

## Chap 5 : L'atome et la mécanique de Newton : ouverture au monde quantique.

### I) Les forces newtoniennes :

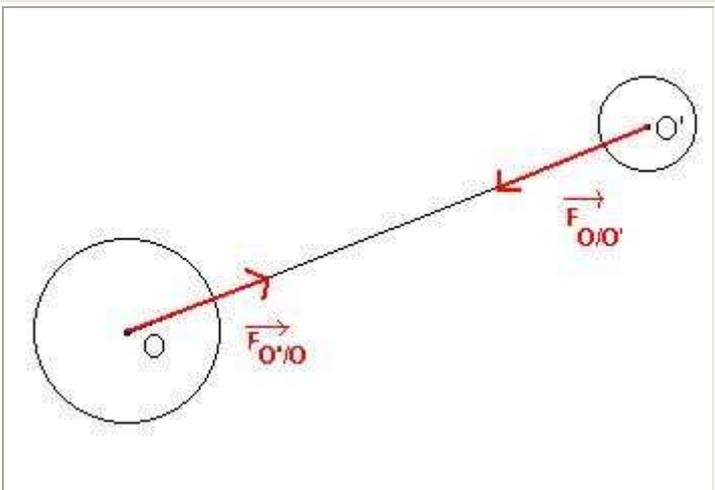
1) Force d'interaction  
gravitationnelle : *énoncée par  
Newton.*

Deux corps A et B, à répartition  
sphérique de masse, de masses  $m_A$   
et  $m_B$ , dont les centres sont séparés  
d'une distance  $r$ , exercent l'un sur  
l'autre des forces toujours  
attractives et de même valeur  $F$  :

$$F = G \times m_A \times m_B / r^2$$

$F$  en N,  $m$  en kg, et  $r$  en m

$G$  : constante de gravitation  
universelle =  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ .

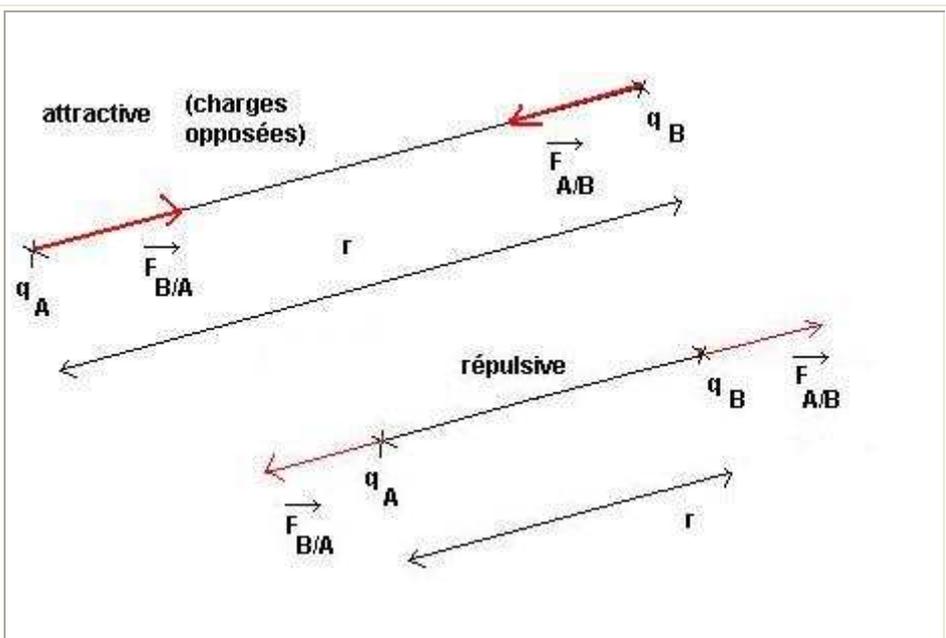


2) Force électrostatique : *énoncée  
par Coulomb*

Deux charges  
ponctuelles  $q_A$  et  
 $q_B$ , placées en A et  
B distants de  $r$ ,  
exercent l'une sur  
l'autre des forces  
de même valeur  $F$ ,  
répulsives pour des  
charges de **même  
signe**, attractives  
pour des charges  
de signes **contraire**.

$$F = k \times |q_A \times q_B| / r^2$$

$q$  en coulomb C,  $F$



en N, r en m

$k = 9.10^9$  SI pour le vide et l'air.

3) Comparaison des systèmes planétaires et des cortèges électroniques des atomes :

Points communs	Différences
<p>Valeurs des forces en <math>1/r^2</math></p> <p>Planètes se déplacent autour d'une étoile, satellites autour d'une planète,</p> <p>les électrons autour du noyau</p>	<p>Grande diversité de systèmes planétaires car tous les rayons orbitaux sont possibles : on peut placer un satellite à n'importe quelle altitude.</p> <p>Par contre tous les atomes d'un même élément ont le même rayon atomique</p>

Conclusion : La mécanique de Newton n'est pas utilisable à l'échelle atomique

II ) Echanges d'énergie au niveau atomique :

1) Expérience :

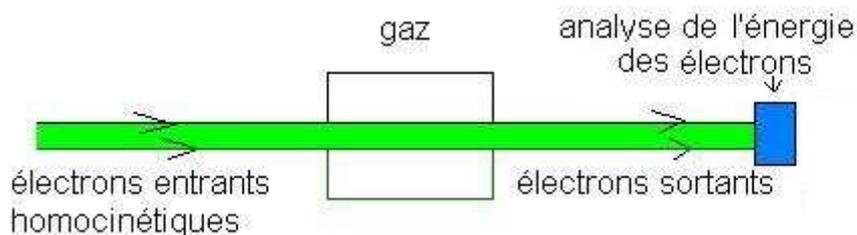
Les résultats de l'expérience ci-contre montrent que :

- certains électrons perdent de l'énergie en traversant le gaz.
- ces pertes d'énergie ne se font que par "paquets" appelés

quanta d'énergie (au singulier on

Cette expérience permet d'étudier les échanges d'énergie entre les électrons du faisceau entrant et les atomes du gaz.

(homocinétique = même vitesse)



dit un quantum)

Que peut-on en déduire sur l'énergie d'un atome?

Les "paquets" = quanta d'énergie perdus par les électrons ont été transférés aux atomes du gaz, donc les atomes ne peuvent absorber que des quantités d'énergie déterminées, que des quanta d'énergie.

**Un atome ne peut donc exister que dans certains états d'énergie bien définis, caractérisés chacun par un niveau d'énergie E. On parle de valeurs discrètes d'énergie. (idem pour les molécules)**

## 2) Niveaux d'énergie d'un atome :

Niveau  $n = 1$  : énergie la plus basse = atome dans son **état fondamental**.

Autres niveaux : l'atome est dans un **état excité**.

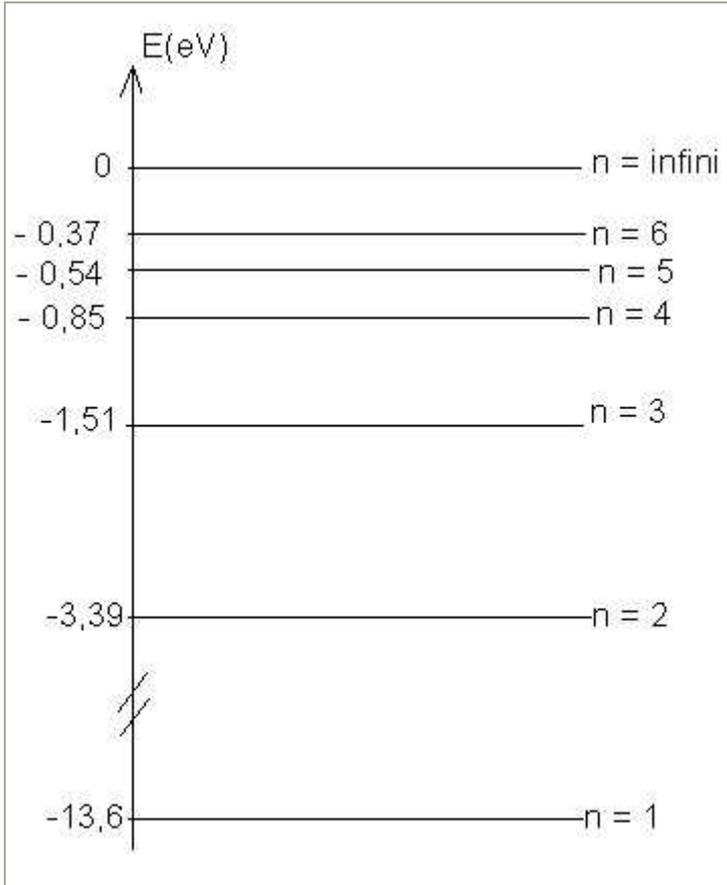
$n = \text{infini}$  ;  **$E = 0$  atome ionisé** (électrons et protons séparés) ce n'est plus un atome mais un ion.

Ces niveaux d'énergie sont caractéristiques des atomes du même élément chimique.

Ici il s'agit des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

**Le passage d'un atome, d'un état d'énergie à un autre s'appelle une transition.**

*Expliquez que l'axe est barré car l'échelle n'est pas respectée entre -13,6 et -3,39.*



## III ) Interprétation des spectres :

### 1) Rappels de seconde :

Le spectre de la lumière émise par la matière est un **spectre lumineux d'émission**.

Le spectre de la lumière ayant traversé une substance est un **spectre d'absorption**.

Il existe deux types de spectres : les spectres **de raies d'émission ou d'absorption** et les spectres **de bandes d'émission ou d'absorption**.

## 2) Interprétation des spectres :

Postulat de Bohr ( 1885-1962)

Lorsque l'énergie d'un atome passe d'un niveau d'énergie  $E_2$  à un niveau d'énergie  $E_1$  inférieur, il y a **émission** d'un quantum d'énergie **lumineuse**.

Ce quantum est transporté par des particules appelées **photons**. Un quantum d'énergie lumineuse associé à une radiation monochromatique (une seule longueur d'onde) de

fréquence  $\nu$  a pour valeur :

$$\Delta E = h\nu = E_2 - E_1$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

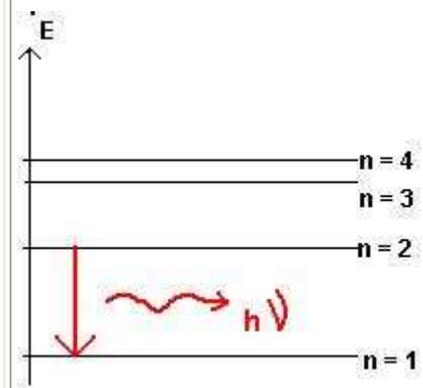
**! Energie en Joule**

$h$  = constante de Planck =  $6,62 \cdot 10^{-34}$  J.s

$\nu$  est la fréquence de la raie du spectre d'émission correspondant à cette transition électronique en Hz.

$c$  = célérité de la lumière dans le vide en  $= 3,00 \cdot 10^8$  m/s

la longueur d'onde " $\lambda$ " est en m

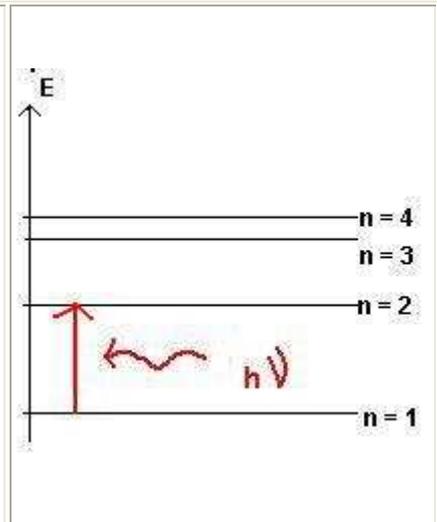


De même un atome peut passer d'un état d'énergie  $E_1$  à un état d'énergie  $E_2$  supérieur, en absorbant un quantum d'énergie lumineuse d'énergie :

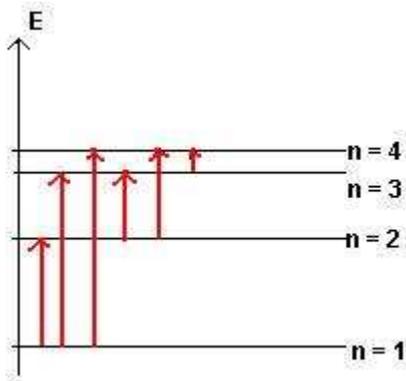
$$\Delta E = h\nu = E_2 - E_1$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$\nu$  est la fréquence de la raie du spectre d'absorption correspondant à cette transition électronique en Hz.



**ATTENTION :** Dans les exemples précédents il y a six transitions possibles (en fonction de l'énergie des photons)! Même chose pour l'émission.



**Remarque :** Dans un seul cas un atome peut absorber l'énergie des photons même si elle ne correspond pas à la différence d'énergie entre deux niveaux : c'est lorsque cette énergie permet de l'ionisation de l'atome.

Exemple : pour l'atome d'hydrogène dans l'état fondamental; un photon d'énergie supérieure à 13,6eV permet de l'ioniser.

3) Spectre d'absorption moléculaire :

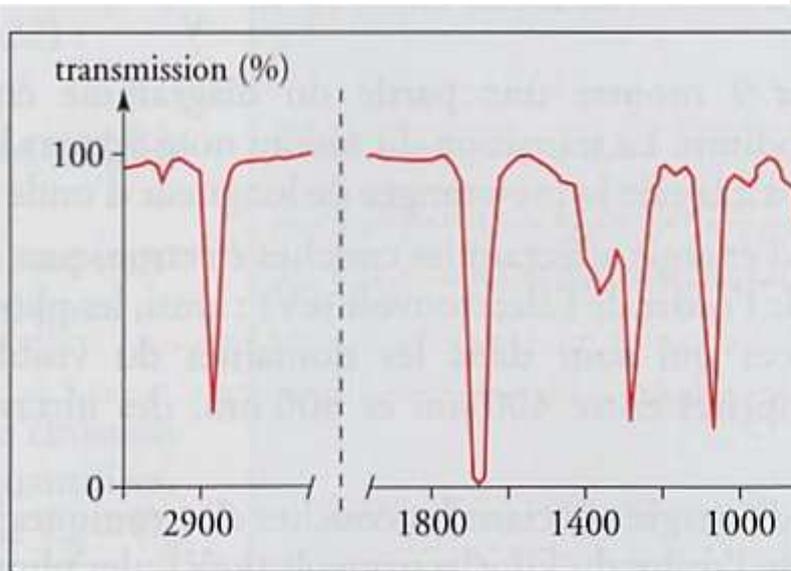
Formule de la butanone : CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-C=O



De quoi est constitué ce spectre?

de raies et de bandes d'absorption

Il est plus complexe que pour un atome: une molécule est faite de plusieurs atomes!!!



■ Doc. 12 Spectre d'absorption de la butanone.

En abscisse est porté  $\tau = \frac{1}{\lambda}$  (en  $\text{cm}^{-1}$ ).

Un pic d'absorption à  $2900 \text{ cm}^{-1}$  est caractéristique des liaisons C-H ; celui, vers  $1700 \text{ cm}^{-1}$ , est caractéristique de la liaison C=O.

Conclusion :

Le spectre d'absorption d'une molécule est un spectre de raies et de bandes: les niveaux d'énergie d'une molécule sont donc **quantifiés** (= ont des valeurs prévisibles).

#### 4) Exercices d'application :

a) Calculer en joules et en électronvolts, l'énergie contenue dans un quantum d'énergie lumineuse associé à une radiation monochromatique de longueur d'onde :  
 $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ .

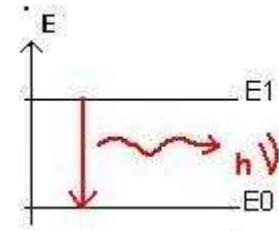
b) Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation lumineuse associée à la transition d'un atome de mercure du niveau d'énergie  $E_1 = -4,99 \text{ eV}$  au niveau fondamental d'énergie  $E_0 = -10,45 \text{ eV}$ . S'agit-il d'une émission ou d'une absorption? Cette radiation appartient-elle au domaine visible?

a)  $E = 3,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  **pour convertir des joules en eV, il faut diviser par  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ( $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ).** On obtient  $E = 2,3 \text{ eV}$

b)

Perte d'énergie : il y a émission d'un quantum d'énergie lumineuse

.....  $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,23 \mu\text{m}$  domaine des UV ( non visibles)



### ATTENTION

**Les transitions peuvent-être provoquées par des électrons et non des photons : dans ce cas il n'est pas nécessaire que l'énergie soit égale à l'énergie entre deux niveaux , mais elle doit être égale ou supérieure.**

**Un électron peut interagir avec un atome et l'exciter en lui fournissant seulement la quantité d'énergie nécessaire et l'électron garde le reste.**