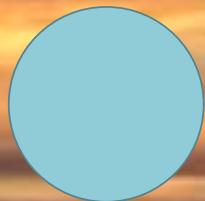


Atome : grain de matière



Atome
"indivisible"

"Chaque être subsiste jusqu'à l'instant où il reçoit un choc égal à la puissance qui unit ses principes. Rien ne s'anéantit et la destruction ne produit que la séparation des éléments ..."

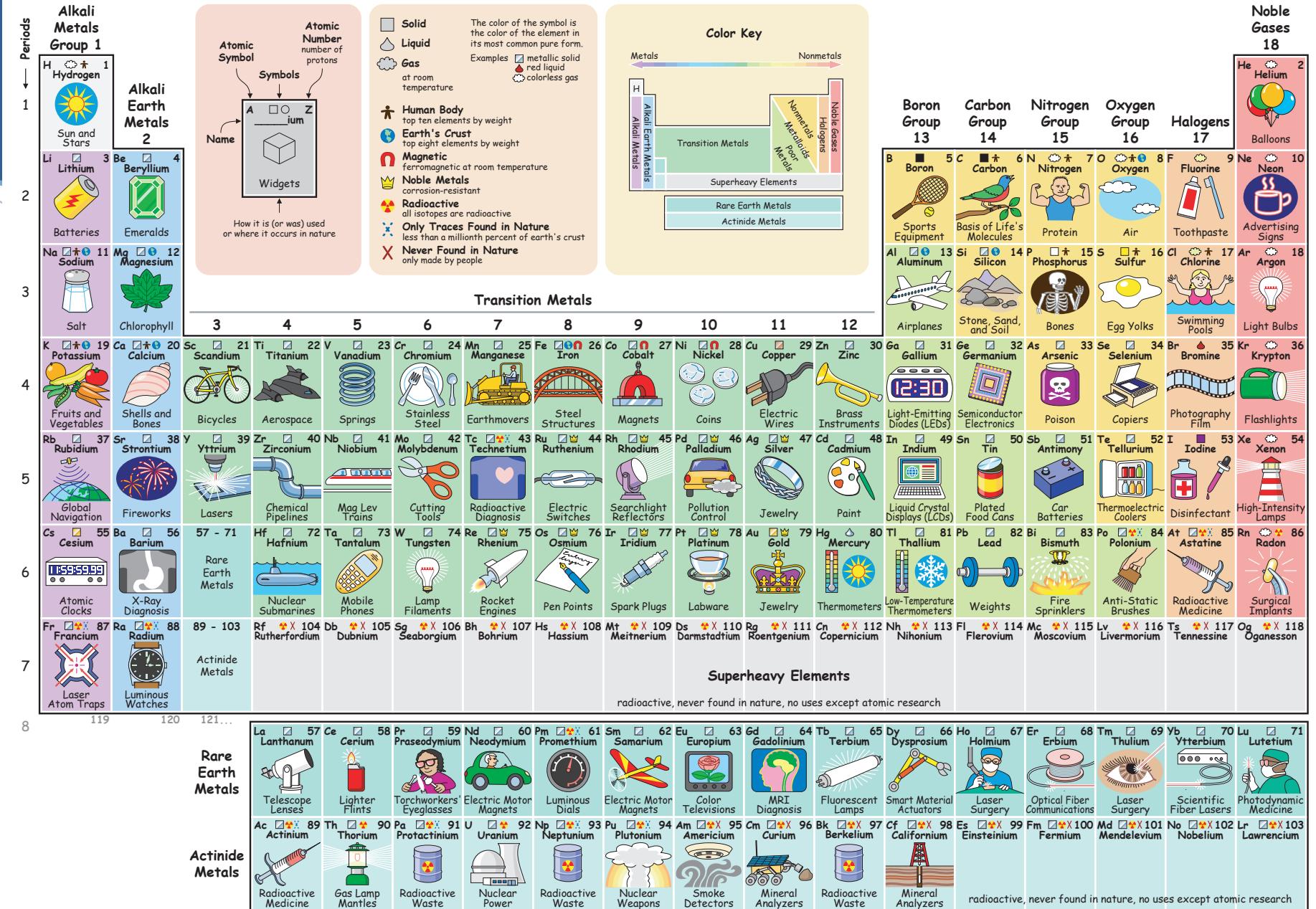
LUCRECE (98-55 AV J.C.)



eau, air feu ...

Côté infiniment petit ...

The Periodic Table of the Elements, in Pictures



elements.wlonk.com Copyright © 2005-2016 Keith Enevoldsen See website for terms of use.

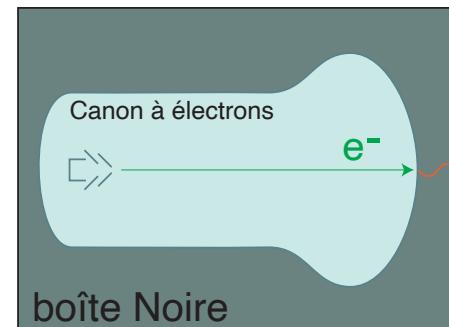
1895 - Découverte des rayon X

Wilhelm Röntgen, (1845-1923)

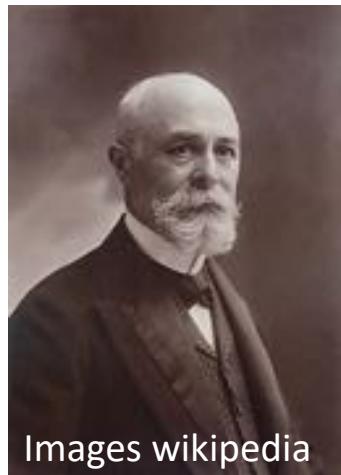
Nobel de physique 1901



Écran couvert de ZnS



1896 - Découverte de la radioactivité



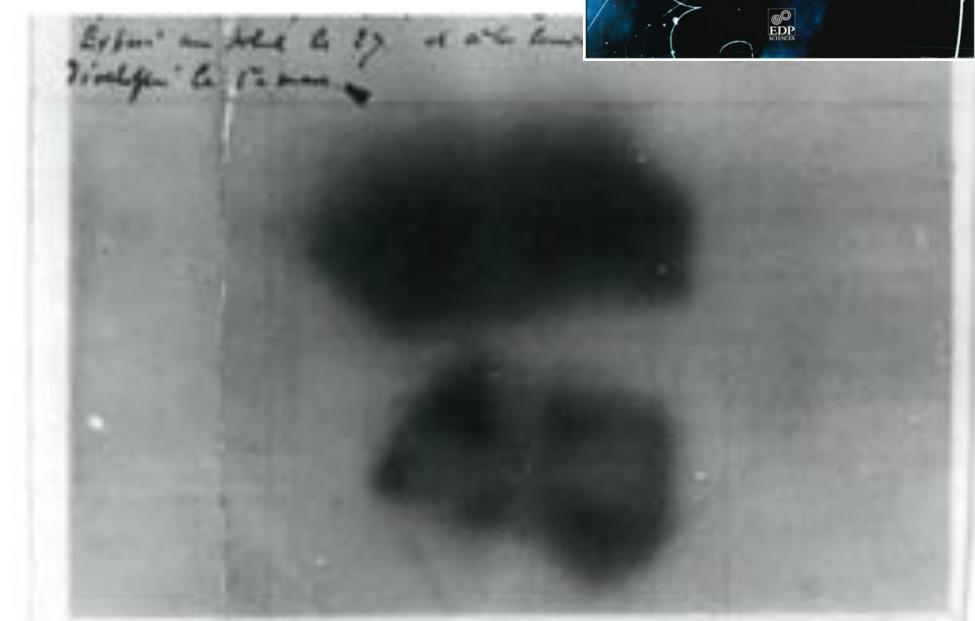
Images wikipedia

Antoine Henri Becquerel, (1852-1908)
Nobel de physique 1903

Il étudie des matériaux phosphorescents ...
seuls les sels uraniques
impriment le papier photo
et même s'ils n'ont pas
été préalablement soumis
à une lumière intense



Sel de l'uranium utilisé par Henri Becquerel pour la découverte de la radioactivité.



Photographie de "La Croix de Malte", impressionnée dans l'obscurité par les rayonnements provenant de l'uranium, et développée le 1^{er} mars 1896 par Henri Becquerel.

1896 - Découverte du radium et du polonium



Pierre et Marie Curie dans leur laboratoire à Paris (1900).

Marie Curie (1867-1934)

Nobel de physique 1903

Nobel de chimie 1911

Pierre Curie (1859-1906)

Nobel de physique 1903

Les rayonnements uraniques sont
+/- déviés par un champ électrique
& magnétique

rayons uraniques

- alpha,
- beta et
- gamma

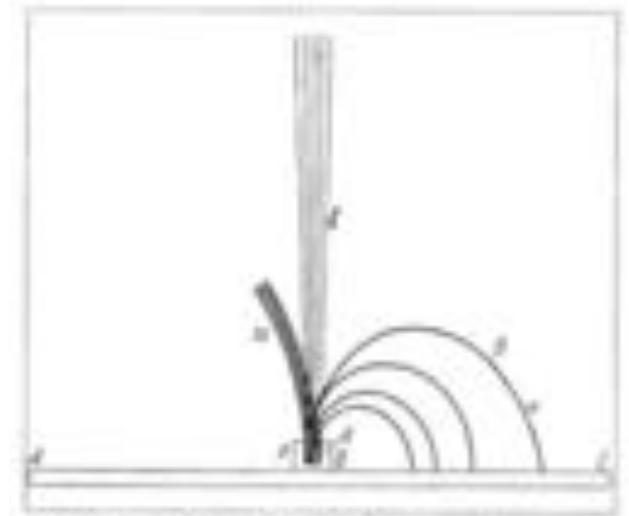


Schéma illustrant l'action d'un champ magnétique sur les rayonnements de radioactivité [Marie Curie, 1903].

Radioactivité et rayonnements

Radioactivité

Effet chimique ou physique ?

Avec quoi ?

Sources radioactive
électrodes + électromètres
écrans scintillants en ZnS
écrans absorbants (feuilles métalliques)

Caractéristiques / types de rayonnements ?

Rayonnements +/- Pénétrants ?

Rayonnements +/- Déviables ?

Loi de Geiger - Nuttal

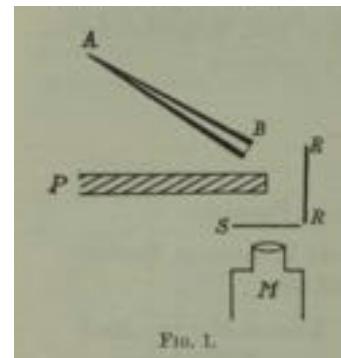


Fig. 1.

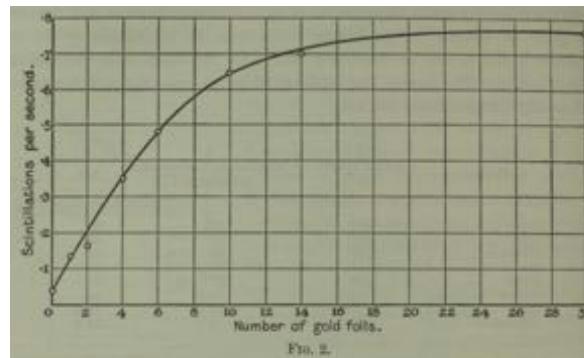


Fig. 2.

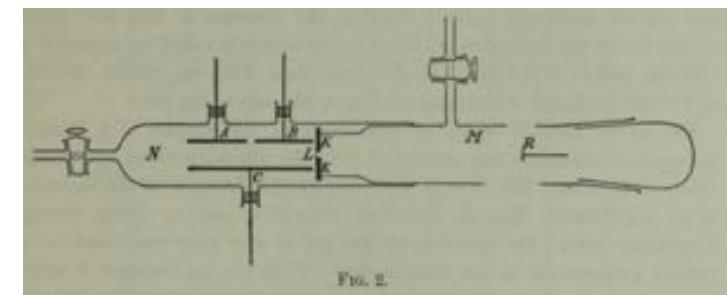


Fig. 2.

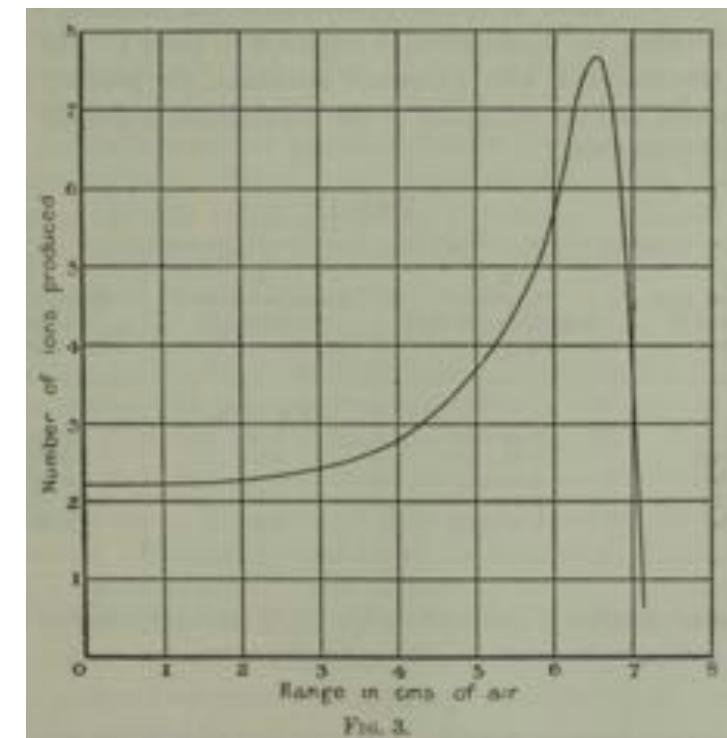


Fig. 3.

1. Metal.	2. Atomic weight, A.	3. Number of scintillations per minute, Z.	4. A/Z
Lead	207	62	30
Gold	197	57	34
Platinum	195	53	33
Tin	119	34	19
Silver	108	27	25
Copper	64	14.5	23
Iron	56	10.5	18.5
Aluminium	27	3.4	12.5

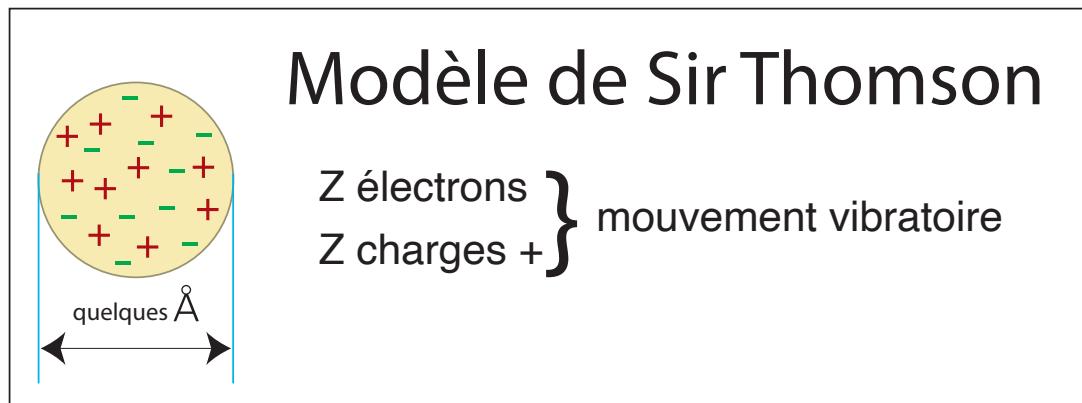
1897 - Découverte de l'électron

Sir Joseph John Thomson (1856-1940)
Nobel de physique 1906



Il observe des rayons cathodiques de masse et charge indépendant du métal de cathode.

On passe du grain de matière au « bain » de charges + et d'électrons



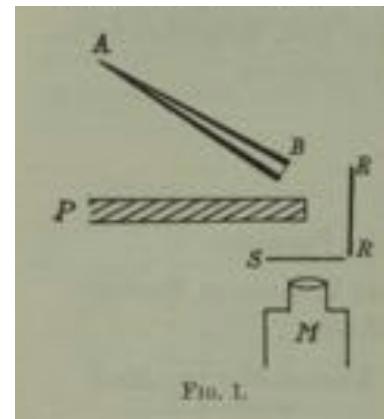
Atome
"divisible"

1908 - Expérience « de Rutherford »

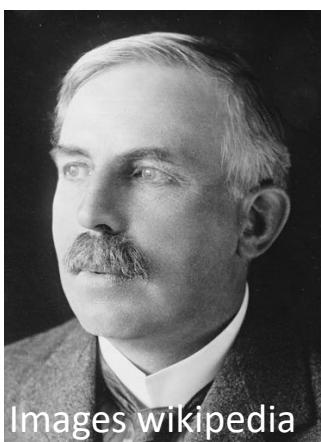


Images wikipedia

Hans Geiger
(1882-1945)



Ernest Marsden
(1889-1970)



Images wikipedia

Sir Ernest Rutherford (1871-1937)
Nobel de chimie 1908

On a Diffuse Reflection of the α -Particles.

By H. GEIGER, Ph.D., John Harling Fellow, and E. MARSDEN, Hatfield Scholar, University of Manchester.

(Communicated by Prof. E. Rutherford, F.R.S. Received May 19,—Read June 17, 1909.)

When β -particles fall on a plate, a strong radiation emerges from the same side of the plate as that on which the β -particles fall. This radiation is regarded by many observers as a secondary radiation, but more recent experiments seem to show that it consists mainly of primary β -particles, which have been scattered inside the material to such an extent that they emerge again at the same side of the plate.* For α -particles a similar effect has not previously been observed, and is perhaps not to be expected on account of the relatively small scattering which α -particles suffer in penetrating matter.†

In the following experiments, however, conclusive evidence was found of the existence of a diffuse reflection of the α -particles. A small fraction of the α -particles falling upon a metal plate have their directions changed to such an extent that they emerge again at the side of incidence. To form an idea of the way in which this effect takes place, the following three points were investigated :—

- (I) The relative amount of reflection from different metals.
- (II) The relative amount of reflection from a metal of varying thickness.
- (III) The fraction of the incident α -particles which are reflected.

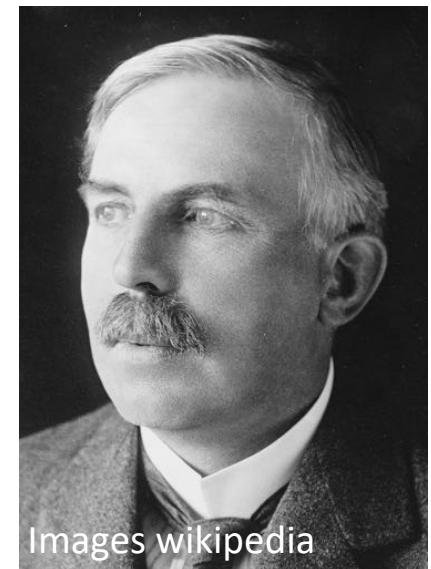
* See Schmidt, "Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik," vol. 5, p. 471, 1908.

† Rutherford, "Phil. Mag.", vol. 18, p. 143, 1909; H. Geiger, "Roy. Soc. Proc., A," vol. 81, p. 174, 1908.

Mise en évidence du noyau atomique en 1911.

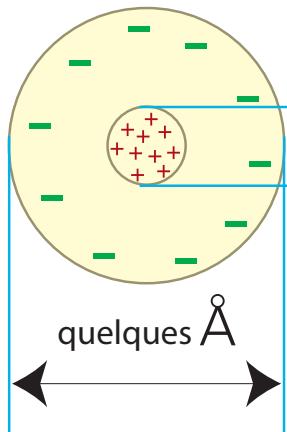
1908 - Expérience « de Rutherford »

Sir Ernest Rutherford (1871-1937)
Nobel de chimie 1908



Images wikipedia

Modèle de E. Rutherford



charge $+Z$ contenue dans une poche (noyau)
 Z électrons liés au noyau

C'est la mise en évidence du noyau atomique en 1911.

Rutherford E. Philosophical Magazine Series 6, 21 125 (1911) 669 – 688

Naissance de la physique nucléaire

Après la mise en évidence du noyau atomique...



Images wikipedia

Antonius van den Broek
(1870-1926)

Place d'un élément
dans la classification
= charge du noyau

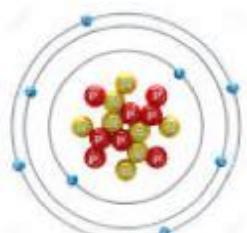
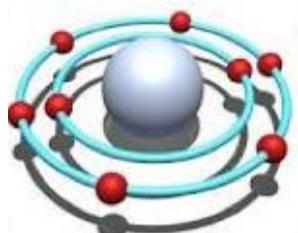


Images wikipedia

Henry Moseley
(1887-1915)

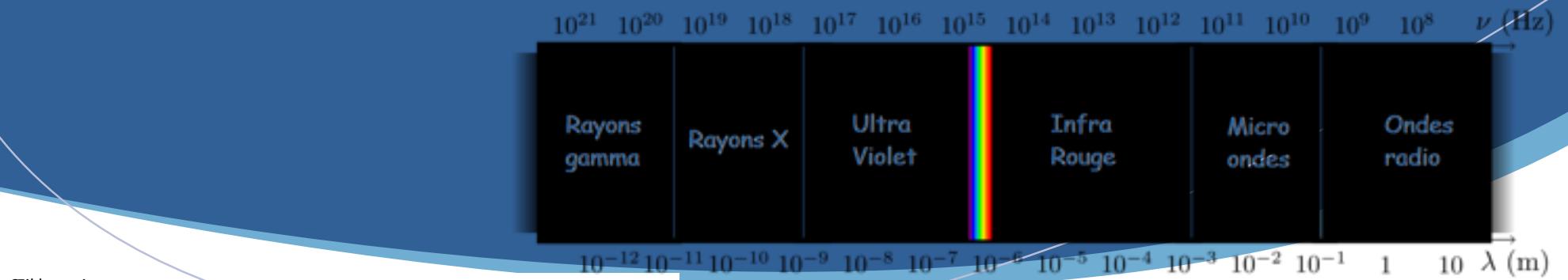
Il vérifie en 1913
cette hypothèse

la découverte du neutron ...

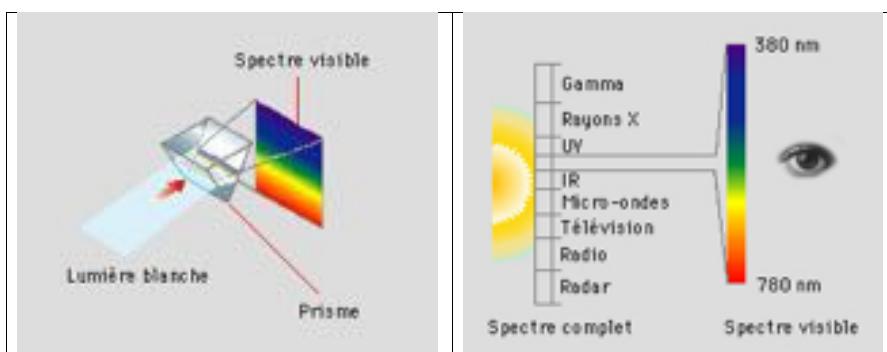


1. **Expériences de Walther Bothe et Herbert Becker (1930)**
alpha + Li, Be ou B —> rayonnement neutre et très pénétrant
rayons gamma ?
2. **Irène & Frédérique Joliot-Curie (1931)**
Ce rayonnement neutre est assez énergétique pour mettre en
mouvement des protons
3. **Sir James Chadwick (1932)**
refait ces expériences et conclut à l'existence du neutron

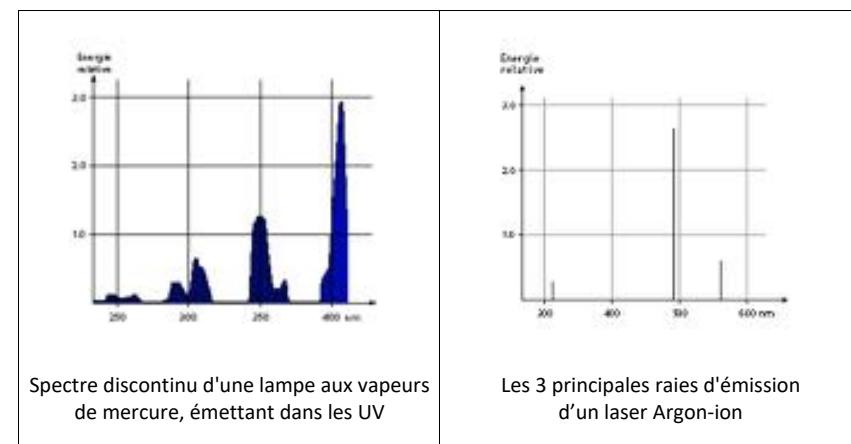
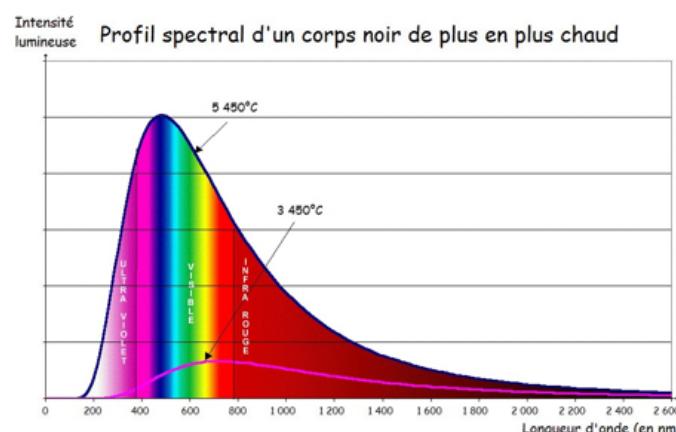
Observation de raies lumineuses



Spectre des fréquences

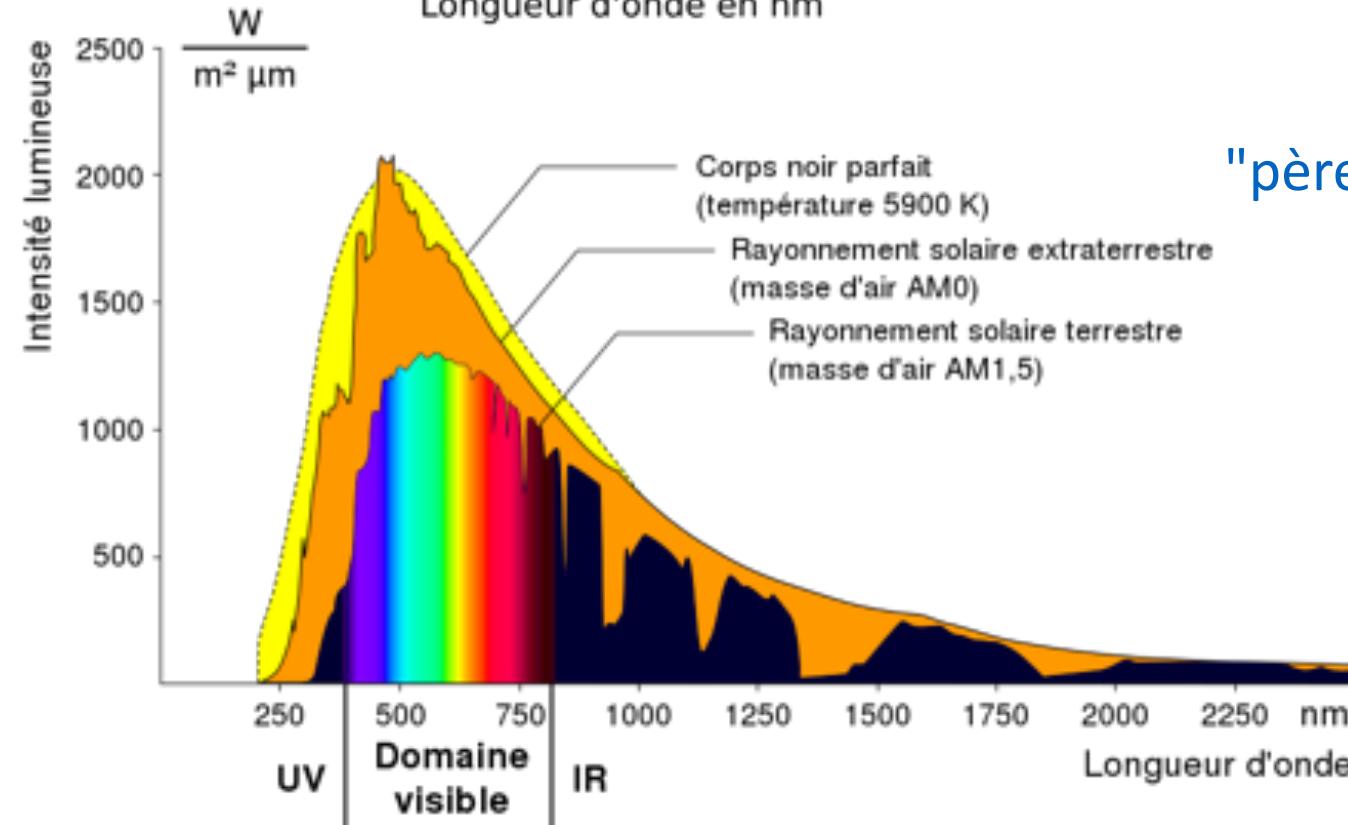
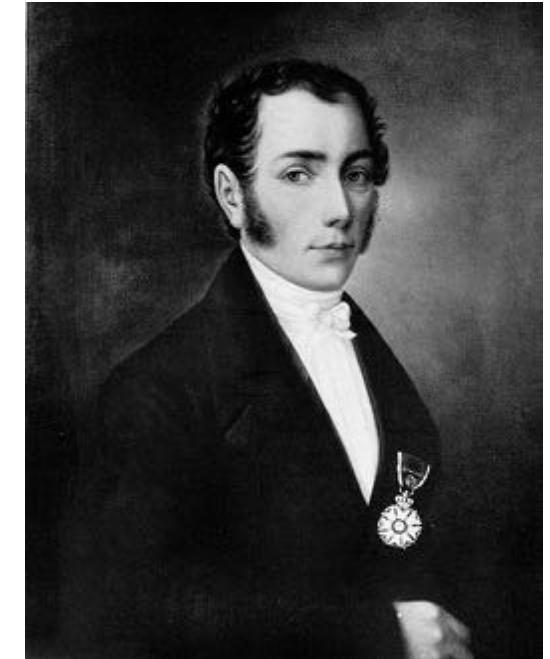
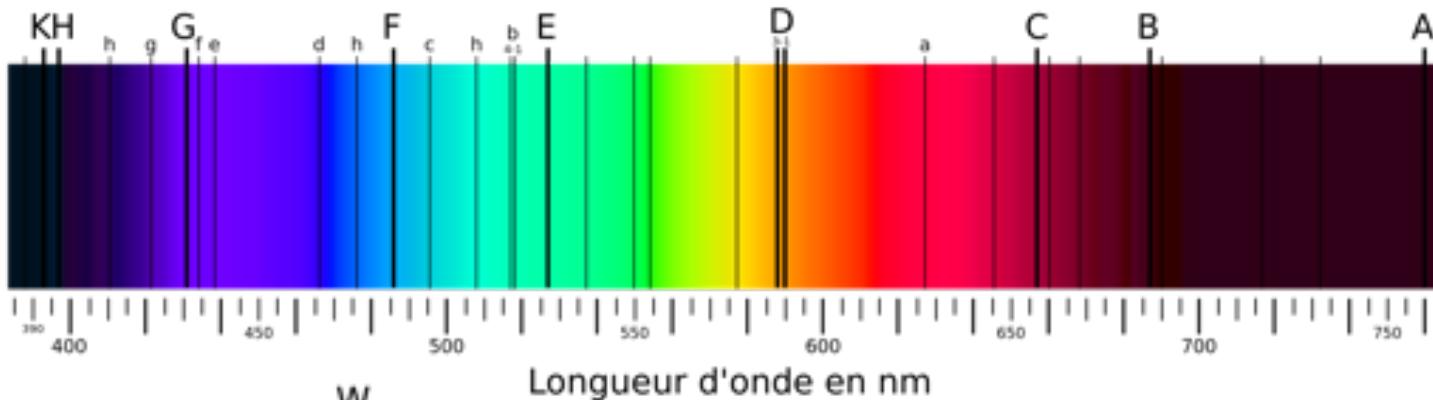


... notion de spectre visible



1814 Raies spectrales d'absorption ...

Joseph von Fraunhofer
(1787-1826)



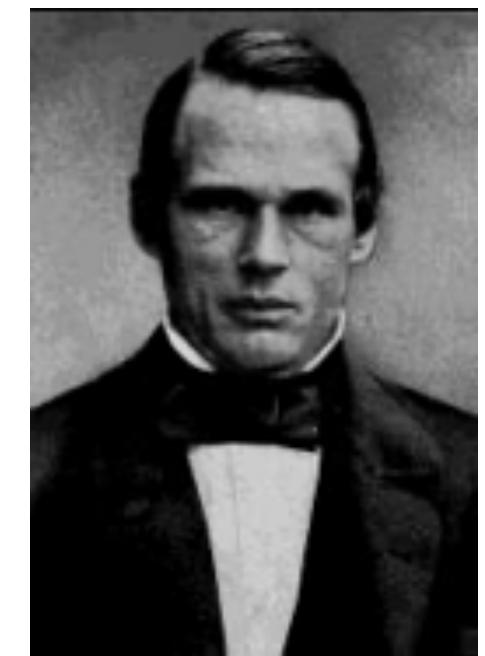
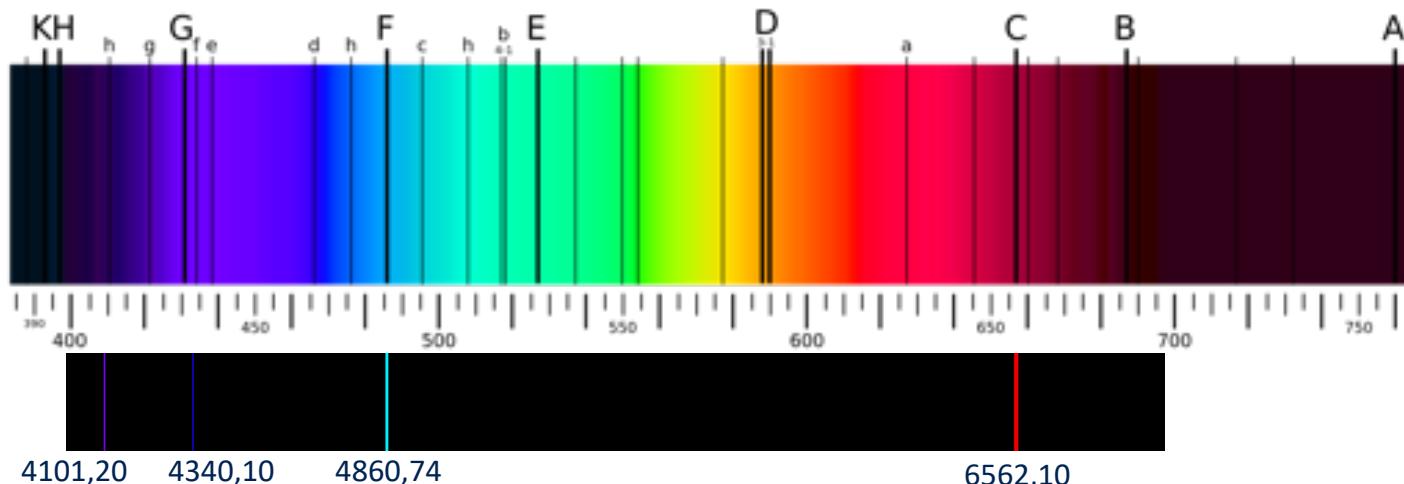
"père" de la spectroscopie

... le spectre
solaire est
continu, mais
a des franges
sombres ???

Exploitation des raies spectrales ...

Anders Jonnas Angström
(1814-1874)

En 1862 Angström reconnaît 4 raies de l'Hydrogène dans les raies de Fraunoffer du soleil ...



→ publié en 1868



Johan Jakob Balmer
(1825-1898)

En 1885 Balmer reconnaît que les 4 longueurs d'ondes forment une suite convergente :

$$H = 3645,6 \times m^2 / (m^2 - n^2)$$

avec $n=2$ et $m = 3, 4, 5, 6$

→ publié en 1881

Exploitation des raies spectrales ...

Johannes Rydberg
(1854-1919)



S'intéresse à l'irrégularité des poids atomiques
du tableau de Mendeleev

En 1888, il propose une nouvelle loi basée sur
la formule de Balmer

nde' formu $\frac{N_0}{(m_1 + c_1)^2}$ fin

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{(m_1 + c_1)^2} - \frac{1}{(m_2 + c_2)^2} -$$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$R_H = 1,097\,373 \dots \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

... loi qui marche ...

... mais physique incomprise !

Confirmé par les séries spectrales

- n=1 série de Théodor Lyman (1916)
- n=2 série de Balmer (1885)
- n=3 série de Friedrich Paschen (1908)
- n=4 série de Frederik Brackett (1922)
- n=5 série de August Pfund (1924)

Nature quantique de l'atome

Travaille avec Sir JJ Thomson
Rencontre E. Rutherford

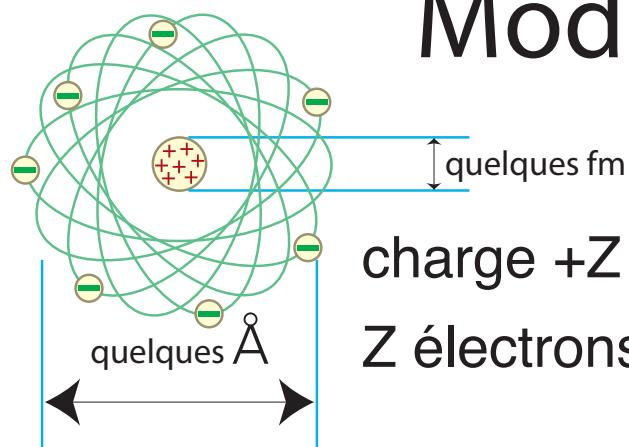
$$\ell = n \cdot hbar$$

En 1913, il publie son modèle planétaire,
prenant la "quantification" du moment
angulaire comme point d'entrée

Niels Bohr
(1885-1962)
Nobel de physique 1922



Modèle de Niels Bohr



charge +Z contenue le noyau
Z électrons sur des orbitales liées au noyau

Nature quantique de l'atome

Erwin Schrödinger
(1887-1961)
Nobel de physique 1933



Propose l'équation qui porte son nom

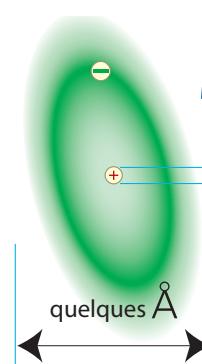
$$H |\Psi_n\rangle = E_n |\Psi_n\rangle$$

où

- H est le hamiltonien $H=T+V$

- E_n est l'énergie propre

- $|\Psi_n\rangle$ est la fonction d'onde



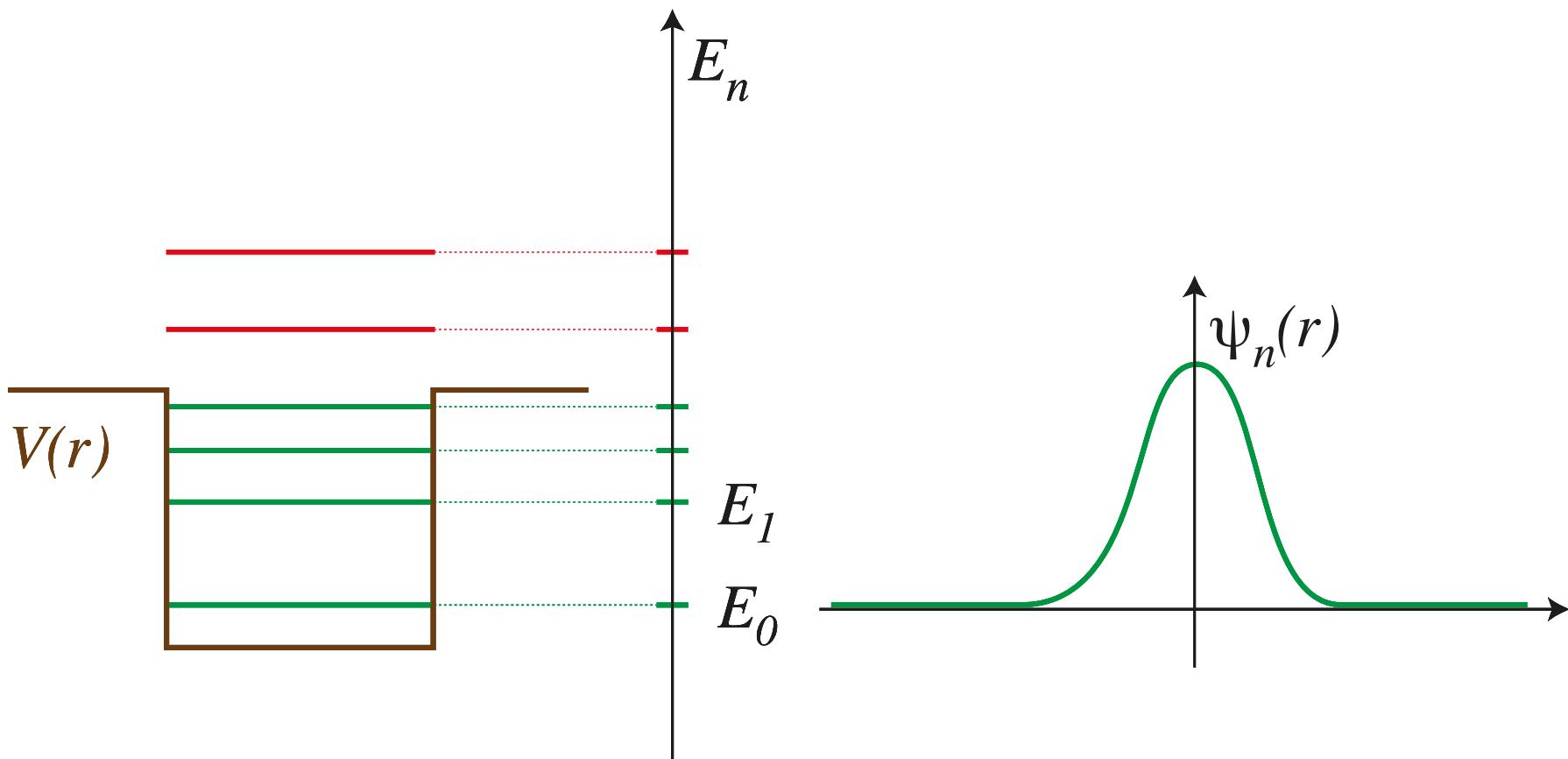
Modèle Atomique

La notion de trajectoire est remplacée par la notion de probabilité de présence

- électrons associés à des fonctions d'ondes
- charge + contenu dans le noyau quantique
- niveaux quantiques électroniques (discrets)

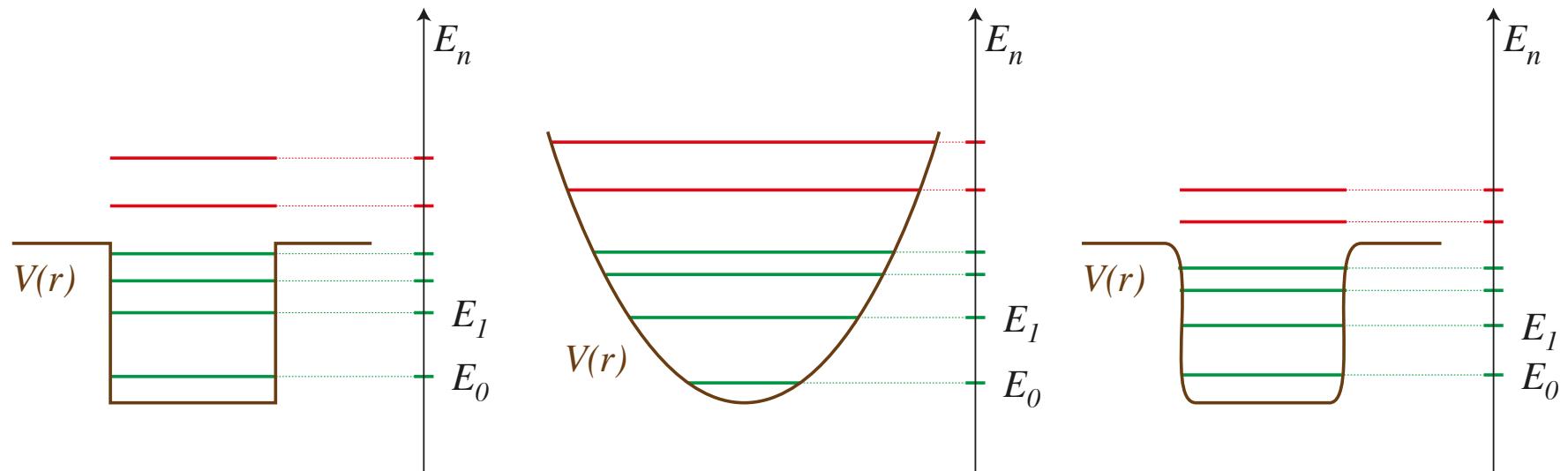
$$H/\Psi_n> = E_n/\Psi_n>$$

$$H=T+V$$



$$H |\psi_n\rangle = E_n |\psi_n\rangle$$

Quel potentiel $V(r)$ choisir ?



Il faut choisir entre simplicité et précision ...

$$H |\psi_n\rangle = E_n |\psi_n\rangle$$

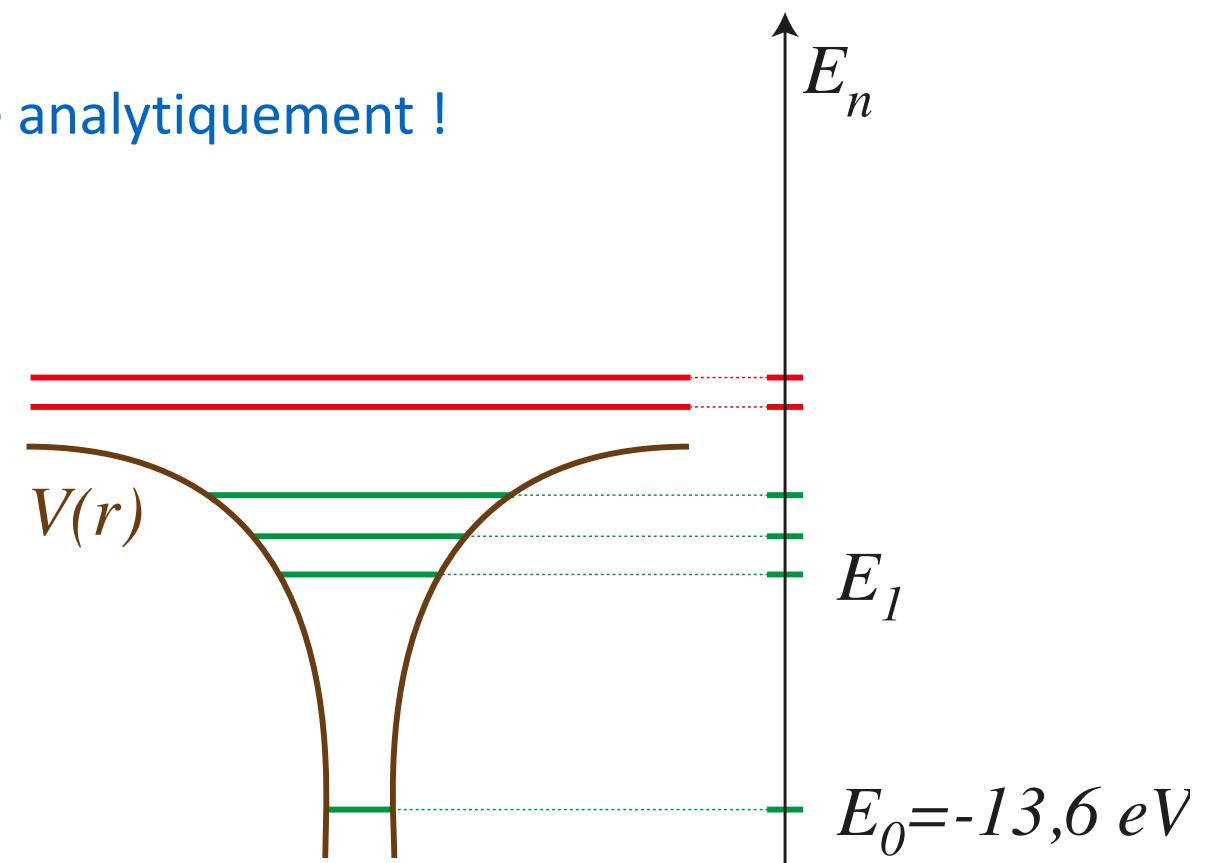
Atome d'hydrogène : soluble analytiquement !

$$\vec{F} = q \vec{\mathcal{E}}$$

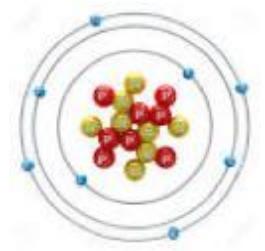
$$V(r) = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$E_n = \frac{I}{n^2}$$

$$\Delta E_{n,m} = E_n - E_m = I \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$



On retrouve la
formule de Rydberg



$$H / \Psi_n > = E_n / \Psi_n >$$

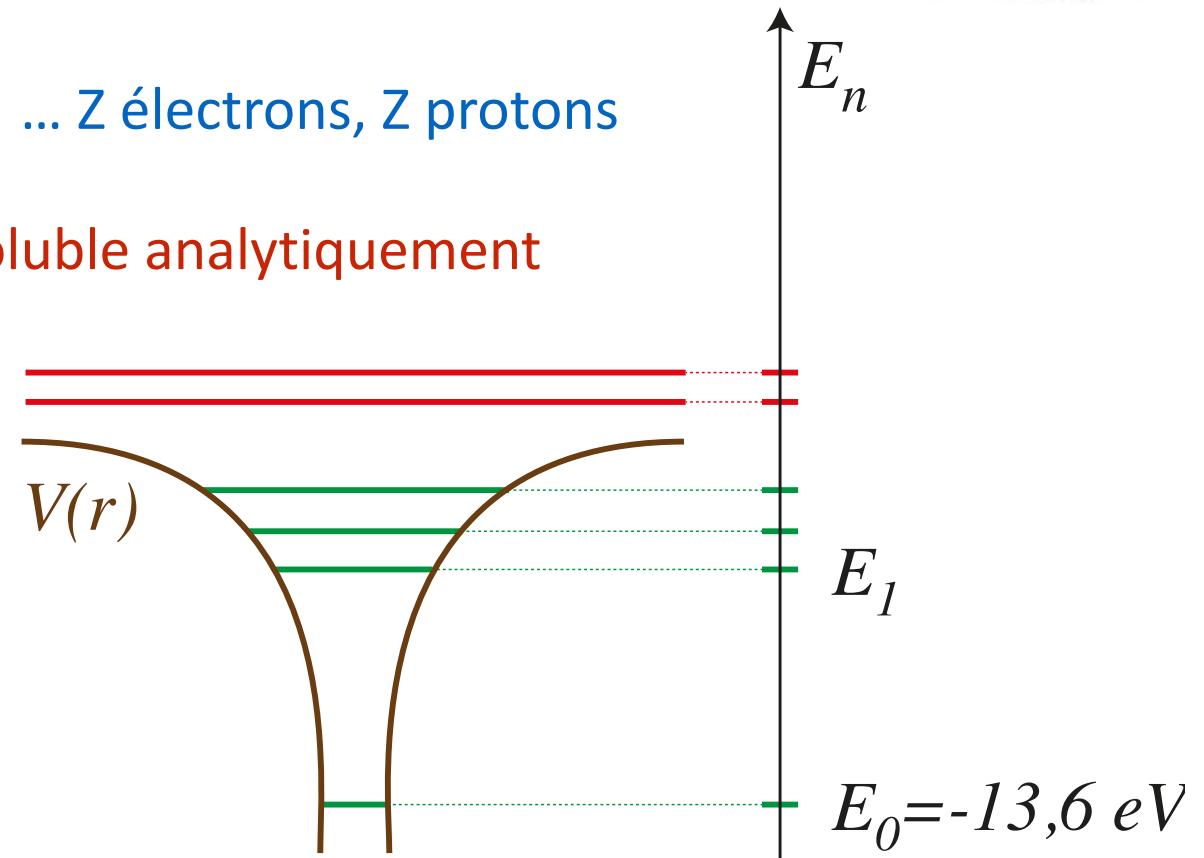
Atome d'hélium et au-delà ? ... Z électrons, Z protons

$$\ell = n \cdot \hbar$$

Plus soluble analytiquement

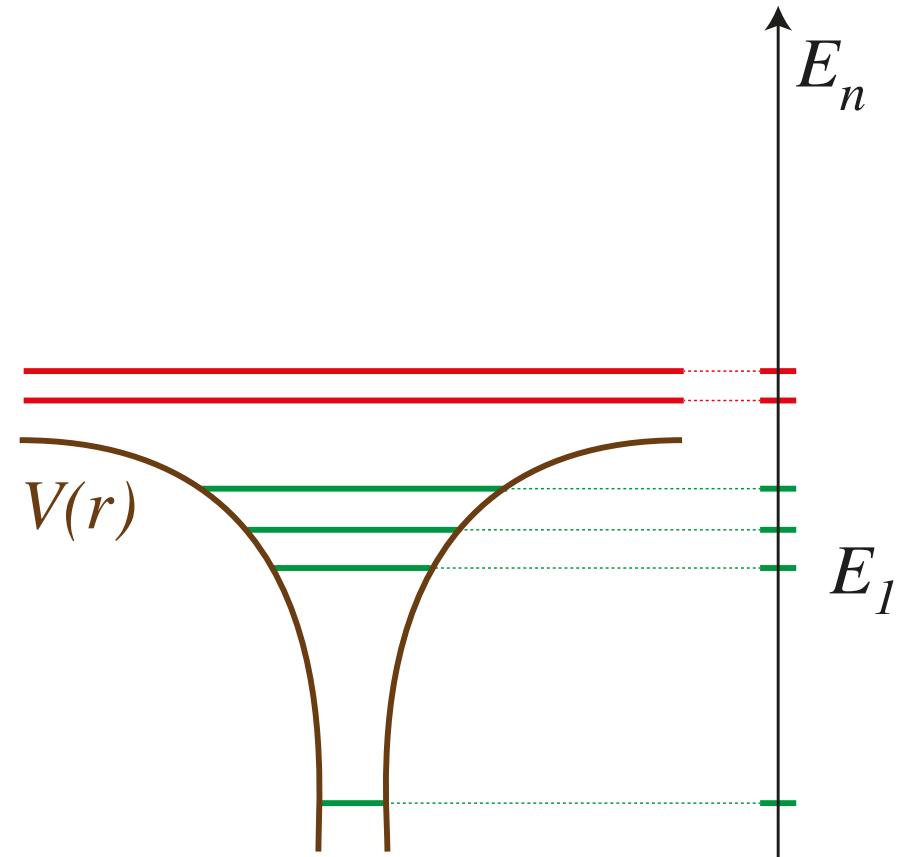
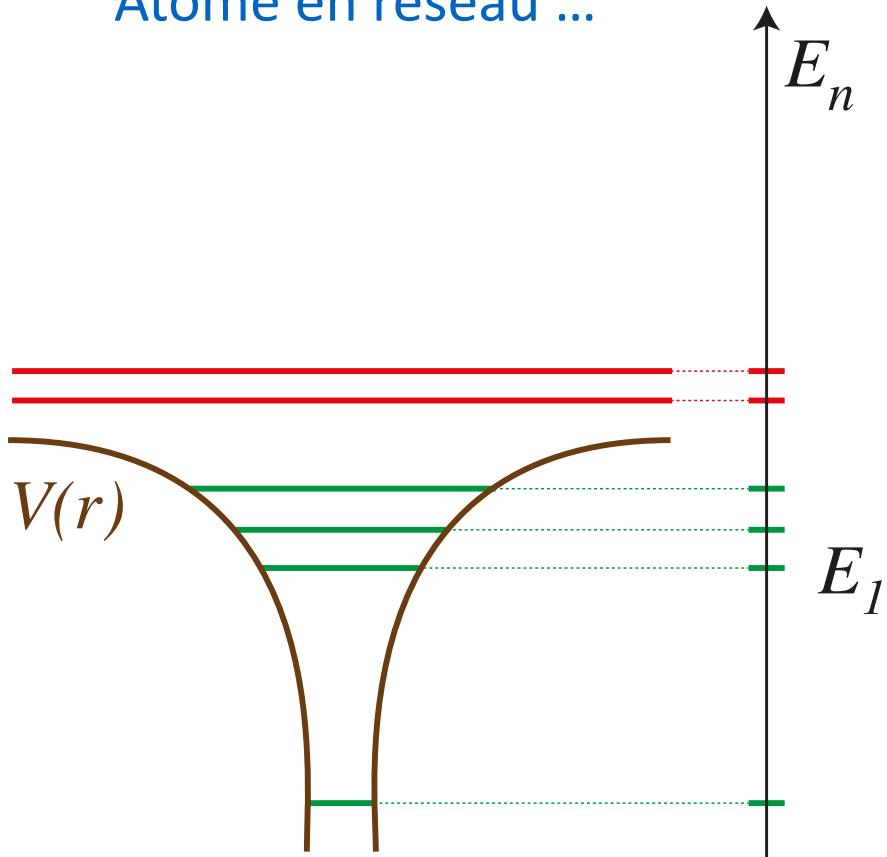
electron shells

name	l	$2l+1$	$2(2l+1)$
s	0	1	2
p	1	3	6
d	2	5	10
f	3	7	14
g	4	9	18



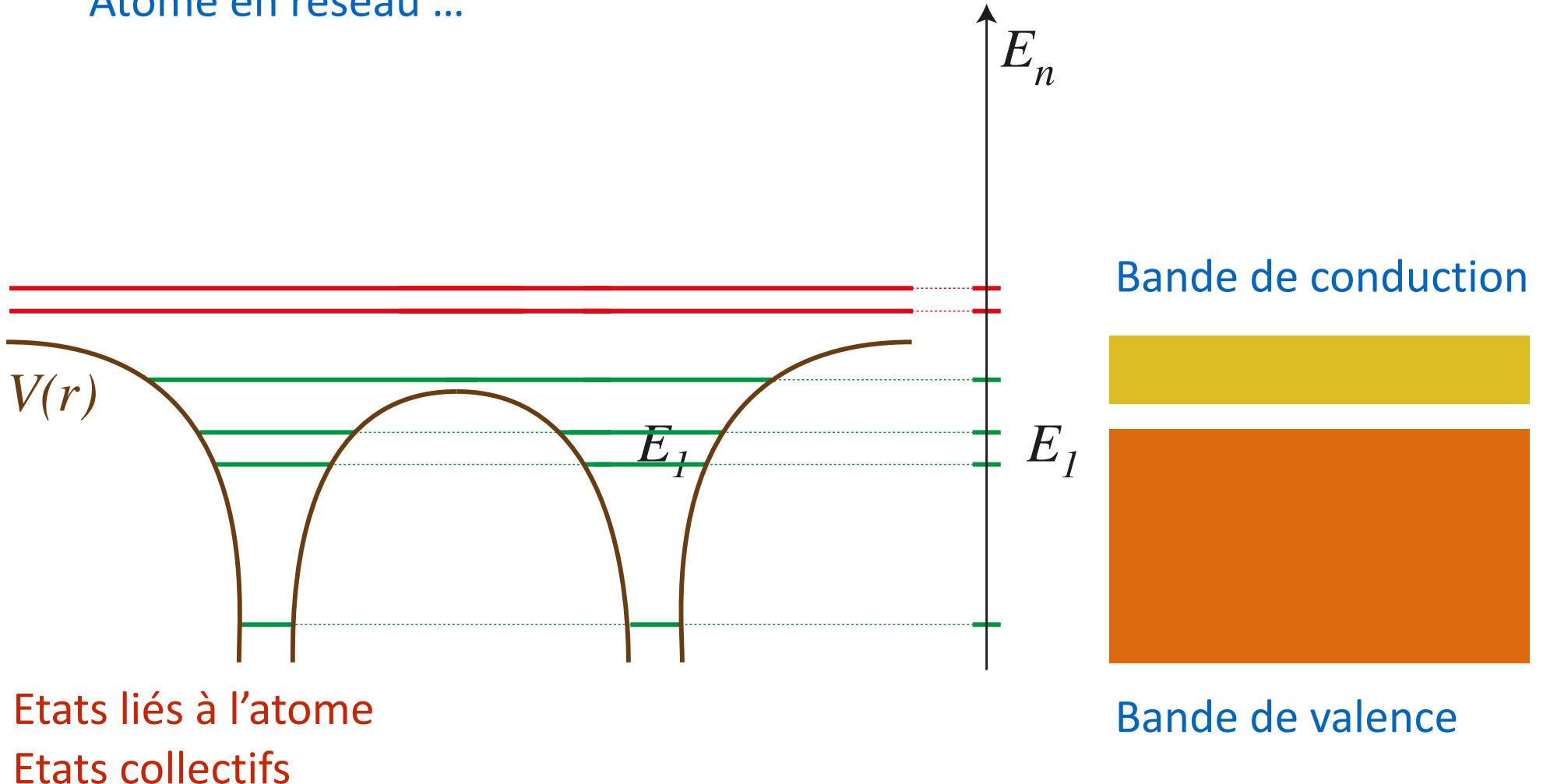
$$H / \Psi_n > = E_n / \Psi_n >$$

Atome en réseau ...



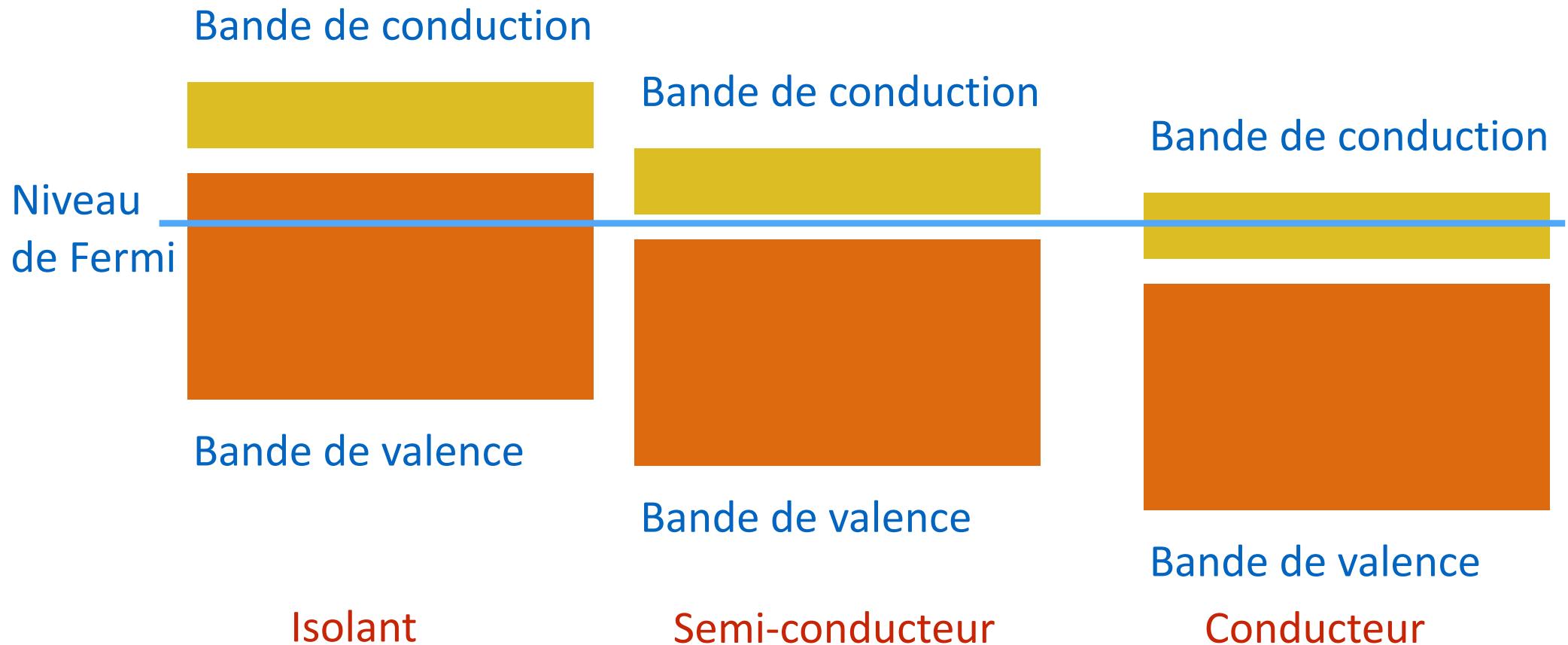
$$H / \psi_n \rangle = E_n / \psi_n \rangle$$

Atome en réseau ...



$$H / \psi_n > = E_n / \psi_n >$$

Atome en réseau ...

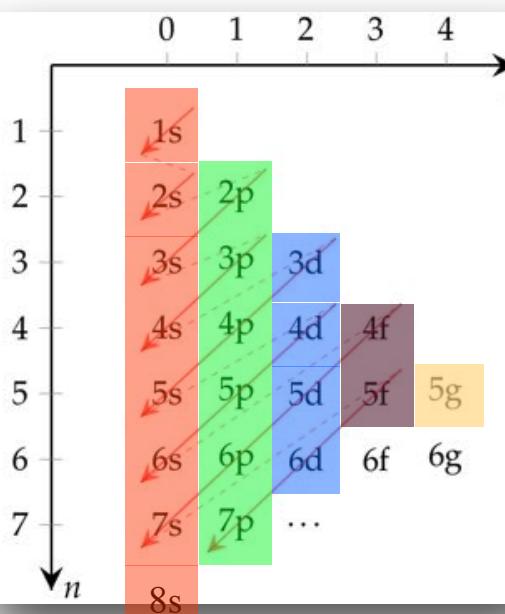


Periodic table of elements

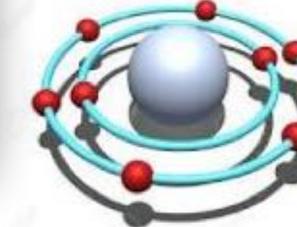
electron shells

name	l	2l+1	2(2l+1)
s	0	1	2
p	1	3	6
d	2	5	10
f	3	7	14
g	4	9	18

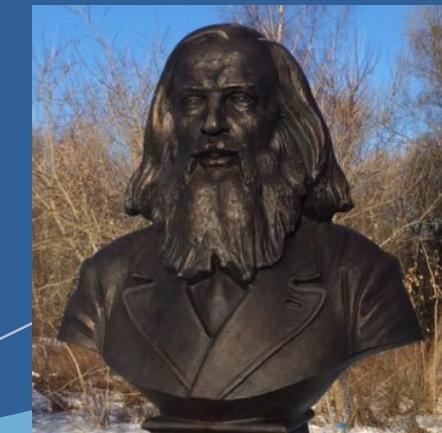
+ Klechkovski filling rule



+ exceptions ...



We celebrate in 2019
the 150 anniversary



IUPAC Periodic Table of the Elements

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
H hydrogen [1.0078, 1.0082]	Be beryllium [9.0122]	Li lithium [6.938, 6.997]	Mg magnesium [24.304, 24.307]	Na sodium [22.990]	Ca calcium [40.078(4)]	Sc scandium [44.956]	Ti titanium [47.867]	V vanadium [50.942]	Cr chromium [51.996]	Mn manganese [54.938]	Fe iron [55.845(2)]	Co cobalt [58.933]	Ni nickel [58.693]	Cu copper [63.546(3)]	Zn zinc [65.38(2)]	Ga gallium [66.973]	Ge germanium [72.630(8)]	As arsenic [74.922]	Se selenium [78.971(8)]	Br bromine [79.904]	Kr krypton [83.798(2)]
Rb rubidium [85.468]	Sr strontium [87.62]	Y yttrium [88.906]	Zr zirconium [91.224(2)]	Nb niobium [92.906]	Mo molybdenum [95.95]	Tc technetium [101.07(2)]	Ru ruthenium [102.91]	Rh rhodium [106.42]	Pd palladium [107.67]	Ag silver [112.41]	Cd cadmium [114.82]	In indium [118.71]	Sn tin [121.76]	Sb antimony [127.60(3)]	Te tellurium [126.90]	I iodine [131.29]	Xe xenon [131.29]				
Cs caesium [132.91]	Ba barium [137.33]	La lanthanoids [174.97]	Lu lutetium [178.49(2)]	Hf hafnium [180.95]	Ta tantalum [183.84]	W tungsten [186.21]	Re rhenium [190.23(3)]	Osmium [192.22]	Rh iridium [195.08]	Pt platinum [196.97]	Au gold [200.59]	Hg mercury [204.38]	Tl thallium [204.38]	Pb lead [207.2]	Bi bismuth [208.98]	Po polonium [208.98]	At astatine [212.00(3)]	Rn radon [212.00(3)]			
Fr francium [119]	Ra radium [120]	Lu lanthanum [138.91]	Rf rutherfordium [140.12]	Db dubnium [140.91]	Sg seaborgium [144.24]	Bh bohrium [150.36(2)]	Mt meitnerium [151.96]	Rg roentgenium [157.25(3)]	Ds darmstadtium [158.93]	Cn copernicium [162.50]	Nh nihonium [164.93]	Fl flerovium [167.26]	Mc moscovium [168.93]	Lv livermorium [173.05]	Ts tennessine [173.05]	Og oganesson [173.05]					
uun [232.04]	ubn [231.04]	uba [238.03]	pa protactinium [238.03]	u [238.03]	np neptunium [238.03]	pu plutonium [240.00]	am americium [241.00]	cm curium [242.00]	bk berkelium [243.00]	cf californium [244.00]	es einsteinium [247.00]	fm fermium [249.00]	md mendelevium [251.00]	no nobelium [252.00]							

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2 018.
Copyright © 2 018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



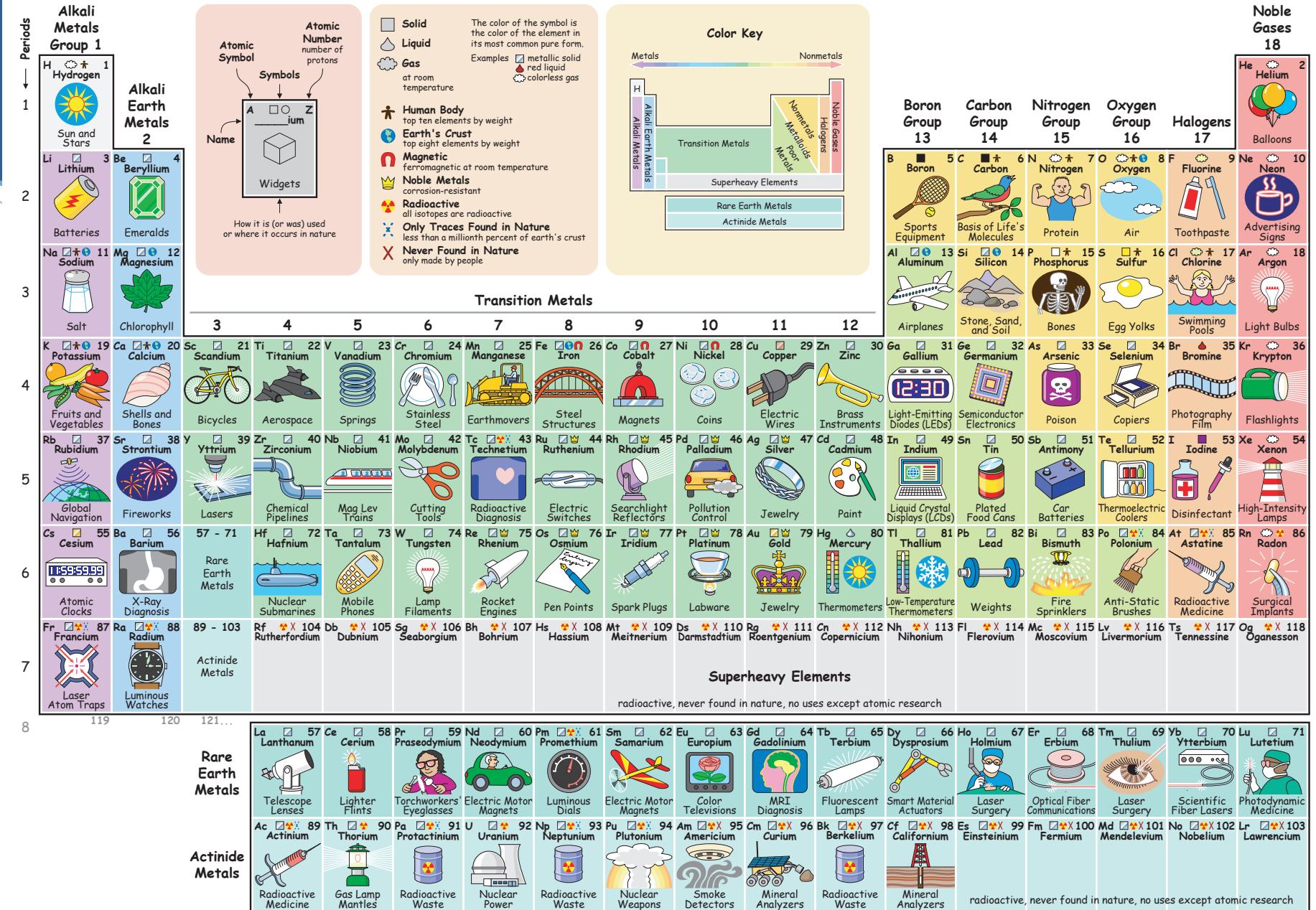
INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



The Periodic Table of the Elements, in Pictures



elements.wlonk.com Copyright © 2005-2016 Keith Enevoldsen See website for terms of use.