement de la théorie de la relativité restreinte. Mais alors que cette dernière n'envisageait que les mouvements de translation uniforme, sa généralisation considère tous les mouvements. Cela induit une nouvelle interprétation de l'origine de mouvements comme celui d'un corps en chute libre, par exemple, ou encore celui d'un corps céleste en orbite autour d'un autre. Ils ne sont plus considérés comme les effets d'une force, la gravitation, mais comme le résultat de la courbure imposée à l'espace-temps par la présence

de matière (ou d'énergie). La gravitation devient dès lors manifestation de la géométrie de l'espace-temps au voisinage des masses.

Il convient, lorsqu'on étudie le mouvement de deux ou plusieurs corps dans l'espace de tenir compte de ce qu'on appelle la dynamique orbitale, c'est à dire l'équilibre entre la force de gravitation et la force centrifuge antagonistes.

Lorsque 2 corps atteignent une distance relative minimale entre eux, ils s'effondrent l'un sur l'autre. On appelle ce phénomène l'effet Roche.

Il en est de même pour les atomes. La pression gravitationnelle s'équilibre avec le mouvement de l'électron autour du noyau. Plus les atomes sont proches, plus la poussée est grande. Lorsque la pression augmente, une agitation thermique, la chaleur, augmente (chaleur = agitation des électrons autour du noyau) et une réaction thermonucléaire s'amorce lorsque cette chaleur atteint un certain seuil ( $10^6$  ° K). Dans l'espace c'est la naissance d'une étoile.

La formule générale de Newton sur la gravitation entre 2 corps est :

$$F = G. m_1 m_2 / d^2, \text{ où}$$

G représente la constante de gravitation.  
 $m_1$  et  $m_2$  représentent les masses des 2 corps.  
d représente leur distance respective.

De même que la formule générale de la gravitation est :

$$g = GM / (R+z)^2 \text{ où}$$

G représente la constante de gravitation.  
M représente la masse du corps.  
R représente le rayon du corps.  
z représente la distance azimutale à partir de la surface.

La force de gravitation s'exerce fortement autour de corps très denses (étoiles, trous noirs, pulsars). Cette pression diminue en fonction du carré de l'éloignement de la surface du corps, comme l'indique la formule précédente.

La force de gravitation diminue en s'éloignant du sol suivant la loi des carrés inverses ( $1/R^2$ ), c'est à dire qu'à chaque multiple du rayon d'une planète ou d'une étoile, elle diminue du quart. Pour la Terre, g est égal au niveau du sol à 9,81

m/s. A 6378 km, g est égal à 2,45 m/s, et à 14 000 km, elle est égale à 1/10<sup>e</sup> de celui du niveau du sol.

Il existe un point d'équilibre gravitationnel entre deux corps dans l'espace, appelé point de Lagrange :

$$L^2 = d^2 m_1 \text{ ou } m_2 / m_1 + m_2 \text{ où}$$

$m_1$  et  $m_2$  représentent les masses des 2 corps.  
 $d$  représente leur distance respective.

Cela définit un plan de neutralité des équipotentiels de pression de gravitation. Roche a calculé que, lorsque 2 corps atteignent une distance relative minimale entre eux, ils s'effondrent l'un sur l'autre, si la force centrifuge ne les équilibrent plus.

#### **- La force centrifuge :**

Il est intéressant de parler ici d'une force qui n'est pas incluse dans la force de gravitation mais qui lui est liée car elle agit dès qu'il y a rotation d'un corps, ce qui est le cas général des corps cosmiques.



## AUTRE APPROCHE DE LA THEORIE DE LA GRAVITATION

### **Présentation :**

La question de la gravitation n'est pas encore fondamentalement résolue. La théorie de la relativité générale émet l'hypothèse d'une courbure de l'espace-temps, mais cela n'explique pas l'origine de la gravitation.

Nous allons réfléchir sur la possibilité que l'interaction gravitationnelle exerce, non pas une attraction entre les corps, mais une pression rendue possible par la présence d'un espace non vide mais possédant une certaine densité.

Nous allons revoir cette force de gravitation appliquée au niveau des corps cosmiques et des particules.

Nous avons vu que la théorie des champs tachyoniques va dans le sens de pression exercée sur les corps par ce champ.

### **Vision au niveau des corps cosmiques :**

Dans le cosmos, les corps qui possèdent une certaine plasticité, tels que les planètes et les étoiles, ont tendance à adopter une forme sphérique.

Cette forme sphérique est modulée en ellipsoïde par les effets de la force centrifuge due à leur rotation, à leur vitesse de rotation, à leur plasticité, et aux effets de marées dues aux influences gravitationnelles réciproques.

Ces corps doivent donc subir une pression égale de toutes parts. Cette pression vient de leur extérieur. C'est cette pression qui tend les molécules à adopter un volume sphérique en fonction de leur plasticité relative. Le volume sphérique représente la plus petite surface pour un volume donné. La gravitation exerce bien une pression de toute part sur les corps cosmiques.

La vitesse de rotation engendre une force centrifuge qui équilibre la force de gravitation.

Nous avons vu que, dans l'espace, lorsque deux ou plusieurs corps sont mis en présence, la force de gravitation agit sur chacun d'eux suivant la formule générale de la gravitation de Newton qui les équilibrent entre-eux. Cette force de gravitation est fonction d'une constante de gravitation, de la masse des deux corps et de leur distance respective.

Nous avons vu qu'il existe un point d'équilibre gravitationnel entre deux corps dans l'espace, appelé point de Lagrange, qui est uniquement fonction de la masse des deux corps et de leur distance respective.

La variation du champ de gravitation modifie la densité du continuum au voisinage des corps célestes. La pression est d'autant plus forte que le corps est volumineux (galaxie).

L'espace ayant une densité, la lumière subit un phénomène de diffraction au voisinage de ces corps volumineux par l'augmentation de cette densité au voisinage de ces corps volumineux. C'est ce qui explique la courbure de la lumière dans ces voisinages.

Le continuum a donc une densité variable selon les objets qui s'y trouvent, et fonction de la variation du champ gravitationnel.

Nous pouvons concevoir que les objets cosmiques s'équilibrent dans un milieu fluide de densité moins élevée que ces objets, ce milieu fluide exerçant une pression sur ces objets, de la même manière que des objets s'équilibrent dans notre milieu moléculaire (air, eau).

Tout corps cosmique plongé dans un espace fluide subit de la part de ce fluide une poussée. Lorsque deux corps sont mis en présence dans cet espace fluide, ils subissent une pression d'équilibre. Il s'agit, à tous ces niveaux, de masses qui occupent un milieu de densité inférieure à elles-mêmes.

Il nous semble exclu que des corps puissent garder leur cohésion et leur sphéricité dans un milieu de vide absolu.

La pression atmosphérique est d'ordre moléculaire. Elle est bien connue. De même la pression hydrostatique. La pression spatiale échappe encore à nos investigations, cela ne veut pas dire qu'elle ne peut exister.

### **Vision au niveau des particules :**

Les ondes qui sont propagées dans un milieu ont pour origine un ébranlement de ce milieu. Ce milieu doit donc posséder une certaine densité.

Les ondes électromagnétiques qui nous parviennent du cosmos, (Rayons  $\gamma$ , rayons X, ultra-violet, lumière visible, infra-rouge, ondes hertziennes), doivent bien prendre appui sur une densité cosmique.

Le vide spatial n'existe donc pas. L'espace est plein d'une énergie hyperfluide et hyperdense, et possède un coefficient d'élasticité, sinon les ondes électromagnétiques ne pourraient se propager.

Dans un milieu matériel, les ondes électromagnétiques se propagent à une vitesse  $c / n$ , où  $n$  est l'indice du milieu.

Les différentes ondes du spectre électromagnétique sont soumises aux phénomènes spécifiques de la propagation des ondes, comme la diffraction. Il

pourrait en être de même dans l'espace en considérant qu'il possède un indice très faible, mais non nul, qui échappe encore à nos moyens d'investigation. Le phénomène serait le même que dans la matière mais à une échelle différente.

La force de gravitation induit un changement de l'indice de réfraction de l'espace dense au voisinage des corps denses, d'où déviation des rayons lumineux. Cet indice est fonction de la densité spatiale due au champ gravitationnel.

On dit que la lumière ne peut s'échapper des trous noirs en fonction de l'énorme pression de gravitation qui y règne.

On peut aussi estimer qu'il n'y a pas d'émission de lumière car les atomes sont déshabillés de leurs électrons par la pression de gravitation, atomes transformés alors en neutrons. De même pour les pulsars, dits étoiles à neutrons.

## LA FORCE ELECTROMAGNETIQUE

### Définition :

Nous avons cité l'électromagnétisme dans la définition des interactions. Cependant, il me paraît intéressant d'y consacrer ici un chapitre particulier concernant sa théorie, car à ce jour aucune théorie n'a pu expliquer vraiment le principe fondamental de l'électromagnétisme.

Nous avons vu que l'interaction du type électromagnétique assure les liaisons entre les électrons et le noyau. Elle est à l'origine des propriétés des atomes impliquant des électrons.

On appelle rayonnement ou force électromagnétique la vibration simultanée d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique induit (B), ceux-ci étant dans deux plans perpendiculaires, et vibrant suivant une fonction sinusoïdale du temps. Ce rayonnement se déplace à la vitesse de la lumière (c).

Les photons sont les vecteurs qui véhiculent les forces électromagnétiques. Ils se déplacent à la vitesse de la lumière.

Leur énergie est  $W = h \times c/\lambda$ , avec  $h =$  constante de Planck  $= 6.62 \cdot 10^{-34}$  J/s,  $c = 300\,000$  km/s, et  $\lambda =$  longueur d'onde).

La science estime qu'à la différence des autres types d'onde, les rayonnements électromagnétiques peuvent se propager dans le vide (revoir cette notion de vide dans le chapitre ci-après consacré à une nouvelle approche de la théorie de la gravitation).

Leur vitesse est alors celle de la lumière, notée c et proche de  $3 \cdot 10^8$  m/s. Dans un milieu matériel, les ondes électromagnétiques se propagent à une vitesse  $c/n$ , où n est l'indice du milieu.

Les différentes ondes du spectre électromagnétique sont soumises aux phénomènes spécifiques de la propagation des ondes, comme la diffraction et l'interférence.

On définit les rayonnements électromagnétiques par la longueur d'onde et la fréquence.

## **La longueur d'onde :**

La longueur d'onde d'un mouvement ondulatoire est définie, pour sa part, comme étant la distance entre deux points semblables de deux cycles successifs, comme par exemple entre deux points d'amplitude maximale (appelés ventres) ou entre deux points d'amplitude minimale (appelés nœuds).

Les rayonnements électromagnétiques forment une suite continue dans l'échelle des longueurs d'onde variant de quelques km à moins d'un millième d'Angström.

Les rayonnements électromagnétiques comprennent, dans l'ordre croissant des longueurs d'onde, les rayons gamma, les rayons X, l'ultraviolet, la lumière visible, l'infrarouge, les micro-ondes et les ondes radio. Plus la longueur d'onde du rayonnement est élevée, plus sa fréquence est basse.

En déterminant la longueur d'onde d'un rayonnement électromagnétique, on peut en déduire plusieurs de ses caractéristiques : Effet thermique, visibilité, pénétration, etc.

Dans les ondes hertziennes, le phénomène est purement aléatoire. Ce n'est que dans les ondes centimétriques que les photons apparaissent. Dans les rayons  $\gamma$ , le phénomène n'est pratiquement plus ondulatoire. Seule l'énergie des photons subsiste.

## **La fréquence :**

Les ondes, tant transversales que longitudinales, se déplacent à des vitesses données. On appelle fréquence (N) du mouvement ondulatoire le nombre de cycles qui se succèdent en un point donné par unité de temps.

Une équation simple établit que la fréquence d'une onde est égale à sa vitesse divisée par sa longueur d'onde : Elle correspond donc au nombre de vibrations par seconde, dont l'unité est le hertz (Hz). 1 Hz = 1 cycle /s.

Dans le vide  $N = c / \lambda$ .

$\lambda$  = longueur d'onde en nanomètres.

N est exprimé en Hz.

c = vitesse de la lumière =  $3 \cdot 10^8$  m/s.

Pour les radiations électromagnétiques, les fréquences varient de quelques Hz à 3000 THz.

Fréquence pour le rouge = 400 000 milliards Hz.

Fréquence pour le violet = 750 000 milliards Hz.

### **Longueurs d'onde des radiations électromagnétiques :**

Les longueurs d'onde sont exprimées en Angströms (Å), en nanomètres (nm), ou en microns (μ).

1 Angström (Å) =  $10^{-8}$  cm, ou  $10^{-7}$  mm, ou 1 dix millionième de mm.

1 nanomètre (nm) =  $10^{-9}$  mètres, ou  $10^{-6}$  mm, ou 1 millionième de mm.

1 micron (μ) =  $10^{-4}$  cm, ou  $10^{-3}$  mm, ou 1 millième de mm.

1 Angström = 1/10 nanomètre = 1/10 000 micron.

1 nanomètre = 10 Angströms = 1/1000 micron.

1 micron = 1000 nanomètres = 10 000 Angströms.

Valeurs moyennes :

Ondes radio : 3 km à 30 cm.

Micro ondes : 30 cm à 1 mm ou 1000 μ.

Infra-rouge : 1mm ou 1000 μ à 800 nm ou 8000 Å ou 0,8 μ.

Lumière visible : 800 nm ou 8000 Å ou 0,8 μ à 400 nm ou 4000 Å ou 0,4 μ.

Ultra-violet : 400 nm ou 4000 Å ou 0,4 μ à 10 nm ou 100 Å ou 0,001 μ.

Rayons X : 10 nm ou 100 Å ou 0,001 μ à 0,001 nm ou 0,01 Å.

Rayons γ : inf à 0,001 nm ou 0,01 Å.

### **Définition des différentes ondes électromagnétiques :**

#### **- Les rayons gamma :**

Les rayons gamma sont des rayons à énergie élevée émis par radioactivité.

Les radiations gamma sont issues d'un réarrangement des neutrons et des protons à l'intérieur d'un noyau atomique, qui émet alors un photon. L'émission de ce photon, qui correspond au rayonnement gamma, ne se produit jamais seule. Elle peut être associée par exemple à l'émission de rayons alpha ou bêta. En effet, lorsqu'un noyau atomique est produit à la suite d'une désintégration alpha ou bêta, ou d'une fission ou fusion nucléaire, il se trouve dans un état excité (état d'énergie élevé). Pour retourner dans son niveau d'énergie fondamental, il émet un photon gamma.

Ainsi, les rayons gamma sont présents en grande quantité dans les rayons cosmiques qui traversent l'espace et bombardent la Terre en permanence. Ils proviennent des réactions nucléaires ayant lieu dans le cœur des étoiles (dont le

Soleil). Fort heureusement ils n'atteignent pas la surface de la Terre. Ils sont déviés dans la haute atmosphère par la magnétosphère, gigantesque enveloppe protectrice soumise au champ magnétique terrestre.

Sur Terre, il existe de nombreux corps radioactifs émettant des rayons gamma, comme l'iode-125, l'iode-131, le technétium-99, etc.

Un photon gamma de très haute énergie peut, lorsqu'il passe à proximité d'une particule, se matérialiser en une paire particule / antiparticule conformément à la loi d'équivalence masse-énergie :  $E = mc^2$ .

### **- Les rayons X :**

Plus la longueur d'onde du rayon X est courte, plus son énergie est élevée.

Les rayons de longueur d'onde proches de la plage des ultraviolets dans le spectre électromagnétique, sont connus sous le nom de rayons X mous. Les rayons de longueur d'onde plus courte, proches de la plage des rayons gamma, voire débordants sur cette plage, sont appelés rayons X durs (Radioactivité). Les rayons X composés d'un mélange de nombreuses longueurs d'onde sont connus sous le nom de rayons X blancs, par opposition aux rayons X monochromatiques, qui présentent une seule longueur d'onde.

Les rayons X sont produits par des changements d'orbite d'électrons provenant des couches électroniques internes des atomes.

Des rayons X sont produits lorsque des électrons à grande vitesse frappent un objet matériel (tungstène).

### **- L'ultraviolet :**

L'ultraviolet est un rayonnement électromagnétique invisible, dont la longueur d'onde s'étend de 400 nm, longueur d'onde de la lumière violette, à 15 nm, longueur d'onde des rayons X (le nanomètre, de symbole nm, équivaut à un millionième de millimètre). Cette radiation est émise en permanence par des corps célestes tels que le Soleil.

Les radiations ultraviolettes peuvent être dangereuses pour les êtres vivants, en particulier lorsque les longueurs d'onde sont faibles. Pour les êtres humains, l'exposition aux radiations ultraviolettes du Soleil, de longueurs d'onde inférieures à 310 nm, peut provoquer des brûlures.

L'atmosphère terrestre protège les organismes vivants des radiations ultraviolettes du Soleil. Si toutes ces radiations ultraviolettes pouvaient atteindre

la surface de la Terre, il n'y aurait probablement plus de vie sur celle-ci. Heureusement, la couche d'ozone de l'atmosphère absorbe pratiquement toutes les radiations ultraviolettes de faibles longueurs d'onde et une grande partie des longueurs d'onde supérieures. Cependant, les radiations ultraviolettes ne sont pas totalement dangereuses. Une grande partie de la vitamine D, nécessaire à la formation des os notamment, est produite lorsque la peau est exposée aux rayons ultraviolets.

### **- La lumière visible :**

La lumière correspond à un rayonnement électromagnétique visible. La lumière est due à des oscillations extrêmement rapides d'un champ électromagnétique dans une gamme particulière de fréquences perceptibles par l'œil humain. Les sensations de couleur ont pour origine les différentes fréquences auxquelles oscillent les ondes : De  $4 \cdot 10^{14}$  oscillations par seconde pour la lumière rouge à environ  $7,5 \cdot 10^{14}$  oscillations par seconde pour la lumière violette. Le spectre visible de la lumière est généralement défini par le domaine de longueur d'onde suivant : De la plus petite longueur d'onde visible pour le violet, environ 400 nm, à 750 nm pour le rouge.

Le rayonnement lumineux est produit par les transitions d'électrons provenant des couches les plus externes des atomes.

La lumière se propage en suivant une trajectoire rectiligne et l'intensité lumineuse par unité de surface diminue avec le carré de la distance à la source. Lorsque la lumière rencontre un corps, elle est absorbée, réfléchie ou transmise (l'un des cas n'excluant pas les autres). La lumière réfléchie par une surface irrégulière est renvoyée dans toutes les directions. Certaines fréquences sont réfléchies plus fortement que d'autres, ce qui donne aux objets leur couleur caractéristique. Les surfaces blanches réfléchissent la lumière de façon égale pour toutes les longueurs d'onde. Les surfaces noires absorbent pratiquement toute la lumière. Seules les surfaces très polies, comme celle d'un miroir, assurent la réflexion des images.

La lumière a été décrite comme une émission de particules, puis comme un ensemble d'ondes. En fait, les deux théories sont complémentaires : La théorie quantique a montré que la lumière agit comme un ensemble de particules et comme une onde. Les ondes oscillant à angle droit par rapport à la direction du déplacement, la lumière peut être polarisée suivant deux plans perpendiculaires.



De nos jours, les physiciens ont fixé la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide qui sert d'étalon dans le système d'Unités Internationales (système SI) :  $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$ .

### **- Le spectre de la lumière :**

On obtient un spectre de la lumière blanche en projetant un faisceau de lumière solaire sur un prisme en verre. Le prisme disperse la lumière qui se décompose alors en bandes de lumière colorée que les physiciens ont réparties arbitrairement en sept couleurs : Rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo et violet.

A chaque couleur de la lumière blanche correspond un domaine de longueurs d'onde ou, ce qui revient au même, un intervalle de fréquences. En effet, la longueur d'onde, notée  $\lambda$ , et la fréquence  $\gamma$  du rayonnement sont reliées entre elles par la relation :  $\lambda = c / \gamma$ , où  $c$  est la vitesse de la lumière dans le vide ( $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ ). Les longueurs d'onde de la lumière visible s'expriment en nanomètre (de symbole nm), avec  $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ . Les longueurs d'onde de la lumière violette sont comprises entre 400 nm et 450 nm, celles de la lumière rouge entre 620 nm et 760 nm.

### **- L'infrarouge :**

L'infrarouge est un rayonnement électromagnétique invisible, de longueur d'onde comprise entre  $0,8\text{ }\mu\text{m}$  (lumière rouge visible) et  $1\text{ mm}$  (micro-ondes).

La première source de rayons infrarouges est le Soleil, dont le rayonnement s'apparente à celui d'un corps noir. Les radiations infrarouges de l'astre solaire traversent aisément l'atmosphère, même si certaines d'entre elles sont absorbées par le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau.

### **- Les micro-ondes :**

Ce sont des ondes radio de haute fréquence, comprises entre les ondes infrarouges, qui ont une fréquence supérieure, et les ondes radio conventionnelles. Leur longueur d'onde varie entre  $1\text{ mm}$  et  $30\text{ cm}$ .

L'exposition aux micro-ondes est dangereuse, surtout si de fortes densités de rayonnement sont impliquées. Ils peuvent causer des brûlures, des cataractes et entraîner la stérilité, etc.

## **- Les ondes radio :**

Elles sont utilisées par l'homme dans ses systèmes de communication.

## **- Nota :**

### ° Champ électrique :

L'électricité est un ensemble des phénomènes dus aux charges électriques au repos ou en mouvement. Lorsque ces charges sont immobiles, elles engendrent des champs électriques qui peuvent influencer les corps environnants. Lorsque les charges sont en mouvement, elles génèrent des champs magnétiques.

### ° Induction magnétique :

Notre terre, comme les autres astres du cosmos, engendre une force qui provient de son noyau, appelée champ magnétique. Ce noyau, essentiellement métallique et fondu, génère cette énergie par les mouvements de sa matière.

Ce champ protège notre planète des rayons cosmiques et des vents solaires.

Le Soleil génère, lui aussi, un champ magnétique et un rayonnement électromagnétique. On peut parler de champs magnétiques interstellaires.

## **Théorie de l'électromagnétisme :**

Tout déplacement de matière, ou d'électron dans une matière, modifie son potentiel local. Sa puissance dépend de celle de son générateur, qu'il s'agisse des réactions nucléaires au sein d'une étoile, de la foudre (plusieurs millions de volts), de l'usage industriel et domestique (quelques centaines de volts), de l'électronique (quelques volts, millivolts, microvolts).

Nous avons vu que l'électron, en se déplaçant, crée un champ magnétique.

Des mouvements internes des étoiles et des planètes, il en résulte des émissions d'un champ magnétique.

Les chutes de potentiels électroniques induisent des ébranlements locaux du milieu. Ces ébranlements engendrent des ondes dont les fréquences dépendent de l'énergie cinétique de retombée des électrons sur leurs orbites. Ces fréquences varient des rayons gamma aux ondes radio.

## AUTRE APPROCHE DE LA THEORIE DE L' ELECTROMAGNETISME

### **Le rayonnement électromagnétique au niveau moléculaire :**

On sait, par le calcul, que la vitesse de rotation d'un électron autour d'un noyau est de l'ordre de  $6,6 \cdot 10^{15}$  tours par seconde, ou 2200 km/s.

Son spin est =  $\frac{1}{2}$ .

On désigne par "spin" le moment angulaire intrinsèque d'une particule. Cette grandeur quantique ne peut prendre que des valeurs discrètes entières ou demi-entières (0, 1,  $\frac{1}{2}$ ).

Dans l'usage courant, dire qu'une particule a un spin de  $\frac{1}{2}$  signifie que son moment angulaire de spin est égal à  $\frac{1}{2}$ .

Le spin de l'électron est dû à un effet Magnus qui infléchit son orbite de telle sorte qu'à chaque tour ce dernier est déplacé, couvrant ainsi le proton dans une sphère.

A cette vitesse on admet donc que l'électron couvre complètement le noyau par son sillage.

On peut admettre que l'électron (qui est une particule qui a son propre diamètre) provoque une dépression locale, un sillage dépressionnaire, qui entoure le noyau, l'espace entre le noyau et l'électron ayant par définition une densité (voir la gravitation). Le phénomène est similaire en mécanique des fluides.

On peut considérer que le sillage dépressionnaire est le phénomène électrique en soi.

On peut admettre aussi que plus la différence de potentiel est grande, plus la vitesse de translation des électrons est rapide, et par conséquent, plus la longueur du sillage est grande.

L'électron crée donc un phénomène de cavitation formant un tore de dépression du diamètre de l'électron.

On peut estimer que le tore vorticiel engendré par l'électron représente un champ électrique fermé.

D'après la loi générale de la mécanique des fluides, un objet de densité supérieure au milieu, ou une dépression dynamique, repousse les molécules de celui-ci. Il en résulte un effet de surpression autour de la surdensité ou de la dépression.

On peut considérer que le champ magnétique ne serait autre que la surpression locale qui entoure le sillage dépressionnaire dû à la célérité de l'électron.

La dépression de nature dynamique engendrée par l'électron qui tourne autour du noyau, provoque donc une surpression périphérique, c'est à dire un tube centripète. Cette surdensité représente un champ magnétique fermé.

L'importance du champ magnétique dépend du courant et non de la tension. En effet, il est connu que le courant est fonction du nombre d'électrons libres en déplacement, et non de leur vitesse, celle-ci étant un vecteur de potentiel.

Si les électrons vont vite, la différence de potentiel est élevée.

Si les électrons sont nombreux, le courant est élevé, et le champ magnétique est fort.

Si les électrons sont peu nombreux, le champ magnétique est faible.

Nota :

La longueur de la dépression provoquée par le mouvement de l'électron est différente suivant 2 cas :

Dans le cas de l'électron gravitant autour du noyau, l'effet de rotation est prépondérant.

Dans celui de l'électron libre, c'est la vitesse de translation qui caractérise la différence de potentiel (en fonction de la résistance due aux chocs rencontrés dans la matière sur son parcours). Dans ce cas, l'électron libre se déplace selon un hélicoïde plus ou moins allongé, et dont la vitesse est fonction de la différence de potentiel appliqué aux bornes du générateur, c'est à dire un apport extérieur plus ou moins important d'énergie cinétique.

Les polarités + et - du courant électrique et du champ magnétique sont dues au spin  $\frac{1}{2}$  de l'électron qui lui permet un sens de rotation orbitale horaire ou antihoraire. Il n'y a pas d'orientation privilégiée, mais la moyenne des sens de rotation des électrons donne une quantité équivalente de rotations + et -.

On sait que si l'on excite l'électron par un apport d'énergie, celui-ci passe sur une orbite supérieure où il sera maintenu tant que l'excitation durera. Dès qu'elle cesse, l'électron retombe sur l'orbite initiale en restituant l'énergie potentielle par l'ébranlement du milieu et la propagation d'une onde.

### **Le rayonnement électromagnétique dans l'espace :**

Dans la matière solide, liquide ou gazeuse, une onde est plus ou moins amortie en fonction des caractéristiques du milieu de propagation. Par exemple, pour le

son, la vitesse de propagation est 5 000 m/s dans l'acier, 1 400 m/s dans l'eau, 340 m/s dans l'air à 283° K et sous une pression de 1030 hp.

Nous savons que la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques est de  $3 \cdot 10^8$  m/s (ou 300 000 km/s, appelée célérité de la lumière). Si nous admettons que l'espace a une certaine viscosité, une certaine densité (voir chapitre sur la gravitation), pourquoi cette vitesse n'est, ni plus élevée ni plus lente? C'est en fonction des caractéristiques du milieu spatial qui n'est pas vide mais qui a une consistance dense et fluide.

On peut d'ailleurs concevoir des vitesses plus élevées de la lumière si le milieu est moins dense. (voir le chapitre sur les tachyons).

Si dans un important volume d'eau, par exemple, on provoque un ébranlement ponctuel, on constate aussitôt le déplacement d'une onde sphérique dont le volume, c'est à dire l'espace occupé progressivement, dépendra de l'intensité de l'ébranlement provoquant une longueur d'onde.

Si l'action est répétitive, on réalise un système d'ondes entretenues.

Il en est de même dans l'espace, à la différence que pour l'eau, ce sont des molécules qui sont mises en mouvement, alors que dans l'espace ce sont des particules qui ne sont pas encore déterminées, plus fines que les particules fondamentales de la matière que nous connaissons à ce jour.

Ces particules permettent des propagations d'ondes électromagnétiques sur d'énormes distances (plusieurs milliards d'années lumière), depuis les rayons gamma jusqu'aux ondes radio.

Les limites fréquentielles des ondes électromagnétiques sont dépendantes de la capacité vibratoire des électrons, puisque ce sont eux qui, dans certaines conditions d'excitation, sont la source d'un phénomène dont ils sont eux-mêmes générateurs.

Comme pour toute onde, ses caractéristiques dépendent de l'amplitude, la longueur d'onde et la fréquence.

Le niveau de fréquence dépend du potentiel d'excitation introduit.

La portée de l'onde dépend de l'intensité mise en jeu.

On sait que, dans l'espace, les ondes se propagent dans toutes les directions suivant un champ sphérique d'intensité et de portée  $p = 1/r^2$ , aux obstacles près.

L'émetteur électromagnétique qui envoie des signaux ne fait qu'engendrer des vibrations dans l'espace. On peut admettre qu'à l'instar du déplacement des ondes mécaniques dans la matière, l'émetteur n'envoie pas d'électrons mais celui-ci fait vibrer l'espace consistant en provoquant un déplacement par le biais de l'onde, de proche en proche.

Nous savons que, dans la mer, les vagues, qui représentent des ondes, ne déplacent pas de molécules d'eau. C'est l'onde qui avance en déformant de proche en proche le liquide.

Les électrons ou les photons qui nous parviennent ne sont pas ceux qui proviennent de l'émetteur (lointaine étoile ou galaxie) et qui ont voyagé, mais ceux qui nous entourent et qui ont reçu l'ébranlement d'une onde. L'onde provient de l'émetteur, mais la corpuscule est celle de notre voisinage immédiat.

Les ondes d'origine électromagnétiques ne sont que la conséquence de l'ébranlement provoqué localement par des électrons libres soumis à une différence de potentiel. Il n'y a pas de corpuscules qui se déplacent avec l'onde.

L'ébranlement du milieu est dû à la chute de potentiel des électrons qui retombent sur leurs orbites respectives à la suite d'une réaction énergétique.

L'émetteur envoie des signaux dans l'espace qui provoque un ébranlement de l'espace élastique, fluide et dense. Cet ébranlement représente l'onde ou le rayonnement électromagnétique.

La propagation est sinusoïdale amortie si l'émetteur est limité dans le temps, continue si l'émetteur est constant dans le temps.

Nous avons donc une propagation de vibrations et non de matière, électrons, ou photons, ou autre.

Ces vibrations sont repérées lorsqu'elles rencontrent un récepteur adapté à leur longueur d'onde, œil pour la lumière visible, appareillages mécaniques pour les autres fréquences et dans la limite de leurs possibilités.

Les ondes électromagnétiques se propagent dans tous les sens à partir de l'émetteur.

Notons que la quantité de lumière diminue proportionnellement au carré de la distance parcourue.

## L'ENERGIE TACHYON

### Définition :

Le terme "tachyon" vient du mot grec qui signifie "rapide". Il a été donné par le physicien Feinberg en 1966. Il désigne une particule hypothétique qui se situerait au-delà du rayonnement électromagnétique. Issu de la théorie de la relativité, cette particule emplirait l'univers formant un immense champ dans lequel baignerait l'ensemble de notre univers matériel.

Cette particule existerait donc également à l'intérieur même de la matière, entre le noyau atomique et les couches d'électrons qui constituent les atomes, peut-être même à l'intérieur du noyau atomique.

Certaines expériences auraient montré que la vitesse de la lumière n'est pas une constante universelle. Cette vitesse de la lumière correspondrait à une moyenne géométrique de la somme des vitesses des tachyons. Cette particule aurait donc la possibilité de se déplacer plus vite que la lumière. La vitesse de la lumière serait dépendante de la densité et de la vitesse du champ de tachyons. C'est seulement lorsque les tachyons auraient une vitesse constante que la vitesse de la lumière resterait aussi constante.

Les chercheurs qui planchent sur cette particule nouvelle pensent qu'elle a un comportement oscillatoire et qu'elle possède une énergie très importante. Des chercheurs américains, japonais et européens annoncent une tension de plus de 800 millions de volts par  $\text{cm}^3$ .

La gravitation pourrait aussi être expliquée par un mouvement des tachyons qui s'entrecroiseraient dans l'espace. L'effet bouclier produit par la proximité d'une masse a pour résultat l'accélération d'une seconde masse vers la précédente, et vice versa. La gravitation devient un phénomène de pression.

Il est évident que la découverte d'un espace dense et très énergétique pourrait lever certaines interrogations ou remettre en question un certain nombre de concepts en physique fondamentale. Mais la science avance rapidement à notre époque et va vers la confirmation de cette théorie.

Le champ de tachyons représenterait donc l'énergie primordiale dont toute matière est issue. Son existence montrerait que l'espace est bien rempli par un champ d'énergie dont la concentration est extrêmement élevée.

## **Applications possibles de cette théorie :**

Certains chercheurs planchent depuis plusieurs décennies sur les possibilités de transformer l'énergie des tachyons en énergies utilisables par l'homme, ce qui, appliqué à grande échelle, rendrait caduque l'ensemble des énergies actuellement utilisées, fossiles ou autres.

Il est fort probable que notre avenir énergétique dépende des découvertes concernant ces mystérieuses particules. Il est possible aussi que l'homme, dans sa folie meurtrière utilise cette énergie inépuisable pour fabriquer des armes encore plus terrifiantes que celles mises au point actuellement, mais ceci est une autre histoire.

Bien que l'existence des tachyons n'a pu être encore démontrée, quelques chercheurs cherchent des applications.

Voici quelques voies :

- Le champ de tachyons serait capable de traverser n'importe quelle masse et cèderait à celle-ci, par effet de freinage, une partie de son énergie. Par exemple, en traversant la Terre, le champ de tachyons perdrait environ 4% de son énergie, ce qui d'ailleurs entraînerait un échauffement de la masse terrestre.

- Des champs magnétiques et électromagnétiques seraient en mesure d'intercepter de l'énergie tachyonique.

- Des variations de tension extrêmement rapide arracheraient de l'énergie au champ de tachyons. Un moteur se base sur ce principe (celui de Gray).

- La marge qui sépare les ondes électromagnétiques des champs de tachyons semble réduite par des ondes stationnaires et certains types de modulation. Cela permettrait de convertir de l'énergie de l'espace en énergie utilisable.

Nikola Tesla avait déjà expérimenté cette théorie avec succès en 1889 (interféromètre Tesla). Il avait appelé cette énergie, l'énergie libre.

Le physicien Moray a dirigé en 1929 un canon basé sur ce principe dans un câble isolé de 15 mètres de long, produisant un courant continu de 70 kw.

Si un faisceau d'ondes électromagnétiques prend la forme d'un faisceau laser, il capte une énergie supplémentaire qui proviendrait du champ de tachyons.

- En culbutant brutalement le plan d'un système giratoire, il est possible d'extraire de l'énergie du champ de tachyons. L'accélération qui en résulterait conduirait, soit à des effets antigravitationnels, soit à l'obtention de courant électrique, soit les deux à la fois. Des démonstrations ont déjà été faites (disque de Faraday, pivot de Laithwaite).



- Des bobines conçues selon le principe de la bande de Moebius (bande continue en demi-rotation) ou de la bouteille de Klein (corps enfermé sur lui-même qui ne possède qu'une seule face) auraient pour effet d'enfermer les énergies du champ électrique que l'on y envoie. Ce champ pourrait produire une forte induction électromagnétique, faisant émettre par les solénoïdes associés, un faisceau de tachyons assez puissant pour fondre des pierres ou des métaux.
- Il existe une sorte de conversion d'énergie tachyons en chaleur qui affecte des espaces entourés de membranes conductrices, et particulièrement les organismes biologiques.
- Il semble que l'on puisse réaliser des conversions de l'énergie tachyons sans recourir à de lourdes infrastructures, pouvant être construites à peu de frais par de petites entreprises.

### **Les tachyons entre matière et subtil? :**

Les tachyons semblent être les particules qui font le lien entre les énergies subtiles non matérielles et la matière. Nos connaissances actuelles nous ont montrés, qu'en partant de la matière visible constituée d'assemblages de molécules, plus on affine la composition de cette matière, plus on s'aperçoit qu'elle est constituée de particules d'énergie qui s'assemblent et interagissent.

Jusqu'à présent nous restions à l'intérieur de la constante "c", qui exprime une vitesse de la lumière infranchissable.

Nous entrons maintenant dans une composante non matérielle de l'univers avec la découverte d'une autre forme d'énergie qui semble être l'énergie fondatrice et omniprésente de cet univers.

Nous pourrions dire que toute matière découle de cette forme d'énergie qui nous reste à découvrir. L'avenir nous fera peut-être découvrir d'autres formes d'énergies encore plus subtiles que celle des tachyons. Pourquoi se limiter?

Nous ferons alors le lien entre l'univers matériel et l'univers subtil dont je parlerai dans un prochain chapitre de cette étude.

## LE MONDE ATOMIQUE

### Définition :

Les atomes sont constitués de noyaux autour desquels tournent des électrons, en nombre et positions différentes suivant les atomes.

L'atome est électriquement neutre. Le noyau est chargé d'électricité +, et les électrons sont chargés d'électricité -.

Le rayon moyen d'un atome est  $= 10^{-8}$  cm appelé Angstrom (Å).

L'atome le plus simple contient 1 seul électron : l'hydrogène (H).

Dans 1 g d'Hydrogène, il y a  $6 \times 10^{23}$  atomes.

### L'électron :

Nous avons vu qu'un électron est une particule de charge électrique négative circulant à grande vitesse autour du noyau. On l'appelle aussi le négaton, par comparaison à certains électrons qui, dans des conditions particulières peuvent avoir une charge positive qui est alors appelée positon.

Dans un atome, le nombre total d'électrons (Z), et en particulier le nombre d'électrons de la couche externe déterminent les propriétés chimiques (transport d'électron d'un atome à l'autre). Les atomes qui possèdent le même nombre d'électrons sur leur couche externe ont des propriétés chimiques ressemblantes.

Le noyau étant électriquement neutre, Z en tant que nombre d'électrons représente également le nombre de protons de l'atome.

### Le noyau :

Le noyau est composé d'un ensemble de particules appelées nucléons, qui comprennent les protons et les neutrons.

Les neutrons et les protons sont formés de 3 quarks.

### - Le proton :

Le proton comporte deux quarks u (up) et un quark d (down).

La masse d'un proton est  $= 1,6726 \times 10^{-27}$  kg, (soit environ 1 836 fois celle d'un électron).

Charge électrique positive (+)  $= 1,6 \times 10^{-19}$  C. Soit la valeur absolue de la charge d'un électron.

Le proton est stable sur des périodes de milliards d'années.

### - Le neutron :

Le neutron est formé de deux quarks d (down) et d'un quark u (up).

La masse d'un neutron est =  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg, très proche de celle du proton.

Charge électrique est neutre.

### - Le noyau atomique :

Le rayon moyen d'un noyau est =  $10^{-13}$  cm.

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

Pratiquement toute la masse de l'atome est située dans le noyau.

La densité nucléaire est =  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup> (100 millions de tonnes par cm<sup>3</sup>).

La diversité des noyaux connus (plusieurs milliers) est liée à leur composition différente en neutrons et protons. Pour définir un noyau on tient compte des éléments suivants :

N représente le nombre de neutrons.

Z représente le nombre de protons (donc d'électrons). Le nombre Z est appelé numéro atomique et caractérise un élément : Le fer est ainsi défini comme étant l'élément dont le noyau comporte 26 protons.

A représente le nombre total de nucléons d'un noyau. Soit  $A = N + Z$ .

Le nombre A est aussi appelé le nombre de masse.

En général,  $Z = \frac{1}{2} A$ .

A est un nombre entier très voisin de la masse atomique :

Exemple, pour H (hydrogène)  $A = 1$ , masse atomique = 1,0080.

Un noyau peut être représenté par n'importe quelle paire des trois nombres : A, N, Z. Conventionnellement on utilise un symbole de l'élément (qui définit le numéro atomique Z), auquel on adjoint le nombre de masse A. Ainsi le noyau de fer-56 contient  $Z = 26$  protons et  $N = 30$  neutrons.

Tous les noyaux ayant le même numéro atomique Z et un nombre de neutrons N différent sont dits isotopes les uns des autres.

De même, les noyaux présentant un nombre de neutrons N identique pour diverses valeurs de Z sont dits isotones.

Z permet de classer les atomes dans une classification périodique des éléments qui les met à peu près par ordre de masses atomiques croissantes. Voir la classification périodique des éléments en annexe 2.

Z varie de 1 à plus de 100 et est appelé le N° atomique.

Notons que chaque atome possède un nombre déterminé de protons, alors que le nombre de neutrons peut varier.

Exemples :

- L'atome de carbone (C) est constitué d'un noyau qui comporte 6 protons et 6 neutrons, avec un cortège de 6 électrons. Le nombre de masse (A) est  $= 6+6=12$ . La masse atomique est  $= 12,010$ . Le N° atomique (Z) est  $= 6$

- L'uranium a un nombre de masse  $= 235$ . Son N° atomique est  $= 92$ . C'est à dire que l'atome est constitué d'un noyau de 143 neutrons et 92 protons, avec un cortège de 92 électrons.

- Pour l'hydrogène, H Masse A = 1, Charge Z = 1.

- pour l'hélium, He Masse A = 4, Charge Z = 2.

Les atomes sont classés sous la forme d'un tableau de classification périodique des éléments dit "de Mendeleïev". On en dénombre plus d'une centaine (annexe 2).

Remarques :

Un gr d'hydrogène contient plus de six cent mille milliards de milliards d'atomes.

Pour un nombre de masse A donné, seuls certains couples de nombres N et Z représentent des noyaux stables. Les noyaux possédant trop de neutrons ou trop de protons sont instables et présentent donc une durée de vie limitée. Ils se désintègrent par radioactivité ou par fission nucléaire. Au-delà de certaines valeurs limites de Z et de N, il est simplement impossible de former un noyau stable ou instable.

**Les isotopes :**

Dans un atome, le nombre de neutrons peut varier, le nombre de protons et d'électrons restant le même. Les propriétés chimiques restent les mêmes bien que les atomes soient différents. Cela veut dire qu'il existe plusieurs types pour ces éléments.

La plupart des éléments à l'état naturel sont en fait un mélange de plusieurs isotopes. Le béryllium, l'aluminium, le phosphore et le sodium n'ont pas d'isotope connu. La masse atomique d'un élément est la moyenne pondérée des masses atomiques, ou nombres de masse, des isotopes.

Par exemple, le chlore naturel, de masse atomique 35,547, contient 76 % de chlore 35 et 24 % de chlore 37. La masse du chlore est donc la moyenne pondérée de la masse de ces deux isotopes. Tous les isotopes des éléments de numéro atomique supérieur à 83 (au-delà du bismuth dans le tableau périodique) sont radioactifs et certains isotopes plus légers, comme le potassium 40, sont également radioactifs. On connaît actuellement 280 isotopes naturels (non radioactifs) pour les 90 éléments identifiés.

Les isotopes se différencient donc entre eux par le nombre de neutrons. C'est la présence des isotopes qui explique que dans le tableau de Mendeleïev, les masses atomiques de certains éléments ne sont pas des nombres entiers.

Les isotopes sont rangés dans la même case de la classification périodique.

Exemples :

L'hydrogène possède 3 isotopes dont les nombres de masse A sont = 1,2,3.

Hydrogène, H : neutron = 0 proton = électron = 1

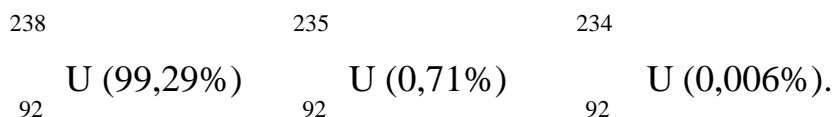
Deutérium, H : neutron = 1 proton = électron = 1

Tritium, H : neutrons = 2 proton = électron = 1

L'eau naturelle contient 3 variétés de molécules correspondant à de l'hydrogène (99,98%), du deutérium (0,02%), et du tritium (0,00000007%). Sa formule est H<sup>2</sup>O.

L'eau lourde contient 2 atomes de deutérium et 1 atome d'oxygène (D<sup>2</sup>O).

L'uranium naturel est constitué par 3 isotopes :



## LE MONDE MOLECULAIRE

Ce chapitre est nommé pour mémoire.

Tout objet vivant ou non vivant est constitué de molécules qui sont des assemblages divers et variés d'atomes qui aboutissent généralement à des structures extrêmement complexes.

Nous pouvons distinguer le règne minéral, le règne végétal, le règne animal.

Le cosmos, au-delà de la Terre, n'est actuellement constitué officiellement que du règne minéral.

Ces règnes sont développés dans l'ouvrage intitulé "Le monde scientifique".

Nous n'y reviendrons pas.

## LA MATIERE SOMBRE

### **Définition :**

L'étude des mouvements et des transformations des galaxies, ainsi que certaines observations, montrent que les galaxies que nous percevons laissent apparaître la nécessité de définir une certaine quantité de matière qui n'a pas encore été décelée. Il faut donc distinguer la matière visible à nos instruments de la matière non visible par eux.

Rappelons que la matière lumineuse est celle que nos instruments peuvent détecter par les émissions de lumière qu'elle émet. C'est à dire la totalité des 125 milliards de galaxies, avec leurs cortèges d'étoiles (1%).

La matière non visible à nos instruments est appelée la matière noire ou matière sombre (car elle n'émet pas de photons).

Ce que nous percevons ne représenterait qu'une petite portion de la matière existante dans l'univers.

Il est très difficile d'estimer quelque chose que l'on ne peut mesurer. Les estimations varient selon les chercheurs. Cependant, les chiffres tournent autour de 90% de la masse totale pour la matière noire, soit 10% pour la matière visible.

Pourquoi, comment? Les réponses sont encore un mystère.

### **Observations :**

Qu'est-ce qui nous fait penser qu'il existe de la matière sombre en si grande quantité? Il y a, à cela, plusieurs raisons. En voici les principales :

La vitesse des étoiles qui tournent autour du centre des galaxies devrait diminuer au fur et à mesure qu'on s'éloigne de ce centre. Or il n'en est rien. Il y aurait donc un équilibre entre la matière lumineuse et de la matière non lumineuse. Là où prédominent les étoiles, la matière noire n'existerait pas, et inversement.

La même observation a été faite avec des amas de galaxies tournant autour d'un centre. Alors que leur vitesse devrait diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre, leur vitesse reste constante, même à très grande distance. Cela laisse supposer qu'à la périphérie des galaxies existe de vastes quantités de matière invisible venant accélérer les astres. Il semble y avoir, dans ces galaxies, 10 fois plus de masse noire que de masse lumineuse.

La science a constaté qu'il y a 10 fois plus de gaz que d'étoiles dans les amas de galaxies. Ce gaz est un gaz chaud ionisé (plusieurs millions de degrés) qui n'émet pas de lumière visible mais un rayonnement X.

Si ce gaz est chaud, c'est que ses particules sont soumises à un champ gravitationnel intense. Il faut concevoir 3 fois plus de matière sous forme de gaz pour que les calculs collent avec les observations.

L'étude des fusions entre 2 galaxies, avec leurs mouvements de marées, l'apparition de filaments de matière aboutissant à l'apparition de nouvelles petites galaxies naines, montrent que ces phénomènes ne peuvent se produire sans qu'il existe autour de ces galaxies de grandes quantités de matière qui n'est pas détectée.

Une loi de Newton relie la vitesse des astres aux masses qui les entourent. L'étude des mouvements des galaxies, et la gravitation qu'elles subissent, montrent qu'il faut y ajouter une grande quantité de matière qui n'a pas été perçue.

Lorsqu'on observe des amas de galaxies lointaines, nous constatons des déformations de la lumière (focalisation et déformation des images). Les calculs théoriques font apparaître la présence d'une énorme quantité de matière sombre.

### **Composition de la matière sombre :**

Cette matière interstellaire (non visible) est composée de certains éléments qui nous sont connus. Ce sont :

° Des nuages de gaz froids.

Ils sont de densité et de température variables.

Un nuage de température froide (environ  $10^{\circ}\text{K}$ , soit  $-260^{\circ}\text{C}$ ), aura tendance à se contracter, ce qui provoquera un effondrement de matière. Mais sa densité reste très faible, (quelques particules par  $\text{cm}^3$ ), bien que supérieure à l'espace interstellaire environnant.

Ils sont composés essentiellement d'hydrogène, mais aussi d'hélium, de monoxyde de carbone, de vapeur d'eau, de méthane, et d'innombrables molécules plus complexes). On les trouve à l'intérieur des galaxies.



° Des poussières.

La dimension des éléments est de moins d'un millième de mm. Ils sont constitués d'un noyau solide de silicium ou de carbone, et d'oxygène, de magnésium, de fer, le tout recouvert d'une mince couche de glace. On les trouve à l'intérieur des galaxies.

Rappelons que la majorité des étoiles se forment en présence de gaz et de poussières.

° Des nuages de gaz chauds.

Ce sont des nuages de gaz ionisé de plusieurs milliers de degrés. A cette température le gaz n'émet plus de lumière visible mais des rayons X.

Ils sont constitués d'hydrogène ionisé qui emplissent l'espace intergalactique. Cet d'hydrogène ionisé renfermerait près de 8 à 10 fois plus de matière que les étoiles, soit près de 8 à 10% de la matière existante.

° Des étoiles :

Celles qui ne sont pas lumineuses, telles que les naines brunes, les naines rouges, les naines blanches.

° Des planètes.

Il semble raisonnable de supposer qu'une majorité d'étoiles possèdent une ou plusieurs planètes telluriques ou gazeuses.

° Des trous noirs.

Ils semblent assez répandus, sans compter les trous noirs supermassifs. Ils émettent des rayons X.

° Des étoiles à neutrons.

° Des particules :

Dont principalement les neutrinos, très abondant dans l'univers. Ceux-ci n'interfèrent pas avec la matière et pourraient représenter 20% de la masse manquante.

° Etc.

Nota :

Nous avons vu que la matière visible représente approximativement 10% de la masse totale de l'univers. Certains chercheurs pensent même que cette valeur se décompose comme suit :

Matière projetant de la lumière, c'est à dire les étoiles = 1%.

Matière non visible, c'est à dire les nuages de gaz, les poussières, les étoiles sombres, les planètes, les particules connues = 9%.

Le reste, soit les 90%, représente la masse inconnue.

D'autres pensent que l'ensemble des nuages de gaz, des poussières, des étoiles sombres, des planètes, et des particules connues représentent environ 15% de la masse manquante.

Il existe un certain nombre d'hypothèses qui ne sont pas encore vérifiées. Le mystère reste donc entier pour l'instant.

### **L'énergie noire :**

Le fait que l'univers semble accélérer son expansion, laisse supposer que cette accélération est due à une énergie qui nous est inconnue.

Certains estiment que l'énergie matérielle représenterait 30% du total énergétique de l'univers, dont seulement 5% pour la matière connue (matière lumineuse).

Le reste, soit 70% du total énergétique de l'univers constituerait actuellement une énergie inconnue. C'est à dire une énergie qui est encore au-delà de la capacité de perception de nos instruments.

## ***RETOUR SUR LA MATIERE SOMBRE***

Nous sommes toujours à la recherche de cette fameuse matière sombre qui existe selon les observations et les calculs.

Certaines théories proposent que cette matière serait constituée d'un gaz diffus constitué de l'hydrogène primordial qui n'aurait pas été utilisé dans la constitution de l'univers matériel que nous connaissons. Cela résoudrait certains problèmes embarrassants, comme par exemple l'équilibre entre étoiles et matière noire dans les galaxies.

Cette théorie, ainsi que d'autres, ne sont pas cohérentes avec la théorie du Big Bang. Notamment, pour expliquer l'abondance d'éléments légers dans l'univers, il faut une quantité initiale de protons et de neutrons bien précise, qui a été calculée. Ce qu'on considère comme de la matière sombre ne peut être, selon cette théorie, de la matière connue car le nombre de protons et de neutrons reste limitée dans l'univers (selon la science actuelle).

Si nous supprimons ce schéma de formation de la matière par la théorie du Big Bang, comme nous venons de le supposer, nous ne sommes plus limités par quoi que ce soit. Les énergies, les particules proviennent en quantité pratiquement infinie à notre échelle, des plans subtils que nous avons étudié.

L'idée est que nous ne sommes pas limités dans les énergies venant du haut, si nous pensons être limités à l'horizontal, dans ce que nous pensons qu'il existe dans notre dimension 3.

Il paraît logique de penser que le fond de l'univers puisse être encore constitué des éléments primordiaux qui ont contribué à la formation de la matière. Pourquoi tout aurait-il été utilisé? D'autre part, nous connaissons mal certaines particules telles que les neutrinos et les tachyons. Pourquoi ne pas approfondir tout cela avant de chercher d'hypothétiques particules "exotiques"?

Pourquoi ne pas envisager aussi l'existence de Trous Noirs en nombre beaucoup plus important que supposé? Etc.

A force de tâtonnements, d'erreurs, de limitations, l'esprit humain avance et rencontre parfois une nouvelle vérité qu'il est obligé d'admettre par la raison, s'il n'a pas pu ou voulu l'admettre en tant qu'hypothèse de travail, ou en tant qu'intuition.

Quoi qu'il en soit, le débat reste ouvert encore pour un temps indéterminé.

## LES RAYONS COSMIQUES

### Définition :

On désigne par rayons cosmiques, des particules de grandes énergies, plusieurs Gev (milliards d'électronvolts), et très rapides en vitesse, qui traversent le milieu interstellaire.

### Composition :

Protons (87%).

Particules alpha (13%), provenant de noyaux d'hélium.

Electrons.

Rayonnement électromagnétique (rayons X, rayons gamma).

Atomes en faibles proportions.

Eléments légers : Lithium, béryllium et bore (0,25%).

Eléments de masse atomique moyenne (carbone, azote, oxygène et fluor).

Eléments lourds (le reste).

On a observé des pluies de particules secondaires issues de leurs collisions avec des noyaux de l'atmosphère.

### Sources :

La source des rayons cosmiques est incertaine. Lorsqu'il est très lumineux, le Soleil émet des rayons cosmiques de faible énergie, mais ce phénomène est beaucoup trop rare pour être la source de la majeure partie des rayons cosmiques. Si les autres étoiles sont comme le Soleil, il n'y a pas d'autre source adéquate. En revanche, les explosions de supernovae sont responsables de l'accélération initiale d'une fraction significative des rayons cosmiques. De même, les restes de telles explosions sont de puissantes sources radio, impliquant la présence d'électrons énergétiques. De telles observations, et la fréquence connue des explosions de supernovae (environ tous les trente ans), semblent indiquer que ces explosions sont une source adéquate de particules cosmiques. Si c'est bien le cas, il est alors compréhensible que les rayons cosmiques soient enrichis en éléments lourds. En effet, on estime que les supernovae sont les sites dans lesquels les noyaux d'éléments lourds sont formés. On pense aussi qu'une accélération supplémentaire résulte des ondes de choc se propageant dans l'espace interstellaire. Il n'y a cependant pas encore de preuve irréfutable de la contribution significative des supernovae aux rayons cosmiques.

D'une manière générale, on peut dire que les sources des rayons cosmiques qui nous parviennent sont originaires de notre voie Lactée :

Soleil, étoiles à neutrons, trous noirs, supernovae.

Les principaux seraient le produit de l'explosion de supernovae, accélérés par les champs électromagnétiques transportés par les nuages de plasma rencontrés sur leur parcours.

### **Rayons cosmiques à hautes énergies :**

Ils sont plus rares.

Ce sont des particules à haute énergie de  $5 \times 10^{19}$  ev (électronvolts).

Quand des rayons cosmiques pénètrent dans l'atmosphère, ils excitent des atomes d'azote et le rayon se transforme en une grande gerbe constituée de milliards de particules secondaires.

Ils peuvent être des protons, des neutrinos, ou autre chose. Le voile n'est pas levé, ainsi que leur origine. Le mystère est surtout sur l'origine de leur haute énergie.

Dans la gamme des rayons cosmiques à hautes énergies, on a noté la présence de sursauts de rayons gamma.

D'une durée variable de quelques millisecondes à une dizaine de minutes, nous recevons des bouffées de rayons gamma, à la cadence de une par jour en moyenne. Leur énergie est bien supérieure à celle d'une supernovae classique.

Ces sursauts proviennent de n'importe quel point du cosmos.

Le mystère subsiste encore sur l'origine de ce phénomène. Peut-être proviennent-ils de galaxies très lointaines?

## LE VIDE SIDERAL ET LE PLEIN SIDERAL

### Le vide sidéral :

La théorie quantique explique le vide comme un milieu vivant, agité de fluctuations électromagnétiques. Les calculs donnent même une grande quantité d'énergie à ce vide. Aujourd'hui, grâce aux expériences, elle est devenue une indéniable réalité physique.

Le vide exercerait une pression grâce aux fluctuations électromagnétiques qui s'y trouvent. Nous verrons l'influence de la gravitation dans le prochain chapitre. Certains voient même dans le vide l'élément qui pourrait unifier les deux grands principes de la physique moderne, la physique quantique et la théorie de la relativité générale.

Des chercheurs pensent même que de nouvelles découvertes sur la structure du vide pourraient faire apparaître la gravitation sous un nouveau jour, et faire apparaître des forces encore inconnues (voir prochain chapitre).

Certains estiment qu'il y a derrière ce phénomène quelque chose de fondamental qu'ils ne comprennent pas encore. La science cherche actuellement les équations qui déterminent le rapport entre la pression du vide et sa densité d'énergie.

La mécanique quantique confère au vide une énergie colossale. D'après la théorie de la relativité générale, cette énergie devrait courber énormément l'univers, ce qui n'est pas le cas. D'où incompatibilité. Nous verrons dans le chapitre consacré à la perception ésotérique de l'univers qu'il n'y a pas de courbure, mais nous comprendrons l'origine de cette énergie.

La relativité générale, théorie globale et synthétique des grandes échelles a été vérifiée dans les mouvements des grands corps de l'espace, des astéroïdes aux galaxies. La mécanique quantique, théorie locale et analytique des petites dimensions définit justement et prédit avec finesse les effets des 3 forces d'interactions électromagnétiques et nucléaires. Mais les 2 théories n'arrivent pas à se rejoindre pour l'instant. Or la science prévoit une unification des 4 forces fondamentales. Le problème actuel est la force d'interaction de gravitation. Voir encore une fois le chapitre sur la perception ésotérique de l'univers.

La théorie des cordes tend à trouver une unification. Selon cette théorie, tous les phénomènes de notre monde s'expliqueraient par l'agitation de petites cordes toutes identiques mais vibrant différemment dans un espace à 10 ou 12 dimensions. Mais cette théorie ne résout pas l'énergie du vide.

La jonction est peut-être dans le vide?

La théorie des cordes qui suppose un univers à 10 ou 12 dimensions, suppose que les différences entre les particules élémentaires telles que l'électron, le quark, le photon sont dues à des différences de vibration. (Ces dimensions

supposées, de formes et de dimensions inconnues, doivent être beaucoup plus petites que les particules).

Les rayons lumineux seraient courbés par la variation d'indice de réfraction du vide un peu comme lorsque la lumière dévie sa trajectoire en pénétrant dans l'eau.

L'énergie colossale du vide n'a plus lieu de graviter. Ce serait seulement les perturbations du vide en présence de matière qui produiraient la gravitation.

D'autres pensent que le vide représente une substance présente partout dans l'espace, mais dont on ne peut ressentir les effets que lorsqu'on accélère à travers. (corps immobile ou se déplaçant à vitesse constante, pas de fluctuations, corps qui accélère, fluctuations, rencontre d'une résistance et l'intensité du frein exercé par le vide sera proportionnelle à son accélération).

Equation de l'inertie :  $F = ma$ .

F : force d'inertie subie par un corps accéléré.

a : accélération.

m : masse

Actuellement, on en revient au concept d'un vide énergétique, un champ d'énergie sombre, un peu comme l'éther d'Aristote, c'est à dire ce qui reste dans l'univers lorsqu'on en retire toute matière et tout rayonnement, dans une forme flexible.

Certains proposent l'existence d'un champ d'énergie identifiable à une nouvelle forme d'énergie sombre appelée la quintessence.

### **Le plein sidéral :**

Les diverses théories de la physique, depuis Newton jusqu'à la physique quantique obligent à considérer l'espace comme non vide.

Newton a introduit la notion d'espace physique, immuable, indéformable et rigide. Dans ce cadre, les corps massifs s'attirent à distance. C'est la loi de la gravitation universelle.

Mais, pour qu'une force puisse se transmettre à distance, il lui faut un support, un milieu intermédiaire, dont l'ébranlement assure la propagation. Il a été appelé l'éther gravitationnel.

Le problème s'est posé plus tard à propos des ondes électromagnétiques. Si la lumière est bien une onde, sa propagation n'est concevable que comme l'ébranlement d'un certain milieu. Il a été appelé l'éther luminifère.

La relativité générale identifie la gravitation à une déformation de ce qu'on appelle l'espace-temps. La présence des corps massifs courbe l'espace-temps, et cette courbure constitue un objet physique à part entière, possédant précisément

les propriétés que l'on attendait de l'éther gravitationnel. On peut considérer qu'elle s'y identifie. En même temps cette courbure contient de l'énergie, elle est localisée, elle se propage.

A côté du monde à grande échelle, se situe la physique quantique qui décrit le monde microscopique. En théorie quantique des champs, toute configuration de matière et/ou de rayonnement se décrit comme un champ dans un certain état. Parmi tous les états possibles des champs, les uns s'interprètent en termes de matière et d'énergie ordinaire, et d'autres, pourtant tout à fait définis, se révèlent dépourvus de toute particule. Cet état est appelé vide quantique. Pourtant il possède un statut physique analogue aux autres états. D'autre part, toute forme d'énergie est source de gravitation.

On peut considérer alors que l'expression "vide quantique" est à revoir, car le vide n'existe pas.

On peut considérer que l'espace est tout d'abord un potentiel énergétique comme l'ont suggéré Henri Poincaré, et Louis de Broglie, et qu'il serait donc au-delà de l'état corpusculaire.

On peut considérer que l'espace, celui des corps cosmiques, comme celui des particules (qui est le même), est un milieu de densité énergétique. C'est dans cette densité énergétique que se formeraient les particules élémentaires, notamment les quarks qui forment les protons et les neutrons, les électrons, les gravitons, les neutrinos, etc.

On peut alors considérer l'espace comme un champ fluide et dense qui emplit l'univers, et qui peut subir en certains points et sous certaines conditions, une densification d'abord sous la forme de particules, puis, les densifications s'accroissant, sous la forme d'atomes, puis sous la forme de molécules, créant la matière dense.

Ce serait dans ce champ universel que pourraient se propager des forces sous la forme d'ondes vibratoires seules, ou d'ondes vibratoires associées à des densifications localisées qui se présentent sous la forme de particules physiques.

Il apparaît donc certainement actuellement que le vide n'existe pas dans l'univers. Et non seulement à un niveau énergétique, mais aussi à un niveau tangible.

Dans le mot tangible on peut y mettre la matière constituée (atomes et molécules), les particules élémentaires connues, mais aussi des particules qui ne sont pas reconnues officiellement (telles que les tachyons), ainsi que des particules non encore découvertes.

En effet il apparaît certainement actuellement que les ondes électromagnétiques ne sont pas les seules à habiter les espaces intersidéraux.

Rappelons que le tachyon désigne une particule hypothétique qui se situerait au-delà du rayonnement électromagnétique. Issu de la théorie de la relativité, cette



particule emplirait l'univers formant un immense champ dans lequel baignerait l'ensemble de notre univers matériel.

Nous venons de voir, avec les nouvelles approches de la théorie de la gravitation et de l'électromagnétisme que l'espace est vraisemblablement hyperfluide et hyperdense. C'est dans cette densité que se propagent les ondes électromagnétiques. Nous avons vu que la force de gravitation est issue de la pression qu'exerce cette densité sur les corps cosmiques qui baignent dans le cosmos. En somme, prenons une région de l'espace où il n'y a pas de matière. Le champ d'origine existe mais il ne se passe rien. Mettons-y de la matière, à quelque niveau que ce soit, ce champ d'origine exerce une pression de gravitation sur cette matière.

Nous savons que toute forme d'énergie est issue du mouvement de quelque chose. Dans l'espace nous pressentons qu'au-delà de la force électromagnétique existe un champ de tachyons dont les particules proviendraient de dimensions subtiles.

Nous pouvons continuer à remonter le fil en constatant qu'il existe des champs que l'on peut appeler universels constitués d'énergie qui se densifie en particules chargées de véhiculer ces énergies dans des continuum espace-temps. Ces densifications nous amènent aux différents constituants de la matière.

## THEORIES DIVERSES

### Nouvelles avancées :

Les théories scientifiques évoluent rapidement. Certains s'accrochent au passé, comme à une balise sécurisante, mais d'autres proposent de nouvelles théories, telles que celles que nous venons de voir.

Voici d'autres éléments de réflexion qui demandent à être démontrés ou abandonnés suivant les progrès de la science.

Les quarks seraient les composantes du champ magnétique support de l'information.

Le neutrino serait la particule non énergétique vectrice de l'onde porteuse de ce même champ magnétique. Elle serait le support de l'information.

L'électron peut être défini comme quelque chose qui contient un gaz de photons et de neutrinos.

Il existe une relation universelle au sein de la matière. L'information serait transmise par des ondes électromagnétiques.

Le champ électromagnétique (avec ses neutrinos) serait le support de la conscience de toute chose qui s'enrichit d'informations à chaque instant.

Les trous noirs seraient constitués d'un énorme champ magnétique de photons et de neutrinos.

Toute forme correspond à une vibration et tout changement de vibration entraîne un changement de forme et vice versa.

Toute matière ne serait qu'énergie condensée, que lumière condensée. Nous y reviendrons dans le chapitre consacré à la perception ésotérique de l'univers.

Au niveau de l'espace, on envisage aussi l'éventualité d'autres dimensions, d'autres plans d'existence d'énergie (les mondes-branes), d'espace supradimensionnel.

On cherche l'origine de la matière sombre et énergie sombre dans d'éventuelles interactions avec d'autres branes.

Nous allons reconsidérer ces questions à l'aide de théories nouvelles sur la gravitation et l'électromagnétisme.

En y associant ma perception ésotérique, nous pourrions considérer notre univers sous un regard beaucoup plus logique et complet.

### **Les différentes matières :**

Nous avons essayé de comprendre comment notre monde matériel a pu se créer et se développer. J'ai beaucoup employé le mot matière. Mais je parle aussi de matière dense par différenciation aux autres matières. Car il existe des matières plus subtiles que celle que nous connaissons, c'est à dire constituées elles aussi d'atomes et de molécules, mais dont la vibration propre est plus élevée. Ces matières ne sont pas perceptibles à nos appareils de la dimension 3 qui est une dimension de vibration ralentie par rapport aux autres, la plus ralentie. Notre matière représente l'aboutissement du Rayon de la Lumière Universelle, la densification extrême, la plus grande concentration énergétique possible actuellement.

Il existe une infinité de dimensions dans l'univers, liées aux espaces-temps et aux différents taux vibratoires de différents plans de vie  
Notre vision de l'univers est celle de la dimension 3.

D'autre part, il existe ce que j'appelle l'hypermatière. Elle représente la matière créée par l'homme et qui n'est pas naturelle, comme par exemple les atomes supérieurs à l'atome d'uranium, les particules créées artificiellement par collision d'atomes ou d'autres particules.

## L'ESPACE ET LES DIMENSIONS

### L'espace :

A notre niveau humain, et dans notre contexte terrestre, l'espace est une notion indéfinissable. Cependant on peut fixer un repère de coordonnées matérialisé par 3 axes (x,y,z), sur lequel des graduations indiquent la position de tout objet, et permet de suivre son mouvement au cours du temps.

Cependant, on peut pressentir qu'il existe d'autres dimensions dans l'espace :

- On peut ainsi considérer qu'un espace à 1 dimension correspond à un objet immobile dans l'absolu, ou par rapport à un plan de référence. Par exemple, un caillou sur une table.

- On peut également considérer qu'un espace à 2 dimensions correspond à un objet qui peut se déplacer sur un plan. Par exemple, un ver de terre sur une table.

- On peut considérer que nous vivons dans un espace à 3 dimensions. Nous pouvons nous déplacer dans un volume matérialisé par les 3 axes (x,y,z) de coordonnées. Lorsque nous observons le cosmos, nous définissons la position des objets par rapport à notre espace à 3 dimensions.

- Mais l'on peut supposer d'autres dimensions supérieures. On les nomme "dimension x". A partir de la dimension 4, nous entrons dans le domaine des vibrations et de ce qui leur est lié, les états de conscience. Par exemple, la dimension 4, pour nous, correspond à la dimension cosmique de Gaïa, c'est à dire celle qui est en contact avec les plans subtils du cosmos et des planètes de ce cosmos. (Voir ci-dessous).

- Nous pouvons ainsi définir une infinité de dimensions dans l'univers, liées à leur plan vibratoire. Il n'est plus question alors de parler de forme de l'espace, de courbure ou non, de linéarité ou non, les espaces s'interpénètrent, les associations se font dans des similitudes de vibrations. Par exemple, deux vibrations similaires sont en contact même si elles appartiennent à des éléments se situant dans deux galaxies fort éloignées l'une de l'autre.

La notion de temps ne ressemble plus à celle que nous avons. Notre notion est pour nous linéaire. Elle ne l'est plus après la dimension 4. Elle peut être contractée, elle peut être remontée, etc.

De même la vitesse de la lumière n'a plus de signification, puisque l'espace et le temps n'ont pas les mêmes composantes.

Certains chercheurs pressentent que la vitesse de la lumière peut être dépassée. Ils accusent alors Einstein se s'être trompé. Non. Sa physique est adaptée simplement à notre espace-temps, à la réalité matérielle de notre univers. Elle ne l'est plus dans d'autres dimensions. De même que certaines lois physiques sont valables à notre échelle de vie de tous les jours, et ne veulent plus rien dire vers l'infiniment petit ou l'infiniment grand.

Nous verrons aussi que les questions concernant l'origine de l'univers dans la théorie du Big Bang ne veut plus rien dire. Etc.

Nous entrons dans des mondes très différents de celui que nous connaissons.

Et, pour commencer, parlons un peu de celui qui est le plus facile à aborder, notre dimension 4

### **La dimension 4 :**

Notre plan matériel est désigné comme faisant partie de la dimension 3. Non pas en tant que dimensions physiques, mais surtout lié à des états de conscience. Nous venons de voir qu'un élément immobile fait partie de la dimension 1. Un être qui a conscience de se déplacer sur un plan vit dans la dimension 2. Celui qui est conscient d'appartenir au plan planétaire humain, la terre étant une entité cosmique physique se trouve dans la dimension 3. Celui qui vit sur Gaïa, en étant conscient de ses divers plans subtils, et étant conscient des relations de Gaïa avec les autres dimensions cosmiques, se rapproche de la dimension 4. Il existe une infinité de dimensions dans l'Univers faisant appel à des notions qui nous échappent encore. Mais en ce qui concerne la dimension 4, c'est la dimension cosmique de Gaïa. L'homme n'y a pas encore accès, car sa conscience est pour l'instant fermée aux notions véritablement cosmiques de la vie. Et, en admettant qu'il en soit conscient, sa vibration actuelle incarnée n'est pas suffisante pour qu'il puisse l'atteindre. Certains, dans leur conscience, peuvent y faire quelques rapides incursions mais ne peuvent s'y maintenir en cet instant de l'histoire de l'humanité. L'humanité pourra l'aborder lorsqu'elle aura évolué vers des valeurs positives, vers des états d'être attachés aux grandes vertus, aux grandes qualités, et notamment celles de la Paix, de l'Amour et de la Force maîtrisés. Ainsi cette humanité fera remonter la vibration de son plan planétaire incarné vers une vibration plus conforme avec la véritable vibration de Gaïa. Nous pouvons dire que le véritable plan incarné de Gaïa est sa dimension 4, mais il est encore trop subtil dans sa vibration pour que nous puissions y migrer. Ou en d'autres termes, notre plan matériel actuel est la dimension 4 de Gaïa mais refermé en lui-même, coupé des sources cosmiques et

ralenti dans sa vibration, ce qui rend ce plan matériel plus dense que celui de la dimension 4. C'est pour cela d'ailleurs qu'il reste non perceptible à nos sens.

Nous pouvons retrouver sur le plan dimension 4, les mêmes règnes de la nature c'est-à-dire minéral, végétal, animal, mais dans une vibration plus élevée ce qui rend la matière plus subtile. Ce qui s'y trouve peut ressembler énormément à ce que nous connaissons sur notre plan, mais des êtres différents y vivent aussi dans les différents règnes.

Parmi la vie qui règne sur cette dimension 4, nous allons analyser la présence et l'action d'êtres attachés à la nature et qui travaillent à la croissance et à l'équilibre de notre dimension. Je veux parler de ce que nous nommons les êtres de la Nature.

Il existe donc dans l'Univers une infinité de ce que l'on appelle dimensions. Ces dimensions sont physiquement liées aux espaces-temps, et consciemment liées aux états de conscience des êtres qui vivent sur ces dimensions. Par exemple, dans l'espace-temps de la Terre matérielle, nous disons que nous nous trouvons dans un espace à trois dimensions, ou dans une dimension 3. Physiquement elle est liée à trois dimensions qui sont la longueur, la largeur, et la hauteur. Consciemment l'être humain sait qu'il navigue dans cette dimension 3.

La dimension 4 est la véritable dimension de la nature de Gaïa, et elle devrait être la véritable dimension où l'être humain vit. A l'origine il était intégré, et il était prévu qu'il y reste. Il devait simplement faire quelques incursions sur la dimension 3 pour son apprentissage, mais sans s'y attarder. A travers son libre arbitre l'homme s'est trop intégré dans la dimension 3, de telle sorte qu'il s'y est enfoncé, entraînant dans le temps l'ensemble du plan matériel dans une vibration plus basse, plus lourde, et plus difficile à manipuler, donc à vivre. Il n'est pas opportun de développer cet aspect dans le présent ouvrage.

Je pourrais dire que la dimension 4 est un peu l'astral de Gaïa, mais l'astral harmonieux. L'homme qui va s'y intégrer va prendre un corps plus léger, mais il sera dans son corps physique. C'est le plan physique, mais non matériel de la planète Gaïa. Je pourrais dire également que la nature de la Terre est la projection de la nature dimension 4 dans une partie plus dense, matérialisée que l'on appelle dimension 3.

Par exemple, si la vie de notre dimension 3 venait à disparaître, pour une raison quelconque, elle pourrait continuer à exister sur la dimension 4. Cette vie serait physique, mais non plus matérielle. Un être vivant sur une dimension 3, quelque part dans le cosmos, et venant visiter la Terre, ne rencontrerait en arrivant ici que des roches, par exemple, alors que la vie pourrait être florissante sur la dimension 4. Cet être, vivant dans sa dimension, en déduirait que la vie n'existe pas sur cette terre. En supposant qu'il puisse se recalculer sur la dimension 4, il

rencontrerait alors d'autres êtres humains. Sans aller bien loin c'est ce qui se passe sur les autres planètes du système solaire. La vie existe sur d'autres dimensions qui ne sont pas perceptibles pour l'homme terrien vivant dans la matière dimension 3.

Il ne faut pas confondre tout de même l'astral de Gaïa avec sa dimension 4. L'astral de Gaïa est spécifique de Gaïa. Le plan astral d'une autre planète est automatiquement différent. L'astral de Gaïa représente un de ses corps et lui est donc spécifique. Par contre la dimension 4 représente un plan universel, une possibilité vibratoire. Si l'on se projette sur Vénus, par exemple, les lois qui gèrent sa dimension 4 sont les mêmes qu'ici, avec des composantes différentes, bien sûr. Ne pas confondre un plan spécifique à une sphère avec un plan cosmique.

Le passage d'une dimension à l'autre est une question d'ouverture de la conscience, car ces dimensions sont liées aux vibrations des lieux en question. A partir de la dimension 4, la vie est physique mais non plus matérielle. Une dimension 4 vibre plus haut qu'une dimension 3, et ainsi de suite. Un être de dimension 3 n'a pas conscience, ne peut percevoir, et bien sûr ne peut analyser, des éléments d'une dimension supérieure, alors que l'inverse est possible comme vous pouvez vous en douter.

La dimension 4 est celle qui est en contact avec l'Espace. C'est la véritable demeure de l'homme, ou plutôt cela devrait être la véritable demeure de l'homme. La véritable demeure de l'homme n'est pas ce plan de matière, mais le plan physique sans la matérialité.

Cette dimension 4 correspond par exemple au plan habité de Vénus actuelle. Mais lorsque je dis aux hommes de la Terre que les vénusiens sont sur un plan physique ils rient, parce qu'ils ne peuvent pas faire la différence entre le matériel et le physique. Ils n'ont pas encore cette notion comprise dans leur tête.

Cette réalité doit pouvoir vous ouvrir des perspectives d'explication de la vie existant ailleurs sur d'autres dimensions, et non perceptibles à l'homme. Mais ceci méritant un développement particulier, je ne le développerai pas ici.

Revenons donc à notre dimension 4 attachée à Gaïa.

Cette dimension, appelée aussi plan, existait avant que les règnes végétaux, animaux et humains aient été implantés sur la Terre.

D'autre part, il ne faut pas confondre ce plan avec l'astral des désincarnés dont nous parlons habituellement. Ce sont deux plans différents. L'astral de Gaïa un tout petit peu plus densifié.

Prenons un exemple : Nous sommes incarnés, nous sommes dans un coin de campagne sur notre plan, nous réussissons à augmenter notre vibration propre en nous-mêmes, et en même temps si nous arrivons à ralentir notre rythme physiologique, notre conscience peut se décaler dans le paysage dimension 4.

Cette dimension, qui existe physiquement actuellement sans que nous en ayons conscience, représente un plan équilibré de Gaïa avec un règne végétal et un règne animal, mais pas de règne humain actuellement.

En ce qui concerne le règne animal, certains animaux sont pareils, certains sont différents de notre plan. Un animal qui se trouve sur cette dimension 4 a besoin de se nourrir mais au niveau des énergies. N'oublions pas qu'il possède un corps physique avec une conscience qui lui est attachée. Il n'a pas à se nourrir de la même manière que nous. Il peut se nourrir d'une énergie qui lui convient à un moment donné. Ce peut être une rose, un buisson qui le nourrit de son énergie, cette énergie étant constante. Et pour se déplacer, il fait des mouvements de la même manière que sur le plan matériel de Gaïa. Mais ses mouvements sont beaucoup plus gracieux, aériens, plus faciles pour lui. Il peut voler, marcher, courir, bondir; il peut faire ce qu'il veut. Il peut danser sur ces énergies, ou alors il peut juste être une énergie.

En ce qui concerne les règnes végétal et minéral, il n'y a pas beaucoup de différences entre notre dimension et la dimension 4. Il y a une analogie dans les lieux, tels que des montagnes, des forêts, des lacs. Les plans dimension 4 sont les mêmes mais beaucoup plus subtils. Il est logique de retrouver en dimension 4 ce qui se trouve en dimension 3 puisque la dimension 3 c'est le prolongement de la dimension 4. Il y a cependant une grande différence, dans la nuance des couleurs, et parfois dans la forme, car la forme en dimension 4 peut changer totalement même si elle est le prolongement de la dimension 3.

Je rappelle que le plan de la matière est celui sur lequel nous marchons. Le plan physique est un plan que nous pourrions définir comme étant un grillage, un moule. C'est lui qui donne les formes. C'est le moule dont se sert la matière pour faire les corps matériels. Le plan éthérique est en quelque sorte une résille qui entoure le plan physique. Le plan éthérique existe sur tous les autres plans. C'est un peu la protection qui entoure chaque corps, dont l'énergie est l'éther. C'est une énergie qui est faite d'éther, de molécules d'éther.

La dimension 4 échappe aux plans de l'astral et du mental. La dimension 4 se situe entre les plans subtils de Gaïa et les plans cosmiques.

La dimension 4 est plus subtile que l'astral. Dans le haut astral il y a encore une forme, dans la dimension 4, la forme, c'est une onde. La luminosité est aussi différente, mais il est vrai que l'on peut comparer la dimension 4 à l'astral idéal de Gaïa. Il y a très peu de différence sinon dans la vibration.

Cependant, l'humain n'habite pas actuellement la dimension 4. Alors que les plans de l'astral de Gaïa sont habités par des consciences humaines, entre autres, ces consciences modulant l'astral par leur vibration, leurs actions à travers leur libre arbitre.



Il n'y a pas de saisons en dimension 4, la température toujours idéale. Dans la dimension 4, on peut prendre et utiliser des énergies à notre guise. Densifier un corps par exemple puisque là se trouvent toutes les énergies réunies, astrale, mentale, etc. C'est dans cette dimension qu'agit ce que l'on appelle les esprits de la nature, les dévas, etc. Mais nous n'allons pas, une fois de plus développer cet aspect dans cet ouvrage.

Cela vous paraît-il compliqué? Avec un peu d'habitude on s'y retrouve!

## LE TEMPS

### Conception terrestre :

A notre niveau humain, et dans notre contexte terrestre, nous ne pouvons définir le temps en tant que tel. Le temps nous apparaît comme une essence abstraite. La science mesure plutôt la durée. Durée des jours et des nuits, durée de révolution de la Terre autour du Soleil, durée que met la lumière à parcourir telle distance, etc.

Pendant des siècles, le temps était mesuré partout dans le monde par rapport à la rotation de la Terre. La seconde, unité de base de mesure du temps, correspondait à 1/86 400 d'un jour solaire moyen, ou encore à une rotation complète de la Terre sur son axe par rapport au Soleil. Toutefois, les scientifiques découvrirent ensuite que la rotation de la Terre n'était pas assez reproductible pour servir de base à un étalon horaire. La seconde fut donc redéfinie en 1967 par rapport à la fréquence de résonance de l'atome de césium 133, autrement dit la fréquence à laquelle cet atome absorbe l'énergie, à savoir 9 192 631 770 Hz (hertz, ou cycles par seconde). Cet atome change d'état énergétique (c'est à dire qu'un de ses électrons est excité) lorsqu'il est soumis à une onde électromagnétique de fréquence de 9 192 631 770 Hz. La seconde est donc la durée de 9 192 631 770 périodes de cette onde.

### Conception spatiale :

Dès que l'on aborde la partie subtile de l'univers, c'est à dire non matérielle, nous constatons que les notions qui nous paraissent fondamentales telles que les distances et le temps ne correspondent plus à nos perceptions tangibles.

Par exemple, dès la dimension 4 de notre sphère Gaïa, la notion du temps qui passe n'est plus la même. Certes nous gardons la sensation des jours et des nuits, ainsi que de la succession de 4 saisons, qui sont d'ailleurs toutes les 4 de durée égale, mais la notion véritable du temps est remplacée par la sensation de durée, la sensation de succession des événements, mais sans pouvoir les relier à notre notion de temps habituelle.

D'ailleurs, imaginons un instant notre existence sans référence possible à des pendules. Certains laps de temps nous paraissent très courts, notamment lors des bons moments, ou affreusement longs si notre sensation est désagréable, même s'ils se sont passés durant le même temps d'horloge. D'ailleurs, des expériences humaines dans des grottes ont bien montré que l'on perdait rapidement nos repères avec le temps.

Ceci est pour la sensation.

Mais si nous abordons l'infiniment petit, la science s'y perd avec ces fameuses notions de temps. Certains prétendent même que ce temps infinitésimal n'existe plus, ou qu'il peut s'arrêter!

Mais parlons aussi du cosmos. Notre principal repère est la distance mesurée par la vitesse de la lumière, mais qui peut être dépassée (ce concept évolue dans les sphères scientifiques).

On pourrait dire que la notion de temps, liée à la notion de distance reste valable, dans une certaine mesure, pour notre espace à 3 dimensions, mais nous échappe dès que l'on aborde les autres dimensions de l'univers.

Pour en revenir à l'homme, prenons l'exemple du plan de l'Astral, où il séjourne lorsqu'il n'est pas en incarnation. Il n'a pas la notion du temps. Il vit une succession d'événements qu'il ne peut relier à une notion de durée. Si, par exemple, vous rentrez en contact avec un désincarné de la Terre, et qui continue à exister dans l'Astral de cette planète, et si vous lui demandez depuis combien de temps il est désincarné, il ne saura pas vous dire si cet événement s'est déroulé il y a un mois ou un siècle.

Il en est de même si un humain vivant sur des dimensions supérieures à la dimension 3 se déplace dans le cosmos. Prenons l'exemple d'un être humain qui se déplace dans notre système solaire. Pour venir de Mars (puisque cette planète est à la mode actuellement), dans notre espace temps il aura mis, compte tenu de sa vitesse, mettons plusieurs mois. Mais pour lui, il aura mis un certain temps, qu'il ne peut mesurer car ses références ne sont pas les mêmes que les nôtres. Son espace-temps est différent, son horloge biologique n'est pas la même. De même s'il se déplace ailleurs dans le cosmos.

D'autant plus qu'il utilisera des techniques inconnues sur la Terre, telles que les contractions-dilatations des espaces-temps. Je dirais même que pour lui, le voyage aura duré quelques jours, ou quelques heures.

### **Conception universelle :**

Cette notion est plus importante qu'on pourrait le penser, car la compréhension des espaces-temps différents, associée à l'imbrication des plans universels, associée aux états de conscience des êtres, et associée aux vibrations propres des êtres et des états du cosmos, feront mieux comprendre aux humains terriens comment une civilisation évoluée technologiquement, qui maîtrise ces notions et qui sait les appliquer, peut s'approcher de notre environnement.

Prenons l'exemple, d'êtres humains évolués qui habiteraient sur un plan subtil d'une planète qui tourne autour d'Alpha du Centaure. Supposons qu'ils désireraient venir étudier ces êtres bizarres et peu évolués qui habitent la Terre. Ils ne mettraient pas 4,3 années pour venir, en se déplaçant à la vitesse de la lumière, mais, par exemple, 3 mois ou même 3 jours, à une vitesse qui ne veut plus rien dire en passant par certains espaces-temps.

Pour ces êtres le temps se réduirait à une succession d'instant, correspondant éventuellement à une succession d'actions, d'événements, sans qu'une notion globale ne soit ressentie. Pour eux, ils seraient partis à un certain moment, et arriveraient à un autre moment, plus tard. D'autant plus que sur les autres dimensions, il n'existe pas les mêmes points de repère que dans notre dimension 3 dite matérielle.

Ajouter à cela que la notion de la durée est fonction de l'état de la conscience des êtres, donc de leur vibration propre. Si nous considérons que leur matière est beaucoup plus subtile que la nôtre, il existe alors une implication véritable entre les cellules de leur engin, et les cellules de leur propre corps, ce qui fait que leur engin et eux ne pourraient former qu'une seule entité consciencielle et vibratoire qui se déplace dans le vaste univers.

Et nous parlons ici de consciences humaines intégrées sur des plans subtils, c'est à dire qu'ils ont besoin tout de même de supports physiques pour se déplacer. Mais si nous considérons uniquement des consciences, là il n'y a pas besoin de support pour aller d'un endroit à un autre dans le cosmos. Il n'y a plus de temps, il n'y a plus de distance. Seule persiste les différences de vibrations qui donnent une limite aux possibilités. Car une conscience quelle qu'elle soit, ne peut aborder un endroit qui soit supérieur à sa vibration de base; elle ne pourrait se maintenir. Par contre le contraire est possible dans une certaine mesure.

Mais ceci est encore une autre histoire!

## **ANNEXES**

## **ANNEXE 1**

### **Classification périodique des éléments**

## CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

### Présentation :

Ce classement officiel représente le classement des atomes qui constituent la base de toute matière connue à ce jour.

Rappelons que :

$Z$  = nombre de protons, donc d'électrons que possède l'atome considéré.

$Z$  est aussi appelé le nombre de charge.

$A$  = nombre de protons ( $Z$ ) + nombre de neutrons ( $N$ ).

$A$  est très proche de la masse atomique.

$A$  est aussi appelé le nombre de masse.

La classification comporte 92 éléments naturels, c'est à dire que l'on trouve en plus ou moins grande quantité dans la nature. Ils ont une durée de vie très variable, mais généralement très longue, sauf quelques éléments qui subissent une transformation naturelle que l'on appelle la radioactivité naturelle (par rapport à une radioactivité provoquée par l'homme).

Au-delà, nous trouvons des éléments qui sont issus de manipulations de l'homme. Ils ont une période de vie très courte, ils ne sont pas stables.

Nous remarquerons que le nombre d'électrons est lié au nombre de couches où ils se situent autour du noyau.

### Classification :

Atome	Désignation	N <sup>bre</sup> d'électrons $Z$	N <sup>bre</sup> protons + neutrons $A$
1 couche			
Hydrogène	H	1	1
Hélium	He	2	4
2 couches			
Lithium	Li	3	7
Béryllium	Be	4	9
Bore	B	5	11

Carbone	C	6	12
Azote	N	7	14
Oxygène	O	8	16
Fluor	F	9	19
Néon	Ne	10	20

3 couches

Sodium	Na	11	23
Magnésium	Mg	12	24
Aluminium	Al	13	27
Silicium	Si	14	28
Phosphore	P	15	31
Soufre	S	16	32
Chlore	Cl	17	35
Argon	A	18	40

4 couches

Potassium	K	19	39
Calcium	Ca	20	40
Scandium	Sc	21	45
Titane	Ti	22	48
Vanadium	V	23	51
Chrome	Cr	24	52
Manganèse	Mn	25	55
Fer	Fe	26	56
Cobalt	Co	27	59
Nickel	Ni	28	59
Cuivre	Cu	29	63
Zinc	Zn	30	65
Gallium	Ga	31	70
Germanium	Ge	32	73
Arsenic	As	33	75
Sélénium	Se	34	80
Brome	Br	35	80
Krypton	Kr	36	84

5 couches

Rubidium	Rb	37	85
Strontium	Sr	38	88
Yttrium	Y	39	89



Zirconium	Zr	40	92
Niobium	Nb	41	93
Molybdène	Mo	42	96
Technétium	Tc	43	96
Ruthénium	Ru	44	101
Rhodium	Rh	45	103
Palladium	Pd	46	106
Argent	Ag	47	108
Cadmium	Cd	48	112
Indium	In	49	115
Etain	Sn	50	119
Antimoine	Sb	51	122
Tellure	Te	52	128
Iode	I	53	127
Xénon	Xe	54	131

6 couches

Césium	Cs	55	133
Baryum	Ba	56	137
Lanthane	La	57	139
Cérium	Ce	58	140
Praséodyme	Pr	59	141
Néodyme	Nd	60	144
Prométhéum	Pm	61	145
Samarium	Sm	62	150
Europium	Eu	63	152
Gadolinium	Gd	64	157
Terbium	Tb	65	159
Dysprosium	Dy	66	162
Holmium	Ho	67	165
Erbium	Er	68	167
Thulium	Tm	69	169
Ytterbium	Yb	70	173
Lutétiun	Lu	71	175
Hafnium	Hf	72	178
Tantale	Ta	73	181
Tungstène	W	74	184
Rhénium	Re	75	186
Osmium	Os	76	190
Iridium	Ir	77	192
Platine	Pt	78	195
Or	Au	79	197

Mercure	Hg	80	201
Thallium	Tl	81	204
Plomb	Pb	82	207
Bismuth	Bi	83	209
Polonium	Po	84	209
Astate	At	85	210
Radon	Rn	86	222

7 couches

Francium	Fr	87	223
Radium	Ra	88	226
Actinium	Ac	89	227
Thorium	Th	90	232
Protactinium	Pa	91	231
Uranium	U	92	238

Pour mémoire. Eléments artificiels créés par l'homme :

Neptunium	Np	93	237
Plutonium	Pu	94	242
Américium	Am	95	243
Curium	Cm	96	247
Berkélium	Bk	97	249
Californium	Cf	98	251
Einsteinium	Es	99	254
Fermium	Fm	100	257
Mendélévium	Md	101	258
Nobélium	No	102	259
Lawrencium	Lr	103	262
Rutherfordium	Rf	104	263
Dubnium	Db	105	262
Seaborgium	Sg	106	266
Bohrium	Bh	107	267
Hassium	Hs	108	269
Meitnérium	Mt	109	268
Ununnilium	Uun	110	272
Unununium	Uuu	111	272
Ununbium	Uub	112	284
Ununquadium	Uuq	114	289
Ununhexium	Uuh	116	292

Cette dernière partie peut encore évoluer.

### **Remarques :**

De l'hydrogène (1 proton) à l'uranium (92 protons), 90 éléments ont été recensés actuellement dans la nature. Le technétium (44 protons) et le prométhéum (61 protons) ne sont pas trouvables car, radioactifs, ils se sont transformés en éléments stables, leur durée de vie étant courte.

Le thorium (90 protons) et le protactinium (91 protons), sont des descendants de l'uranium dans sa désintégration radioactive. Ils mutent eux-mêmes à leur propre rythme pour aboutir, par étapes successives au plomb ou au bismuth (82 ou 83 protons).

Les éléments du polonium à l'actinium (84 à 89 protons) ne sont que brèves étapes dans la transformation.

## ANNEXE 2

### LA THEORIE DE LA RELATIVITE

#### **Présentation de la théorie de la relativité :**

La théorie de la relativité tendait initialement d'expliquer le mouvement relatif des corps.

La physique moderne connaît deux concepts très différents, la relativité restreinte et la relativité générale.

Jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, les lois de la mécanique classique étaient communément acceptées par les scientifiques. A partir de ce moment-là, des théories nouvelles apparurent.

Il a été montré alors que les lois de la mécanique classique restent valables pour des situations physiques simples. Par contre, lorsque la vitesse des corps, (particules), est proche de la vitesse de la lumière, il faut appliquer les lois de la mécanique relativiste.

La limite d'application de la mécanique classique à un corps en mouvement est définie par un facteur représenté par la formule  $\beta$  (bêta) =  $v/c$ , avec  $v$  la vitesse du corps et  $c$  la vitesse de la lumière, soit  $3 \cdot 10^8$  m/s. On utilise la mécanique classique lorsque  $\beta$  est négligeable devant 1. Pour  $\beta$  proche de 1, il faut appliquer la mécanique relativiste. Ainsi, pour les phénomènes terrestres courants (mécanique du solide, balistique), les corrections relativistes peuvent être négligées. Par contre, lorsque les vitesses des corps deviennent très élevées, comme dans certains phénomènes astronomiques, les corrections relativistes sont significatives. De même, lorsque les distances considérées sont très grandes, ou lorsque l'on étudie des agrégats de matière quantitativement importants, l'utilisation des principes relativistes est indispensable.

De la même façon que la théorie quantique s'applique à l'infiniment petit, la théorie de la relativité s'applique à l'infiniment grand.

#### **La relativité restreinte :**

Elle apparut au début du XX<sup>e</sup> siècle avec Einstein.

Le scientifique nie alors l'existence du mouvement absolu. Selon lui, dans l'Univers, aucun corps particulier ne peut fournir de système de coordonnées de référence universel qui soit au repos absolu. Tout corps fournit par contre un système de référence convenable, dans lequel tout mouvement peut être étudié. Il est donc tout aussi correct d'affirmer qu'un train passe devant une gare, ou que

la gare se déplace par rapport au train. Selon Einstein, tout mouvement est donc relatif et on doit préciser le référentiel d'étude.

Aucune des hypothèses fondamentales d'Einstein n'est révolutionnaire, surtout si l'on se borne à l'exemple du train. En effet, Newton avait déjà affirmé que le repos absolu ne pouvait pas être défini par rapport à la position des corps qui nous entourent. Ce qui fut nouveau, c'était d'affirmer que la vitesse relative de tout observateur par rapport à un rayon lumineux est toujours la même, soit approximativement 300 000 km/s. Ainsi, si deux observateurs se déplacent l'un par rapport à l'autre à une vitesse de 160 000 km/s, et mesurent la vitesse d'un même rayon de lumière, ils trouveront tous les deux que ce dernier se déplace à 300 000 km/s. Ce résultat apparemment anormal fut démontré par l'expérience.

Chaque observateur utilise en effet un système de coordonnées propre comme référentiel. On peut passer d'un système de coordonnées à l'autre par une transformation mathématique. Einstein a avancé que la vitesse de la lumière reste invariable.

D'après la théorie relativiste, les distances sont modifiées dans le sens du mouvement de l'objet, ainsi que la masse et le temps. Ces transformations sont déterminées par le facteur gamma. L'électron, découvert au début du XX<sup>e</sup> siècle, constitue un bon objet d'étude pour vérifier de telles assertions. Les électrons émis par des substances radioactives ont des vitesses proches de celle de la lumière. Lorsqu'un électron se déplace rapidement dans un champ magnétique, sa masse peut être facilement déterminée en mesurant la courbure de sa trajectoire. Lorsque le champ est constant, plus l'électron est lourd, plus son inertie est grande et la courbure de la trajectoire petite. On constate qu'au cours du mouvement, la masse de l'électron est doublée. Les expériences confirment les prédictions d'Einstein : La masse de l'électron augmente exactement de la valeur prédite. L'énergie cinétique de l'électron accéléré est convertie en masse, selon la formule  $E = mc^2$ , qui traduit l'équivalence masse-énergie.

L'hypothèse fondamentale soutenant la théorie d'Einstein est la non-existence du repos absolu dans l'Univers. Einstein postula que deux observateurs, se déplaçant l'un par rapport à l'autre à une vitesse constante, observent des lois de la nature identiques. Toutefois, l'un des observateurs peut enregistrer deux événements sur des étoiles éloignées comme s'ils avaient lieu simultanément, pendant que le second observateur constate qu'un événement s'est produit avant l'autre. Cette divergence des observations n'est pas une objection valable à la théorie de la relativité. En effet, selon cette dernière, la simultanéité n'existe pas pour des événements éloignés. En d'autres termes, il est impossible de seulement spécifier le moment où l'événement se produit, sans préciser l'endroit où il a lieu. La distance ou l'intervalle entre deux événements peut être décrit exactement en combinant les intervalles de temps et d'espace, mais pas par l'un ou l'autre séparément. L'espace-temps à quatre dimensions (trois dimensions pour l'espace et une pour le temps), dans lequel tous les événements de l'Univers ont lieu, est

appelé continuum espace-temps. Dans cet espace, le mouvement spatio-temporel d'un corps est décrit par sa ligne universelle.

### **La relativité générale :**

Puis Einstein introduisit la théorie de la relativité générale dans laquelle il considère des corps accélérés les uns par rapport aux autres. Son but initial était d'expliquer les divergences apparentes entre les lois relativistes et la loi de la gravitation. Il adopta alors une nouvelle approche du concept de gravité, fondée sur le principe de l'équivalence.

D'après ce principe, les forces de gravitation sont en tout point équivalentes aux forces d'accélération. Ainsi, dans une expérience, il est théoriquement impossible de différencier les deux types de forces. D'après la théorie de la relativité restreinte, une personne située dans une voiture qui roule sur une route lisse ne peut pas savoir si elle est au repos ou animée d'un mouvement uniforme. Selon la théorie de la relativité générale, lorsque la voiture est accélérée, ralentie, ou engagée dans un virage, l'occupant ne peut savoir si les forces produites sont dues à la gravitation ou à l'accélération.

L'accélération est la variation de la vitesse au cours du temps. Considérons un astronaute debout dans une fusée avant son décollage. En raison de la gravité, l'astronaute est maintenu debout par une force équivalente à son poids  $p$ . Considérons la même fusée dans l'espace interplanétaire, loin de tout corps et ne subissant aucune gravité. Lorsque la fusée accélère, l'astronaute subit à nouveau la poussée qui le maintient debout. Si l'accélération est de  $9,8 \text{ m/s}^2$  (accélération de la pesanteur à la surface de la Terre), la poussée qui s'exerce sur l'astronaute est égale à  $p$ , poids de l'astronaute. S'il ne regarde pas à travers le hublot, l'astronaute ne sait pas si la fusée est au repos sur la Terre ou en accélération constante dans l'espace interplanétaire. La force due à l'accélération ne peut donc pas être distinguée de la force de gravitation. Selon la théorie d'Einstein, la loi newtonienne de la gravitation est une hypothèse non nécessaire. Einstein assimile toutes les forces, aussi bien la gravité que les forces associées à l'accélération, à des effets de l'accélération. Lorsque la fusée est au repos sur Terre, elle est attirée vers le centre de celle-ci. Einstein déclare que ce phénomène d'attraction est dû à une accélération de la fusée. Certes, dans l'espace tridimensionnel, la fusée est stationnaire, elle n'est donc pas accélérée. Mais dans un espace-temps à quatre dimensions, la fusée est en mouvement suivant sa ligne universelle. La courbure du continuum à proximité de la Terre implique une courbure de la ligne universelle de la fusée, ce qui explique son mouvement relativiste.

L'hypothèse de Newton, selon laquelle deux corps sont soumis à une attraction mutuelle proportionnelle à leur masse, est donc remplacée par l'hypothèse relativiste, selon laquelle le continuum est courbe à proximité des corps massifs.

La loi de la gravitation d'Einstein affirme alors simplement que la ligne universelle de chaque corps est une géodésique dans le continuum. Une géodésique est le chemin le plus court entre deux points. Dans un espace courbe, les géodésiques ne sont pas nécessairement des droites. Ainsi, les géodésiques à la surface de la Terre sont de grands cercles.

### **Confirmation et modifications de la théorie :**

La théorie de la relativité générale fut confirmée de plusieurs façons. En voici quelques exemples:

La théorie prédit notamment que la trajectoire d'un rayon lumineux est courbe au voisinage immédiat d'un corps massif comme le Soleil. Ces prédictions ont été validées par des observations.

Des tests comparables ont été faits sur les déflexions des ondes radio provenant de quasars éloignés.

On sait que le point le plus proche du Soleil, par lequel passe Mercure, se déplace autour du Soleil avec une période de 3 millions d'années. Contrairement à la théorie classique, la théorie de la relativité prédit ce mouvement. Effectuées récemment par radar, des mesures de l'orbite de Mercure ont confirmé les prédictions relativistes avec une incertitude de seulement 0,5 p. 100.

D'autres chercheurs se sont efforcés d'élargir la théorie de la relativité pour y inclure des phénomènes électromagnétiques.

Plusieurs chercheurs ont tenté d'unifier la théorie gravitationnelle relativiste avec l'électromagnétisme et les interactions nucléaires fortes et faibles, mais sans succès à ce jour.

Bien que quelques progrès aient été réalisés, aucune théorie n'est aujourd'hui acceptée de façon générale.

### **Remarques :**

Dans le cadre des axiomes d'Einstein, plusieurs voies de développement sont possibles. L'espace, par exemple, est courbe, et son degré exact de courbure à proximité des corps lourds est connu. Mais sa courbure dans l'espace vide, causée par la matière et le rayonnement de l'Univers tout entier, demeure incertaine. Par ailleurs, les scientifiques ne savent pas encore si cette courbe est fermée (c'est-à-dire analogue à une sphère), ou ouverte (analogue à un cylindre

ou à un bol aux parois infinies). La théorie de la relativité implique également la possibilité d'expansion de l'Univers. Cette théorie de l'expansion rend crédible l'hypothèse selon laquelle l'histoire passée de l'Univers est fini.

A la suite des prédictions d'Einstein, un autre sujet important de la recherche en physique est l'étude des ondes gravitationnelles, qui sont par exemple issues de l'oscillation ou de l'effondrement d'étoiles massives, et qui perturbent le continuum espace-temps.

Une grande part des dernières recherches sur la relativité est consacrée à la création d'une mécanique quantique relativiste qui soit pratique à manipuler.

Une théorie satisfaisante, appelée électrodynamique quantique, a unifié les concepts de la relativité et de la physique quantique. Cette théorie est particulière à l'étude de l'interaction entre les électrons, les positrons et le rayonnement électromagnétique.

Certains tentent une intégration totale de la mécanique quantique et de la théorie relativiste. Finalement, les théories de la relativité ont totalement bouleversé la notion d'espace-temps.



## ANNEXE 3

### LA THEORIE QUANTIQUE

#### **La théorie quantique des champs :**

##### **- Le champ :**

A l'origine, cette notion a été développée pour résoudre le problème de l'action à distance posée par la gravitation et le magnétisme. Il a été d'abord conçu comme l'animation d'un milieu ténu baignant toute chose.

Puis elle devint la représentation de l'ensemble des valeurs que prend une grandeur physique dans une région de l'espace.

On distingue 3 types de champs :

° Champs scalaires : Ce sont des champs à paramètre unique. Par exemple, la température qui donne une valeur en tout point de l'espace.

° Champs vectoriels : Ils fournissent 2 paramètres, l'intensité et la direction d'action d'une force. Par exemple, le champ magnétique.

° Champs tensoriels : Ils peuvent fournir un grand nombre de paramètres en tout point de l'espace. Par exemple, le champ de gravitation.

##### **- La théorie quantique des champs :**

Les théories des 3 interactions non gravitationnelles sont coulées dans un même moule, appelé la théorie quantique des champs. Celle-ci repose sur l'idée que les interactions entre particules de matière s'expliquent par la médiation d'autres particules, des particules médiatrices. On distingue ainsi des particules de matière d'une part, que leur comportement collectif fait ranger dans la théorie statistique des fermions, et des particules messagères des interactions, que l'on range dans une autre famille, celle des bosons.

En vertu de la dualité onde-corpuscule, qui est le principe fondateur de la physique quantique, il est équivalent et plus commode de décrire les particules médiatrices des interactions sous leur aspect ondulatoire, comme des champs.

Le photon est ainsi la particule qui correspond au champ électromagnétique. Pour le champ de l'interaction faible, on dénombre 3 particules médiatrices, appelées les bosons intermédiaires. Quant à l'interaction forte, elle requiert 8 bosons de plus, appelés des gluons.

Tous les comportements des particules de matière seront alors définis selon que celles-ci sont sensibles ou non à tel ou tel champ d'interaction, et selon l'intensité du couplage qu'elles entretiennent avec lui.

Chaque particule porte ainsi un petit drapeau, sa charge, qui signale à quel champ elle est sensible. Quant à l'intensité du couplage, elle correspond à la probabilité d'interaction de la particule chargée avec la particule messagère de l'interaction. Elle est mesurée par un nombre, la constante de couplage.

## **Théories ondulatoire et corpusculaire :**

### **- Mouvement ondulatoire :**

Le mouvement ondulatoire représente un transfert d'énergie d'un point à un autre sans transfert de matière, par la propagation d'ondes mécaniques ou électromagnétiques. Cette oscillation ondulatoire peut affecter des molécules de gaz (comme le font les ondes sonores dans l'atmosphère), les molécules d'un liquide, (comme les vagues à la surface de la mer), ou les atomes d'un solide, (comme les ondes qui se propagent le long d'une corde ou d'un ressort). Dans tous les cas, les particules de matière ne font qu'osciller autour d'une position d'équilibre, l'énergie de la vibration se déplaçant au cours du processus. De telles ondes sont appelées mécaniques lorsque l'énergie est transmise par le biais d'un support matériel. Seule l'onde électromagnétique se dispense de support. Ses oscillations affectent des champs électriques et magnétiques, sans nul besoin d'un milieu solide, liquide ou gazeux.

### **- Les différents types d'onde :**

Les ondes sont classées selon leur mode de vibration, déterminé par rapport à leur direction de propagation :

#### **° Onde longitudinale :**

Lorsque la vibration est parallèle à la direction du mouvement, l'onde est dite longitudinale. Ce type d'onde a nécessairement besoin d'un support matériel pour se propager, générant sur son passage des états alternatifs de compression (densité et pression maximales) et de raréfaction (densité et pression minimales). Les ondes sonores sont un bon exemple d'ondes longitudinales, les molécules de l'air se densifiant et se raréfiant de façon ondulatoire entre la source sonore et l'oreille de l'observateur.

° Onde transversale :

L'onde est transversale lorsque les vibrations se manifestent à angle droit par rapport à la direction de propagation. Une onde transversale peut être mécanique, comme celle qui fait vibrer une corde tendue, ou électromagnétique, comme c'est le cas pour la lumière, les rayons X et les ondes radio (la vibration des champs électriques et magnétiques s'y effectue à angle droit par rapport à la direction de propagation de l'onde).

° Combinaisons longitudinale et transversale :

De nombreux mouvements ondulatoires, comme ceux que l'on observe à la surface d'un liquide, sont une combinaison de mouvements longitudinaux et transversaux. Lors du passage d'une vague, par exemple, les molécules du liquide effectuent un mouvement en boucle, retournant à leur point de départ sans déplacement matériel, alors que l'onde, elle, se propage.

**- Quantification d'une onde :**

Une onde peut être définie par trois grandeurs : Son amplitude, sa longueur d'onde et sa fréquence.

° L'amplitude :

Dans la vibration transversale d'une onde mécanique, l'amplitude représente son déplacement ou battement maximal par rapport à l'axe de propagation. Dans le cas d'une onde électromagnétique, l'amplitude représente l'intensité maximale du champ électrique ou magnétique associé.

° La longueur d'onde :

Elle est définie, pour sa part, comme étant la distance entre deux points semblables de deux cycles successifs, comme par exemple entre deux points d'amplitude maximale (appelés ventres) ou entre deux points d'amplitude minimale (appelés nœuds). Dans le cas d'une onde longitudinale, la longueur d'onde est définie de façon similaire comme étant la distance entre deux compressions ou deux raréfactions successives.

° La fréquence :

Les ondes, tant transversales que longitudinales, se déplacent à des vitesses données. On appelle fréquence du mouvement ondulatoire le nombre de cycles qui se succèdent en un point donné par unité de temps. Elle correspond donc au nombre de vibrations par seconde.

La fréquence est exprimée en hertz (Hz). Une fréquence de 1 Hz correspond à 1 cycle, ou oscillation, par seconde. On a défini également les kilohertz (kHz), ou milliers de cycles par seconde, les mégahertz (MHz), ou millions de cycles par seconde, et les gigahertz (GHz), ou milliards de cycles par seconde.

Dans tous les types de mouvement ondulatoire, la vitesse de l'onde, sa fréquence et sa longueur d'onde sont en corrélation. La longueur d'onde (distance entre deux crêtes d'onde consécutives) est inversement proportionnelle à la fréquence et proportionnelle à la vitesse de l'onde. Cette relation s'exprime par l'équation  $V = \lambda \cdot \gamma$ , où  $V$  est la vitesse,  $\gamma$  la fréquence et  $\lambda$  la longueur d'onde.

### **- Les champs de forces :**

Un champ est une zone de l'espace dans laquelle s'exerce une force gravitationnelle, magnétique, électrostatique ou de toute autre nature. Ces zones sont traversées par des lignes de force imaginaires, dont l'écartement est proportionnel à la force du champ.

### **- Théorie ondulatoire et corpusculaire :**

Il a été identifié que la lumière était de nature ondulatoire, et correspondait à un phénomène électromagnétique.

Il a été prouvé, par ailleurs que l'émission et l'absorption des radiations se produisent par quantités finies d'énergie, appelées quanta d'énergie.

Puis il fut mis en évidence l'existence du photon, particule qui véhicule le rayonnement électromagnétique. Cette théorie corpusculaire remet en question la nature ondulatoire de la lumière.

Ce différend entre théorie ondulatoire et théorie corpusculaire fut levé grâce au concept de dualité onde-particule. Ce principe fondamental de la théorie quantique stipule que toute particule se comporte comme une onde et réciproquement.

## **Présentation de la théorie quantique :**

La théorie quantique est une théorie qui étudie les mouvements, dans l'espace et dans le temps, des objets corpusculaires, et des effets ondulatoires. Autrement-dit, elle s'efforce de prédire les comportements de la matière à l'échelle microscopique.

La théorie quantique est une théorie qui utilise le concept d'unités discrètes, appelées quanta, pour décrire les propriétés dynamiques de la matière et du rayonnement. La base de la théorie quantique a été fixée en 1900 par le physicien allemand Max Planck, qui affirmait que la matière et l'énergie rayonnante ont une structure discontinue. La théorie quantique est le fondement de toute la physique moderne.

Jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècles, la mécanique de Newton semble fournir une description exhaustive des mouvements des corps. Puis de nouvelles observations ont mis en lumière ses limites, parmi lesquelles le spectre de la lumière émise par les gaz chauffés ou dans lesquels une décharge électrique a lieu. On découvre la nature des particules alpha (constituées de noyaux d'hélium), et on énonce la loi des transformations radioactives.

Les physiciens découvrent une interrelation pertinente entre les deux théories de la lumière. La théorie corpusculaire, qui présente la lumière comme un flot de particules, et la théorie ondulatoire, qui la considère comme constituée d'ondes électromagnétiques.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, la nature ondulatoire de la lumière semble confirmée grâce à de nombreuses expérimentations. Les phénomènes d'interférence et de diffraction permettent la détermination de la longueur d'onde de la lumière. Les phénomènes de polarisation mettent en évidence sa transversalité. Il semble confirmé que la lumière est constituée d'ondes électromagnétiques.

L'interaction entre lumière et matière n'est cependant pas encore élucidée.

## **La notion de quantum :**

Planck résout certaines difficultés théoriques en introduisant la notion de quantum.

Son hypothèse indique que l'énergie est rayonnée seulement par quanta d'énergie  $h \cdot \nu$ , où  $\nu$  (upsilon) est la fréquence du rayonnement et  $h$  le quantum d'action, connu aujourd'hui sous le nom de constante de Planck, que l'on retrouve dans l'équation suivante :

$$mv^2/2 = h\nu - W \text{ avec } h = 6,67.10^{-34} \text{ J.s}$$

L'énergie cinétique  $mv^2/2$  des électrons est donc indépendante de l'intensité, mais pas de la fréquence  $\nu$  du rayonnement incident. La constante de Planck  $h$  a toujours la même valeur pour tous les métaux et est donc considérée comme une constante universelle. L'énergie de liaison électron-métal  $W$  prend différentes valeurs suivant les matériaux, et si sa valeur est supérieure à  $h.\nu$ , la fréquence de la lumière est insuffisante pour libérer les électrons du métal.

### **La contribution d' Einstein :**

Einstein propose alors une explication de l'effet photoélectrique (phénomène observé expérimentalement et au cours duquel des électrons sont émis des surfaces métalliques sur lesquelles est dirigé un rayonnement). Il s'agit de l'hypothèse photonique.

Einstein explique qu'en partant de l'hypothèse que la lumière incidente est constituée de photons d'énergie  $h.\nu$ , on parvient à expliquer l'émission des électrons suite à l'irradiation lumineuse de la manière suivante : Les photons pénètrent dans la couche superficielle du corps et leur énergie se transforme, en partie du moins, en énergie cinétique des électrons. Le cas le plus simple est celui dans lequel un photon cède toute son énergie à un seul électron. En outre, pour quitter le corps, chaque électron doit accomplir un certain travail  $W$ , caractéristique du corps. Il s'ensuit que l'énergie cinétique des électrons sortants vaut :  $mv^2/2 = h.\nu - W$ .

L'existence des photons est reconnue.

### **L'atome de Bohr :**

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, il est déterminé l'existence du noyau dense chargé positivement et autour duquel tournent les électrons chargés négativement.

Bohr postule que les électrons se déplacent sur des orbites placées à des distances déterminées du noyau et que chaque changement d'orbite d'un électron s'accompagne d'une absorption d'énergie (s'il s'éloigne du noyau) ou d'une émission d'énergie (s'il s'en approche).

La théorie de Bohr connaît un succès retentissant pour son application à l'atome d'hydrogène. Cependant son application aux atomes de plus d'un électron révèle des difficultés.

## **La mécanique ondulatoire :**

Comme les ondes électromagnétiques ont des caractéristiques de particules, le physicien français Louis de Broglie suggère que les particules pourraient aussi, dans certains cas, montrer des propriétés d'ondes. Quelques années plus tard, cette prédiction est vérifiée expérimentalement. On a démontré les propriétés ondulatoires des particules.

Des équations indiquent aussi que les quatre nombres quantiques de deux électrons ne peuvent pas être les mêmes (deux électrons ne peuvent pas occuper le même état énergétique). Cette règle, déjà établie empiriquement par le physicien Pauli est appelée principe d'exclusion.

## **La mécanique matricielle :**

Parallèlement au développement de la mécanique ondulatoire, Werner Heisenberg développe une nouvelle méthode d'analyse mathématique connue sous le nom de mécanique matricielle. D'après la théorie d'Heisenberg cette formule n'est pas une équation différentielle mais plutôt une matrice. La mécanique matricielle introduit la notion de matrices infinies pour représenter la position et le moment d'un électron à l'intérieur d'un atome. Il existe différentes matrices, pour chacune des autres propriétés physiques observables associées au mouvement d'un électron, comme l'énergie et le moment cinétique. Ces équations matricielles sont solubles. En d'autres termes, il est possible de les manipuler pour obtenir les résultats prédits, comme par exemple les différentes fréquences des raies dans le spectre de l'hydrogène et les autres grandeurs observables.

A l'instar de la mécanique ondulatoire, la mécanique matricielle est en accord avec la première théorie quantique dans tous les processus pour lesquels cette dernière confirme les observations expérimentales. Elle est même utile pour expliquer les phénomènes que la première théorie quantique ne pouvait interpréter.

## **L'avènement de la mécanique quantique :**

Par la suite, il fut prouvé que les mécaniques ondulatoire et matricielle sont deux versions mathématiques différentes de la même théorie, aujourd'hui appelée mécanique quantique. Même pour le simple atome d'hydrogène constitué de deux particules, les deux types d'interprétation mathématique sont extrêmement complexes. Le prochain atome le plus simple, celui d'hélium, possède trois particules. Pourtant, ce problème à trois corps (qui consiste à décrire les

interactions mutuelles des trois corps séparés) n'est pas encore complètement résolu, même pas dans la dynamique classique dont l'expression mathématique est relativement simple. Il est cependant possible de calculer les niveaux d'énergie. Pour l'application mathématique de la mécanique quantique à des situations relativement complexes, le physicien peut utiliser l'une des nombreuses formulations. Son choix sera déterminé par celle qui permettra d'obtenir une solution approximative convenable.

Bien que la mécanique quantique décrive les phénomènes observés en termes purement mathématiques, il est possible de donner une description grossière de ce que l'atome est censé être aujourd'hui : Une série d'ondes stationnaires entourent le noyau. Ces ondes ont des sommets en certains points. Chaque onde stationnaire complète représente une orbite. La valeur absolue du carré de l'amplitude de l'onde en un point de l'espace à un moment donné est la probabilité d'y trouver l'électron. Ainsi apparaît désormais l'impossibilité de prédire la présence d'un électron en un point précis à un moment donné (principe d'incertitude).

### **Le principe d'incertitude :**

L'impossibilité de localiser un électron avec exactitude à un moment précis est analysée par Werner Heisenberg qui formule le principe d'incertitude. Ce principe stipule l'impossibilité de déterminer simultanément la position exacte et le moment d'une particule. En premier lieu, il est impossible de mesurer la position d'une particule sans perturber sa vitesse. Les connaissances de la position et de la vitesse sont dites complémentaires, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas être précisées simultanément. Ce principe est aussi fondamental si l'on veut comprendre la mécanique quantique telle qu'elle est conçue aujourd'hui : Les caractères ondulatoire et corpusculaire du rayonnement électromagnétique peuvent être compris comme deux propriétés complémentaires du rayonnement.

### **Développements connexes :**

Aucun déficit essentiel n'a été, à ce jour, découvert dans la théorie quantique. Pourtant la question de savoir si cette théorie doit être considérée comme complète a été soulevée. La mécanique quantique a résolu tous les problèmes importants. Elle a continuellement amélioré la compréhension de la structure de la matière et fourni une base théorique nécessaire à la compréhension de la structure de l'atome et des phénomènes des raies spectrales. Chaque raie du spectre correspond à l'énergie d'un photon transmise ou absorbée lorsqu'un



électron passe d'un niveau d'énergie à un autre. L'interprétation des liaisons chimiques a été radicalement transformée par la mécanique quantique et est désormais fondée sur les équations d'onde de Schrödinger. En physique, de nouveaux domaines ont vu le jour : La physique du solide, la physique de la matière condensée, la supraconductivité, la physique nucléaire et la physique des particules élémentaires qui trouvent toutes en la mécanique quantique une base cohérente.

L'application de la mécanique quantique et de la relativité sur la théorie de l'électron a permis de formuler une équation qui sous-entend l'existence du spin de l'électron. Cette équation conduira à la découverte de l'existence du positron. L'application de la mécanique quantique au domaine du rayonnement électromagnétique permet d'expliquer beaucoup de phénomènes tels que le rayonnement de freinage (rayonnement émis par les électrons freinés dans la matière) et la formation de paires particule-antiparticule (comme la formation d'un positron et d'un électron suite à l'interaction de radiations électromagnétiques avec la matière). Néanmoins, elle soulève un problème de taille appelé difficulté de divergence : Certains paramètres, comme la masse simple et la charge simple de l'électron, semblent être infiniment grands dans les équations de Dirac. Les expressions masse simple et charge simple se réfèrent à des électrons hypothétiques n'ayant d'interaction avec aucune matière et aucun rayonnement. En réalité, les électrons ont toujours une interaction, ne serait-ce qu'avec leur propre champ électrique. Ce problème a été partiellement résolu dans le cadre d'un programme nommé renormalisation. Dans ce programme, la masse et la charge simples de l'électron sont infiniment grandes, de sorte que les autres grandeurs physiques de l'équation sont négligeables. La renormalisation a permis d'augmenter considérablement la précision avec laquelle la structure de l'atome peut être analysée.

### **Perspectives quantiques :**

La mécanique quantique sert de base aux tentatives actuelles visant à expliquer la force nucléaire et à développer une théorie unifiée pour toutes les interactions fondamentales de la matière. Toutefois, il existe encore des doutes sur l'intégralité de la théorie quantique. La difficulté de divergence, par exemple, n'est que partiellement résolue. Au moment où la mécanique de Newton est rectifiée par la mécanique quantique et la relativité, plusieurs scientifiques ont prédit de profonds changements dans la mécanique quantique. Des difficultés d'ordre théorique persistent, notamment entre la mécanique quantique et la théorie du chaos. Des efforts visant à développer un système capable de concilier la relativité et la mécanique quantique sont actuellement déployés par des théoriciens.

## **ANNEXE 4**

### **Le monde des particules**

## TABLEAU SYNOPTIQUE DES PARTICULES ELEMENTAIRES

### \* Les Hadrons :

#### - Les Baryons :

Ces particules sont soumises à l'interaction forte.

Particules de spin =  $\frac{1}{2}$  sauf pour  $\bar{\omega}$ .

- Les Nucléons : Protons et neutrons (formés par les quarks).
- Les Hypérons : Delta ( $\delta$ ), lambda ( $\lambda$ ), sigma ( $\sigma$ ), xi ( $\xi$ ), oméga ( $\omega$ ).

#### - Les Mésons :

Participent aux différents types d'interaction.

Particules de spin = 0.

- Pi ou pion ( $\pi$ ), kaon (k), D, Ds, B.

### \* Les Fermions :

On désigne sous le nom de Fermions l'ensemble des Quarks et des Leptons.

#### \* Les quarks (6 types) :

Ces particules sont soumises à l'interaction forte.

Spin =  $\frac{1}{3}$  et  $\frac{2}{3}$ .

On différencie chaque type de quark par une donnée appelée "saveur".

- Up (u).
- Down (d).
- Strange (s).
- Charmed (c).
- Beauty (b).
- Top (t).

### \* Les Leptons (6 types) :

Particules de spin =  $\frac{1}{2}$ .

- ° Les Electrons. Ils sont soumis à l'interaction forte.
- ° Les Neutrinos (neutrino de l'électron, neutrino du muon, neutrino du tauon).
- ° Les Muons.
- ° Les Tauons.

### \* Les Bosons :

Ils sont les vecteurs des interactions.

Particules de spin = 1 ou 0.

- ° Le Gluon. Vecteur de l'interaction forte.
- ° Le Photon. Vecteur de l'interaction électromagnétique.
- ° Les Weakons. Bosons intermédiaires (W + et -, et Z). Vecteurs de l'interaction faible.
- ° Le Graviton. (hypothétique). Vecteur de l'interaction gravitationnelle.

### Les éléments stables dans la famille des particules élémentaires :

Parmi les particules que nous venons d'énumérer, certaines sont des composantes de la nature, elles sont donc stables, et d'autres sont issues de manipulations humaines issues de la recherche scientifique, ou de l'application technologique.

Les particules stables sont les suivantes :

- Dans les Baryons :

Les Nucléons : Le proton et le neutron.

- Dans les quarks :

Up.

Down.

- Dans les Leptons :

L'électron.

Le neutrino.

- Dans les Bosons :

Le Photon.

Le Gluon.

Le Graviton. (A voir).

## DEFINITION DES PARTICULES

### Présentation :

Nous avons désigné sous le nom de particules élémentaires des grains d'énergie, de masses, d'énergies, de vitesses et de durées différentes circulant dans l'univers et au sein de la matière, et à un niveau subatomique.

Nous avons vu qu'il convient de distinguer, sous ce terme, les particules élémentaires qui ont servi de base à l'élaboration de la matière, (et que nous avons étudié), des particules élémentaires que l'homme a pu créer par sa science. D'autre part, nous avons vu qu'il fallait dissocier les particules élémentaires de base qui constituent la matière des particules vecteurs des forces (appelées interactions) qui les organisent et les structurent.

Le tableau ci-dessus récapitule l'ensemble des particules, naturelles et celles créées par l'homme. Nous allons maintenant reprendre ces notions dans l'ensemble des particules recensées, dans un contexte plus complet, et dans une présentation officielle.

Notons qu'à chaque particule est associée une autre particule de charge électrique opposée, nommée antiparticule. En dehors de sa charge, cette antiparticule présente les mêmes grandeurs caractéristiques que la particule correspondante (masse, durée de vie, etc.).

### Le spin :

On désigne par "spin" le moment angulaire intrinsèque d'une particule. Cette grandeur quantique ne peut prendre que des valeurs discrètes entières ou demi-entières.

On désigne par moment mécanique, la grandeur vectorielle liée à la description de la rotation d'un système (point ou solide).

Dans l'usage courant, dire qu'une particule a un spin de  $1/2$  signifie que son moment angulaire de spin est égal à  $1/2$ . Les particules présentes dans l'atome (électron, proton, neutron) ont un spin de  $1/2$ . En présence d'un champ magnétique, le spin a deux états d'orientation possibles.

Les fermions ont un spin demi-entier.

Les bosons, tels que les photons, et les mésons, ont un spin entier (respectivement 1 et 0).

## Les quarks :

Dans le tableau synoptique ci-dessus, nous voyons apparaître les nucléons qui comprennent les protons et les neutrons dans la classification des baryons.

Ces nucléons sont constitués de particules appelées quarks. Voici quelques précisions à ce sujet :

Les quarks sont des particules fondamentales de la matière, entrant dans la composition des hadrons.

Les quarks s'attirent de façon à former des objets neutres, les hadrons.

La force d'attraction entre quarks est véhiculée par des bosons vecteurs, les gluons. Cette attraction est à l'origine du confinement des quarks : Il est impossible de les séparer à l'intérieur d'un hadron. En effet, alors que deux charges électriques de signes opposés placées à une distance infinie n'interagissent pas, les quarks s'attirent d'autant plus qu'ils sont éloignés.

3 quarks s'attirent pour former un baryon (neutron, proton).

Le proton comporte deux quarks u et un quark d, alors que le neutron est formé de deux quarks d et d'un quark u.

Les quarks font partie des particules les plus fines de la matière.

Il existe 6 sortes de quarks différents, chacune étant définie par une "saveur" particulière (caractéristique quantique) :

Up (u), down (d), strange ou étrange (s), charmed ou charmé (c), beauty ou bottom (b), top (t).

Les quarks u, c et t ont une charge de  $+2/3$  tandis que les quarks d, s et b ont une charge de  $-1/3$ .

Les saveurs des quarks sont classées en trois générations :

Les quarks u et d, les plus légers, de masses respectives 5 MeV et 8 MeV (mégaélectronvolts), constituent la première génération.

Les quarks c et s de masses respectives 1 500 MeV et 160 MeV la deuxième génération.

Les quarks t et b de masses respectives 175 000 MeV et 4 250 MeV la troisième génération.

Chaque génération comprend un quark de charge  $+2/3$  et un quark de charge  $-1/3$ .

A ces particules, il faut également ajouter les antiquarks, constituants de l'antimatière, semblables aux quarks mais de charges opposées.

Dans la nature, seuls les quarks up, down et strange existent, les trois autres étant créés en laboratoire. Les antiquarks sont également produits artificiellement dans des accélérateurs de particules.

### **Le modèle standard :**

Il représente une définition de la physique corpusculaire qui résume les connaissances actuelles des chercheurs sur les particules élémentaires et les forces fondamentales de la nature. Selon la théorie quantique des champs (TQC), la matière est constituée de particules appelées fermions, tandis que les forces sont transmises par l'interaction ou l'échange d'autres particules appelées bosons.

Dans le modèle universel, les fermions de base se divisent en trois familles dont chacune comporte un certain nombre de quarks et de leptons :

#### **- La première famille :**

C'est celle des quarks et leptons de masse faible.

Elle est constituée des quarks u (up) et d (down), de l'électron et de son neutrino associé, ainsi que de leurs antiparticules.

Les quarks se regroupent en triplets pour former les neutrons et les protons, lesquels à leur tour se regroupent pour former des noyaux. Ces derniers s'associent aux électrons pour constituer des atomes. Les neutrinos des électrons participent à la désintégration radioactive de neutrons en protons.

Les leptons chargés sont : L'électron, le muon, le tauon.

Les leptons neutres sont : Les neutrinos de l'électron, du muon, du tauon.

#### **- La deuxième famille :**

Elle comprend des particules lourdes, instables, faible durée de vie.

Elle rassemble les quarks c (charmed) et s (strange), le muon et le neutrino du muon, ainsi que leurs antiparticules.

#### **- La troisième famille :**

Elle comprend aussi des particules lourdes, instables, faible durée de vie.

Elle comprend les quarks b (bottom) et t (top), le tauon et le neutrino du tauon, ainsi que leurs antiparticules.



La théorie quantique des champs (TQC) à interaction forte est appelée chromodynamique quantique; la TQC des interactions électromagnétiques faibles est appelée théorie électro-faible.

Bien qu'il soit cohérent vis-à-vis de toutes les expériences effectuées jusqu'à ce jour, le modèle standard présente de nombreuses lacunes. Il ne tient pas compte de la gravitation, force la plus faible, il n'explique pas le spectre de masse des particules, il comporte plusieurs paramètres arbitraires et ne concilie pas entièrement les hypothèses d'interaction forte et d'interaction faible. Les théories d'unification se proposent d'unifier les équations d'interactions forte et faible en supposant que celles-ci sont équivalentes lorsque l'énergie du système est suffisamment élevée.

Nous allons maintenant revenir sur les hadrons, les leptons et les bosons.

## LES HADRONS

### Généralités :

Ils subissent toutes les interactions.

Les hadrons sont composés de constituants plus petits, baptisés quarks.

Les hadrons peuvent avoir des spins de 0,  $\frac{1}{2}$ , 1, ou plus.

Tous les hadrons, à l'exception des protons et des neutrons, sont instables et se désintègrent en d'autres hadrons.

Les hadrons forment un ensemble de  $n$  quarks et  $m$  antiquarks liés entre eux. Il existe une relation à laquelle doivent satisfaire ces nombres :  $n - m = 3B$ , où le nombre  $B$ , appelé nombre baryonique, doit être entier ou nul.

Lorsque  $B = 0$ , on obtient les mésons, contenant autant de quarks que d'antiquarks. Par exemple, le pion  $\pi^+$  contient un quark  $u$  et un antiquark  $d$ . Jusqu'à ce jour, seuls ont été observés des mésons à un quark et un antiquark, mais rien n'interdit l'existence de mésons à deux quarks et deux antiquarks, voire plus.

Lorsque  $B = 1$ , on obtient les baryons. Les plus simples sont constitués de trois quarks, et ce sont les seuls qui aient été observés. Ainsi, le proton comporte deux quarks  $u$  et un quark  $d$ , alors que le neutron est formé de deux quarks  $d$  et d'un quark  $u$ . On peut cependant imaginer des baryons formés de quatre quarks et un antiquark.

### Constitution :

La famille des hadrons comprend :

#### - Les Baryons :

° Les Nucléons : Protons et Neutrons.

° Les Hypérons : Delta ( $\delta$ ), lambda ( $\lambda$ ), sigma ( $\sigma$ ), xi ( $\xi$ ), oméga ( $\omega$ ).

Les baryons sont constitués de 3 quarks. Ce sont des particules lourdes.

Les nucléons ont une étrangeté nulle. Les hypérons ont une étrangeté non nulle.

Les baryons subissent tous des interactions fortes.

### ° Les protons :

Les protons forment, avec les neutrons, les noyaux des atomes. On les appelle aussi les nucléons.

Ils sont formés de 3 quarks : Deux quarks u (up) et d'un quark d (down).

Les protons ont une charge électrique positive égale à celle de l'électron.

Le nombre de protons d'un noyau est égal au nombre d'électrons qui gravitent autour du noyau.

Masse d'un proton =  $1.6 \times 10^{-24}$  g (1836 fois plus grande que celle d'un électron).

Diamètre d'un proton =  $10^{-13}$  cm.

Charge d'un proton =  $+ 1.6 \times 10^{-19}$  coulomb (égale à celle de l'électron en valeur absolue).

Le spin est =  $\frac{1}{2}$ .

Dans la transformation d'un proton en neutron, il y a éjection d'un positon  $\beta^+$ .

L'antiproton est un proton de charge -. L'antiproton est stable dans le vide et ne se désintègre pas spontanément.

La rencontre d'un proton et d'un antiproton forme 2 mésons.

La rencontre d'un neutron avec un antiproton forme des mésons.

Les dernières études tendent à montrer que les protons peuvent prendre différentes formes suivant l'agitation des quarks qui les composent.

De la forme sphérique lorsqu'ils sont au repos, lorsqu'ils s'agitent ils déforment le proton, et ceci d'autant plus que leur vitesse se rapproche de celle de la lumière.

### ° Les neutrons :

Les neutrons forment, avec les protons, les noyaux des atomes. On les appelle aussi les nucléons.

Ils sont formés de 3 quarks : Deux quarks d (down) et d'un quark u (up).

Les neutrons sont des particules de charge neutre.

Masse d'un neutron =  $1.6 \times 10^{-24}$  g (très voisine de celle d'un proton).

Diamètre d'un neutron =  $10^{-13}$  cm (très voisine de celle d'un proton).

Le spin est =  $\frac{1}{2}$ .

Dans la transformation d'un neutron en proton, il y a éjection d'un négaton  $\beta^-$ .

Une fois expulsé du noyau, le neutron est instable et se désintègre pour former un proton, un électron et un neutrino.

L'antiparticule d'un neutron, appelée antineutron, a la même masse, le même spin et présente le même taux de désintégration bêta. Ces particules sont parfois

produites dans les collisions entre antiprotons et protons, et elles possèdent un moment magnétique égal mais opposé à celui du neutron.

### ° Les hypérons :

Les hypérons sont de très lourdes particules qui se désintègrent en protons et neutrons.

Leur spin =  $1/2$ , sauf  $\Xi = 3/2$ .

### - Les Mésons :

On distingue les mésons Pi ou pion ( $\pi$ ), kaon (k), D, Ds, B, mu ( $\mu$ ), thêta ( $\theta$ ), pi ( $\pi$ ), tau ( $\tau$ ), et x.

Les mésons sont constitués d'un quark et d'un antiquark.

Ils regroupent des particules légères.

Leur charge est +, - ou neutre.

Leur masse est quelques centaines de fois celle de l'électron. Certains ont une taille 1000 fois supérieure à celle de l'électron.

Le spin est = 0.

Ces particules sont très instables. Leur vie moyenne est de l'ordre du millionième de seconde.

Les mésons pi ( $\pi$ ) proviennent des chocs entre des nucléons.

Les mésons mu ( $\mu$ ) proviennent de la désintégration des méson pi ( $\pi$ ).

## LES LEPTONS

### Généralités :

Les leptons sont des particules fondamentales de spin demi-entier( $1/2$ ).  
Ce sont des particules légères.

On distingue trois types de leptons :

Les leptons électroniques, parmi lesquels on trouve l'électron, de masse égale à 0.5 MeV.

Les leptons muoniques, comme le muon, de masse 106 MeV.

Le lepton tau, de masse égale à 1 784 MeV.

A chacune de ces particules correspond un neutrino (particule non chargée) appartenant à la classe de la particule.

Contrairement aux hadrons, les leptons semblent être dépourvus de structure interne, c'est pourquoi on les classe dans les particules élémentaires.

La famille des leptons comprend donc :

- ° Les Electrons.
- ° Les Neutrinos (neutrino de l'électron, neutrino du muon, neutrino du tauon).
- ° Les Muons.
- ° Les Tauons.

### Les électrons :

Nous les avons déjà étudiés. Mais nous allons nous étendre un peu plus ici.

Les électrons sont des particules qui circulent à grande vitesse autour d'un noyau atomique.

La charge électrique est négative. Elle est  $= -1.6 \times 10^{-19}$  C (coulombs). On les appelle aussi les négatons.

La vitesse des électrons et leur distance par rapport au noyau sont variables suivant les différents atomes. Les électrons peuvent être répartis jusqu'à 7 couches autour du noyau, le nombre croissant avec la complexité du noyau.

La masse d'un électron est faible,  $= 9 \times 10^{-28}$  g. Elle est négligeable par rapport à celle du noyau (rapport 1/1836).

La dimension d'un électron est  $= 10^{-13}$  cm.

Son énergie est grande,  $= 0.5$  MeV (million d'électronvolts).

Le spin est =  $\frac{1}{2}$ .

Dans un atome, les électrons sont répartis au maximum sur 7 couches autour du noyau, le nombre croissant avec la complexité du noyau.

La première couche à partir du noyau peut en contenir au maximum 2, la deuxième 8, la troisième 18, la quatrième 32, etc.

A l'intérieur de chaque couche, ils sont répartis en sous-couches d'énergie potentielle. Les propriétés chimiques de l'atome découlent surtout de nombre d'électrons qui gravitent sur la dernière couche.

A la rotation de l'électron autour d'un noyau est toujours associé un champ magnétique perpendiculairement à son orbite.

De manière plus générale, le magnétisme, et en particulier l'aimantation de la matière, est la conséquence d'arrangements de spins des électrons.

Les électrons peuvent absorber et réémettre des photons d'où les phénomènes de couleur, fluorescence, phosphorescence, incandescence.

C'est le déplacement des électrons libres dans un conducteur qui est à l'origine du passage du courant électrique.

L'antiparticule de l'électron est le positon, qui se manifeste dans la radioactivité bêta, ou dans l'annihilation des rayons gamma par création de paires électron-positron.

Ce sont des électrons de charge électrique positive.

Leur durée de vie est de  $10^{-10}$  seconde.

La rencontre d'un positon avec un électron les annihile tous les deux.

La rencontre d'un positon et d'un négaton donne naissance à 2 photons.

### **Les neutrinos :**

Nous les avons déjà étudiés aussi. Mais nous allons nous étendre un peu plus ici.

Les neutrinos sont des particules immatérielles, électriquement neutre et de masse quasi nulle.

Le spin du neutrino est égal à  $\frac{1}{2}$ .

Ils naissent au cœur des étoiles et ils traversent toutes les matières. Ils sont en grand nombre dans l'univers. Ils se déplacent à la vitesse de la lumière.

La science pense que l'origine des neutrinos est dans des résidus de supernovae, ou dans des microquasars, ou dans le noyau des galaxies.

Neutron ----- proton +  $\beta^-$  + neutrino.

Proton ----- neutron +  $\beta^+$  + neutrino.

Lorsqu'un neutrino qui traverse la Terre, heurte une molécule, il se crée une autre particule, un muon, avec dégagement de lumière.

L'antiparticule du neutrino, ou antineutrino, est émise en même temps que l'électron de désintégration bêta à charge négative, alors que le neutrino est émis avec des positrons dans d'autres réactions de désintégration bêta. D'après certains scientifiques, dans une forme rare de radioactivité, la double désintégration bêta, deux neutrinos pourraient se combiner pour former une particule. Une autre sorte de neutrino à grande énergie, le neutrino muon, est produite en même temps que le muon au cours de la désintégration d'un pion. Lors de cette désintégration, une particule neutre est émise dans la direction opposée à celle du muon. Les chercheurs ont montré que cette particule correspond à un troisième type de neutrino, le neutrino tau.

### **Les muons :**

Ce sont des particules élémentaires de durée de vie très courte.

Le muon subit les interactions faibles, dont celles électromagnétiques.

Il est produit par la désintégration du pion ( $\pi$ ).

Il est issu de la désintégration de rayons cosmiques dans la haute atmosphère.

Les muons nous parviennent à raison de 10 000 particules/m<sup>2</sup>/mn, et pénètrent la matière 40 fois plus que les rayons X.

Les propriétés du muon sont celles de l'électron, à l'exception de la masse (environ 210 fois plus grande), voisine de celle du pion.

Le spin = 1/2.

### **Les tauons :**

Ce sont des particules élémentaires de durée de vie très courte.

Le tauon subit les interactions faibles et, comme toutes les particules chargées, les interactions électromagnétiques faibles.

Ses propriétés sont celles de l'électron, à l'exception de la masse qui est environ 3 500 fois plus grande.

Le spin = 1/2.

## LES BOSONS

### Définition :

Les bosons ont déjà été étudiés également, mais complétons les informations.

Les interactions sont véhiculées par des particules appelées Bosons.

Les bosons sont des particules indépendantes et indiscernables qui sont donc porteuses d'interactions.

Ils ont un spin entier ou nul.

Ils lient les fermions entre-eux. Ils ont tendance à s'agglutiner et à se superposer dans l'état de plus faible énergie.

Les particules bosons sont un million de milliards de fois plus lourdes que le proton.

Les 4 types de Bosons sont :

- Le Gluon, pour l'interaction nucléaire forte.
- Le Photon, pour l'interaction électromagnétique.
- Les Weakons, (bosons intermédiaires), ( $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$ ) pour l'interaction nucléaire faible.
- Les Gravitons, pour l'interaction gravitationnelle. (A voir car non prouvé).

### Les gluons :

Les gluons sont les bosons des forces nucléaires fortes. Ils collent les quarks entre-eux à l'intérieur des nucléons. Leur masse est nulle. Leur portée est courte.

### Les photons :

Les photons sont les vecteurs des forces électromagnétiques. Leur portée est infinie.

Les photons sont des particules de masse nulle, transportant l'énergie lumineuse. Cette énergie peut se traduire par de la lumière visible, mais également par un rayonnement électromagnétique non perceptible comme les rayons gamma.

Les photons se déplacent à la vitesse de la lumière ( $c$ ).

Leur énergie est  $W = h \times c/\lambda$ , avec  $h =$  constante de Planck =  $6.62 \cdot 10^{-34}$  J/s,  $c = 300\,000$  km/s, et  $\lambda =$  longueur d'onde).



Le spin est = 1.

Un faisceau lumineux est un flux de photons guidés par une onde électromagnétique.

### **Les Weakons ( bosons Z, W+, W- ) :**

Ces bosons, porteurs de l'interaction nucléaire faible, sont lourds. Leur portée est courte.

Les bosons Z ont les caractéristiques des photons, sauf pour la masse.

L'énergie d'un boson Z est = 90 GeV.

Le spin = 1.

### **Les gravitons :**

Les gravitons sont les bosons des forces gravitationnelles. Leur masse est nulle. Leur portée est infinie.