**CHAPITRE I LA CONSTITUTION DU NOYAU**

**I. Introduction**

L'expérience courante semble montrer que la matière peut être divisée à l'infini et que la seule limite à ce fractionnement est celle imposée par nos sens (yeux), par notre habileté ou par notre technologie.

Ce fractionnement illimité de la matière a été mis en doute dès l'Antiquité par les savants philosophes. Cette conclusion a aussi été celle des chimistes des siècles derniers : Lavoisier, Proust, Dalton .... Les réactions chimiques s'effectuant toujours dans des proportions pondérales définies confirment la structure discontinue de la matière. Pourtant, ce n'est que depuis un siècle environ que les faits expérimentaux ont confirmé leur hypothèse : la matière n'a pas une structure continue, toute opération de fractionnement s'arrêtera à sa structure élémentaire : l'atome.

La découverte des électrons (J.J. Thompson : 1897) puis les expériences de Rutherford (1911) montrent que le concept de l'atome, entité élémentaire de la matière, doit être revu. L'atome est formé de deux parties distinctes :

**I-1        Structure électronique et nucléaire, particules élémentaires**

L’atome est composé d’un noyau autour duquel tournent des électrons.

Le noyau est composé de neutron et de proton, qui sont des nucléons.

|  |
| --- |
| Atome    6447448  électron               noyau                        64748                                              Neutron      Proton |

            proton p+

            neutron n°

            électron e-

masse des particules élémentaires

mp ≈ mn ≈ 1830 me

mp ≈ mn ≈ 1,67.10-27 kg

me ≈9,1.10-31 kg

 La masse des particules élémentaires au repos est :

mp = 1,6726432.10-27 kg

mn= 1,6748882.10-27 kg

Charge des particules élémentaires

qp = - qe = e = 1,6.10-19 C

**I-2        Notation des nucléïdes**

On note **Z** le nombre de proton          **Z** est le nombre de charge

On note A le nombre de nucléon       **A** est le nombre de masse

On note **N** le nombre de neutron

                              X est le symbole du nucléïde.

On notera le proton le neutron et l’électron de la même manière :

           et 

Deux atomes ayant :

le même Z mais un A différent sont des isotopes

le même A mais un Z différent sont des isobares

le même N mais un Z différent sont des isotones

**Exemple :**

isotopes           

isobares           

isotones           

En nucléaire le symbole ne représente qu’un seul atome et non une mole d’atome.

**I-3        Principes fondamentaux**

I**-3-1          Équivalence masse énergie**

D’après la relation d’Einstein, à toute masse m0, il correspond une énergie :

E = m0 c2     avec c = 3.108 m.s-1               (1)

Il en résulte qu’une particule au repos possède une énergie, son énergie de masse au repos :

 **exemple :** calcule de la masse du deutérium à partir de la masse du proton et du neutron. La masse d’un noyau de deutérium est  : mD = 3,3445172.10-27 kg

 *Le noyau de deutérium est 1 2H =D ;il est composé d’un proton et d’un neutron*

*mp+mn= 3,3475314.10-27kg >* *mD = 3,3445172.10-27 kg*

*Dm =  -  0,0030142.10-27 kg*

*DE = - 2,71278.10-11 J           pour un atome*

*DE = -1,6330935.1013 j          pour 2g de deutérium*

**I-3-2          Conservation de la charge**

Dans toute transformation radioactive ou d’une réaction nucléaire, le nombre de charge se conserve.

**I-3-3          Conservation du nombre de nucléon**

Dans toute transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de masse, donc du nombre de nucléon.

**I-3-4          Conservation de l’énergie**

L’énergie existe sous diverses formes :

·      énergie cinétique ( ½ mv2 )

·      énergie potentielle  (EK, EL...)

·      énergie rayonnante (hn)

Si on considère un système de particules en interaction ce principe s’applique à l’ensemble du système, chaque particules possédant une énergie de masse au repos plus son énergie cinétique.

E = m0c2 + Ec = mc2                           (2)

m est la masse relativiste avec :

                                   (3)

             Þ                   m0 c2 = m c2- mv2

**I-3-5          Conservation de l’impulsion**

Une particule en mouvement a une impulsion ou quantité de mouvement :

P= m v

Au cours de l’interaction, l’impulsion totale du système est conservée. On en déduit la relation entre énergie et impulsion :

E2 = p2c2 + (m0c2)2                             (4)

*démonstration de la formule (4):*

(2)  ÞE = m0c2 + Ec = mc2

(3)  Þ 

       c2 \* ê           m02c2 = m2c2 - m2v2

   m2c4 = m02c4 + p2c2

                               E2 =  m02c4 + p2c2

**I-3-6          Dualité onde-corpuscule**

En 1905 Einstein montre que l’aspect ondulatoire de la lumière n’est pas la seule manifestation d’une onde électromagnétique. Il émet l’hypothèse qu’à toute onde électromagnétique de fréquence n, peut être associée une corpuscule : le photon dont l’énergie quantifiée est

En = hn = hc/l

où h est la constante de planck   h = 6,62.10-34 J.s et c = 3.108 m/s

 Pour le photon la masse est nulle, car il se déplace à la vitesse limite de la lumière, donc :

m0c2 = 0

E = pc

p = E/c = hn/c

 Il en résulte que les quanta de lumière ont une impulsion p dans la direction de la lumière.

Par analogie Louis de BROGLIE en 1924 émet l’hypothèse réciproque qu’à toute particule d’impulsion p est associée une onde de longueur d’onde

l = c/n = h/p = h/mv

**I-4        Grandeurs liées à l’atome**

**I-4-1          Longueur**

le diamètre d’un atome est de l’ordre de grandeur de l’angströme (Å)  ( 10-10 m)

Le Rayon de Bohr de l’atome d’hydrogène est rH = 0,59 Å

Le rayon du proton est de l’ordre du femtomètre ( 10-15 m)

Le rayon d’un noyau  lourd est d’environ 7 fm

Le rayon du noyau de l’atome varie en fonction du nombre de nucléon A :

R = R0. A 1/3   avec R0 = 1,2 fm

**I-4-2          Temps**

L’échelles de temps des phénomènes nucléaires est très étendu. Elle varie de 10-20s réaction nucléaire à 109 ans (désintégration nucléaire )

Dans la pratique on utilise l’unité la mieux adaptée au phénomène.

**I-4-3          Énergie**

L’unité d’énergie en nucléaire est l’électron-volt  (eV).

1 eV = 1,6.10-19 J        1 J = 0,625.10+19 eV = 0,625.10+13 MeV

**I-4-4          Masse**

L’unité légale de masse est le kg. Beaucoup trop grand pour les atomes :

(mp ≈ mn ≈ 1,67.10-27 kg)

On va donc utiliser des unités mieux adaptées :

     L’unité de masse atomique ( u )

1 u est le 1/12 de la masse d’un atome de carbone 12 ( 12C)

or une mole de carbone 12 a une masse de 12 g

donc  :



à chaque masse m0 peut être associée une énergie : l’énergie de masse

E = m0.c2         avec     c= 3.108 m/s E en joules m en kg

si E en MeV

1 MeV = 1,6.10-13 J    1 J = 0,625.1013  MeV

 Pour déterminer la masse en MeV.c-2 on calcule l’énergie de la masse m0 en MeV :

***exemple :*** *masse du proton au repos  mp = 1,67.10-27.kg*

*E = 1,67.10-27.9.1016 J*

**

*E = mp .c2*

*mp = 939,375   MeV.c--2*

Valeurs des masses  des particules élémentaires

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| masse en | u | MeV.c--2 |
| e- | 5,485.10-4 | 0,511 |
| p+ | 1,00727 | 938,28 |
| n0 | 1,00866 | 939,57 |
| u | 1 | 931,5 |
| a | 4,00150 | 3727,41 |

**Remarque**:

Le rapport $\frac{nombre de neutron}{nombre de proton}$ peut donner des indications sur la stabilité du noyau.

Si ce rapport ≈1, l’atome est stable ; s’il est > 1.5 l’atome est instable, il est radioactif

**Exemples**: Pour : 20 40Ca , $\frac{A-Z}{Z}=1$ atome stable

 Pour : 93237Np , $\frac{A-Z}{Z}$ = 1.55 atome radioactif