

Les particules élémentaires



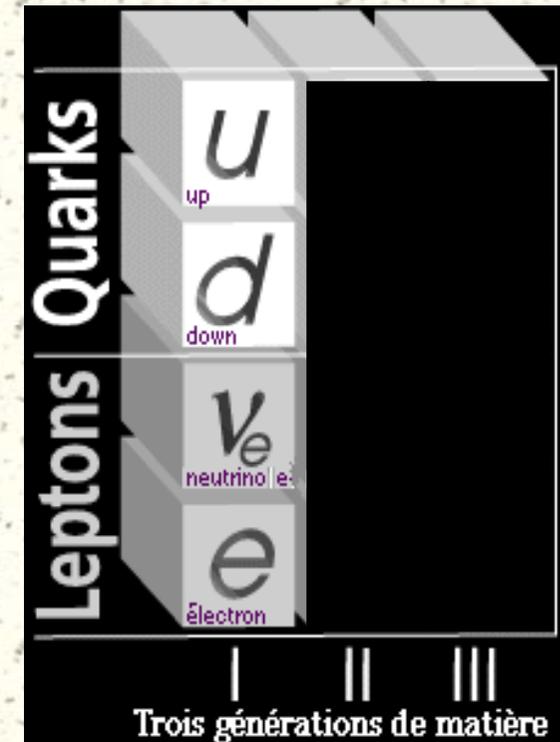
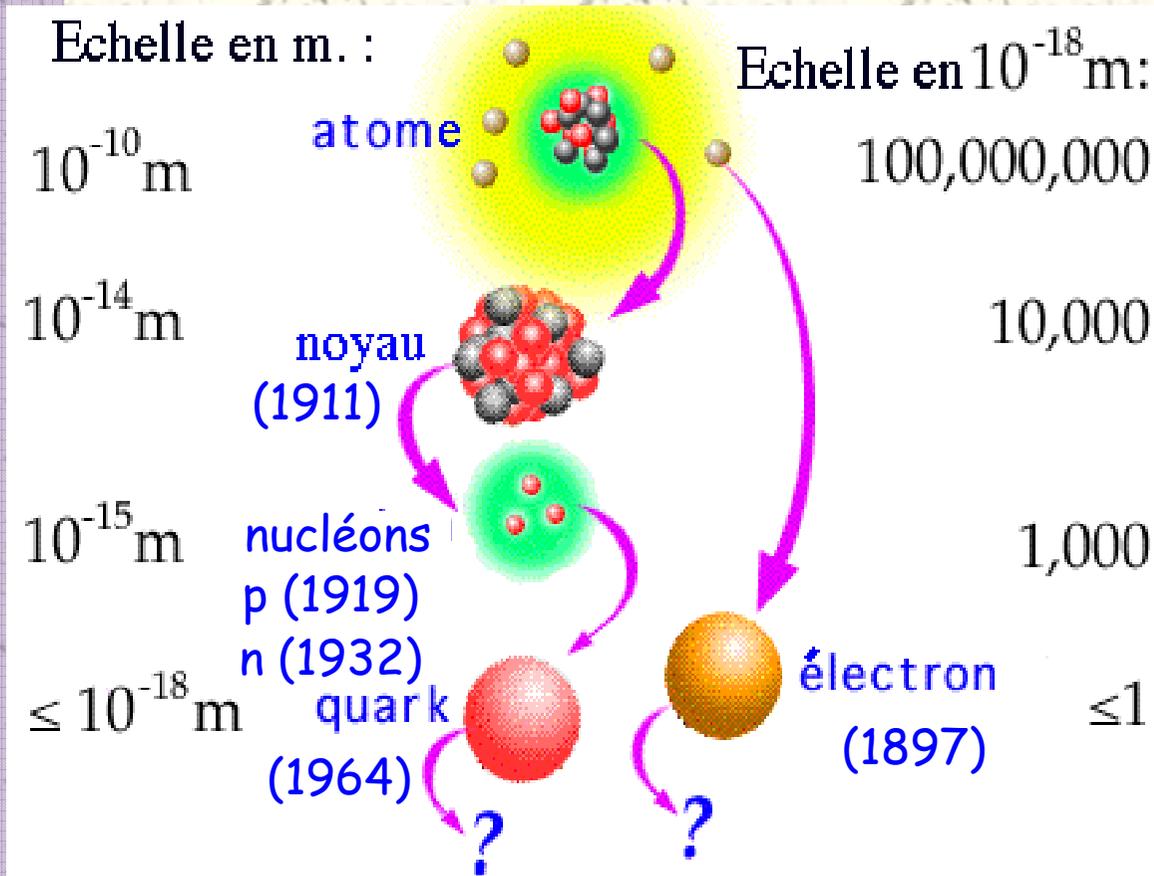
Histoire de leur découverte

Particules et interactions

- # L'histoire de la physique des particules est une succession de :
 - Découverte de nouvelles particules par les expérimentateurs
 - À l'intérieur de celles qui étaient élémentaires (atomes → noyaux → nucléons → quarks)
 - Ailleurs (rayons cosmiques, accélérateurs...)
 - Modélisation de leurs interactions par les théoriciens (prédiction de particules)
 - Quelles sont les lois qui régissent l'univers ?
 - Quelles sont les interactions entre particules ?

Les particules modernes

Vers l'infiniment petit...



+ Antimatière

Quatre interactions fondamentales...

... véhiculées par particules médiatrices

- **Électromagnétisme** ★ Photon
Maxwell (1873) Dirac (1927)
- **Interaction forte** ★ 8 gluons
Chadwick (1921) Gell-Mann & Co (1973)
- **Interaction faible** ★ $W^+ W^- Z^0$
Becquerel (1896) Fermi (1933)
Weinberg, Salaam (1967) ★ Boson de Higgs ?
- **Gravitation** ★ Graviton ?
Newton (1687) Einstein (1915)

Les grandes ères particulières

- # La préhistoire avant 1895
- # L'ère des atomes 1895 - 1928
 - Noyaux et électrons
- # L'ère des nucléons 1928 - 1947
 - Protons, neutrons
- # L'ère des hadrons 1947 - 1964
 - Pions, kaons, hypérons,...
- # L'ère des quarks 1964 - 1973
 - Le Modèle Standard
- # L'ère du boson Z^0 1973 - 2009...
- # Le Boson de Higgs ? Super-symétrie ?...

La Préhistoire



Avant 1895

Quelles particules élémentaires ?

Quelles lois fondamentales ?

Quelles particules élémentaires ?

La table de Dmitri Mendeléeïev (1872)

TABELLE II

REIHEN	GRUPPE I. — R ² O	GRUPPE II. — RO	GRUPPE III. — R ² O ³	GRUPPE IV. RH ⁴ RO ²	GRUPPE V. RH ³ R ² O ⁵	GRUPPE VI. RH ² RO ³	GRUPPE VII. RH R ² O ⁷	GRUPPE VIII. — RO ⁴
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Cd=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	—
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—

Figure 2.5 Dmitri Mendeléeïev's 1872 periodic table. The spaces marked with blank lines represent elements that Mendeléeïev deduced existed but were unknown at the time, so he left places for them in the table. The symbols at the top of the columns (e.g., R²O and RH⁴) are molecular formulas written in the style of the 19th century.



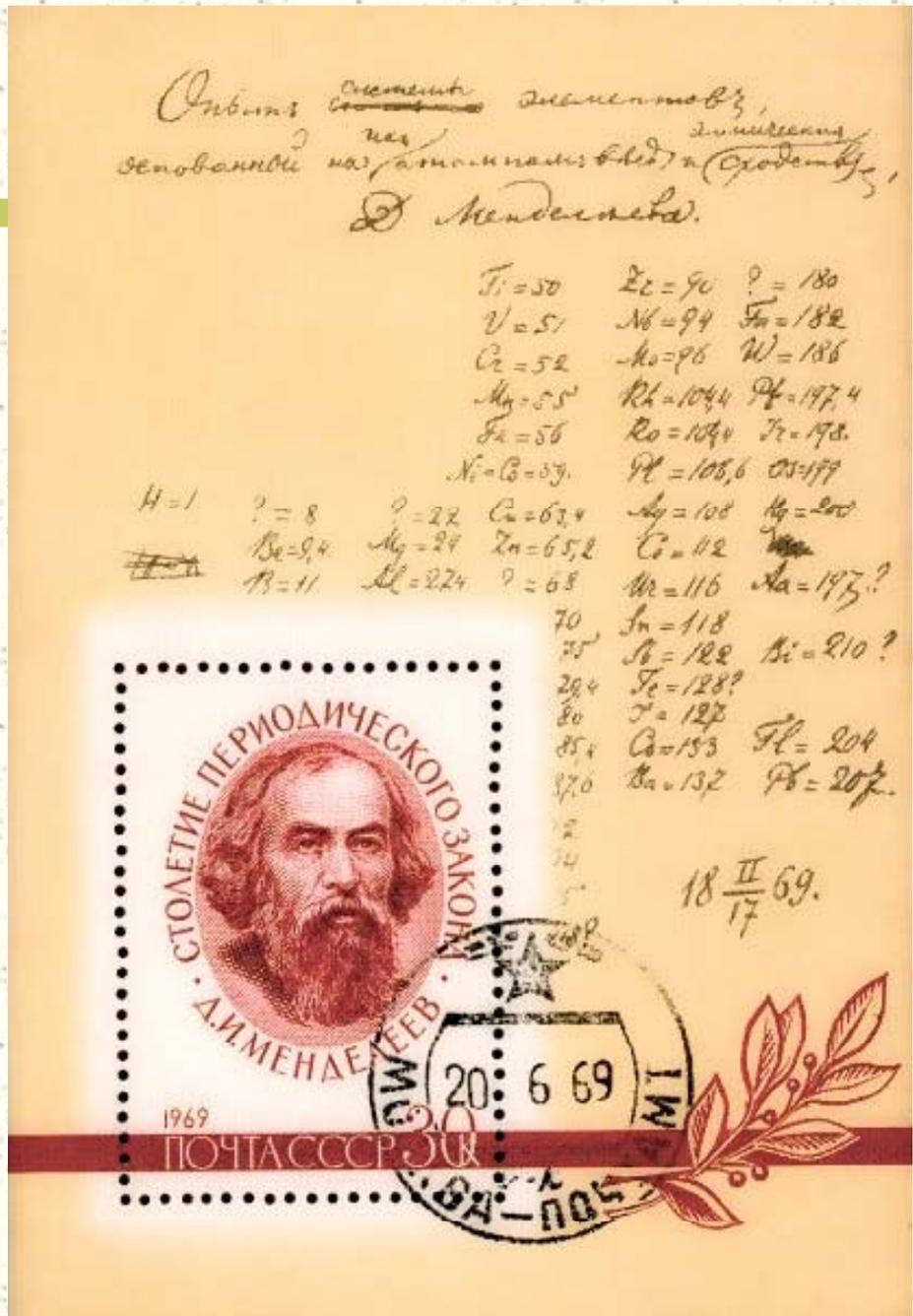
- Gaz rares ?
- Prédications :
44, 68, 72, 100
Sc, Ga, Ge, Tc

Mendeléeev

Toute première table (1869)

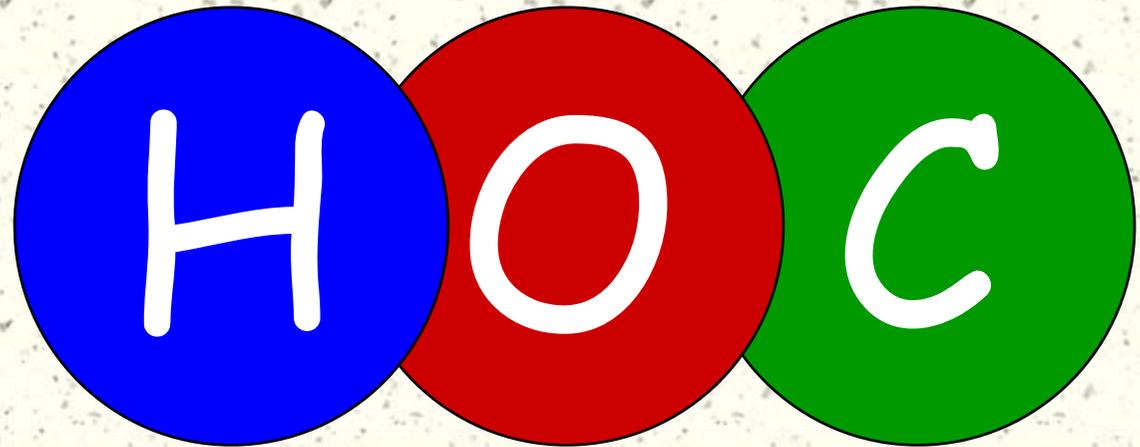
Manquent :

- le lithium (?=8),
- le sodium (?=22),
- le potassium...



À quoi ressemble un atome ?

- # En 1803, Dalton avait proposé :
 - Atomes d'un même élément identiques
 - Différente masse entre éléments
 - ~ Boules de billard



Quelles lois fondamentales ?

- # Mécanique et gravité de **Newton** (1687)
- # Électromagnétisme de **Maxwell** (1873)
- # Deux lois de thermodynamique (~1850)
 - **Carnot, Clausius, Kelvin, ...**

*« La physique est définitivement constituée dans ses concepts fondamentaux ; tout ce qu'elle peut désormais apporter, c'est la détermination précise de quelques décimales supplémentaires. Il y a bien **deux petits problèmes** : celui du résultat négatif de l'expérience de Michelson et celui du corps noir, mais ils seront rapidement résolus et n'altèrent en rien notre confiance... »*

Allocution légendaire attribuée à **Lord Kelvin**, 1900,
british association for the advancement of science

Quelques problèmes mineurs...

1. Expérience de **Michelson & Morley (1887)**

- La vitesse de la lumière est la même dans tous les référentiels...

2. Spectre du corps noir

- Inexplicable par la thermodynamique classique...

3. Effet photo-électrique (**Hertz 1887**)

- Photons arrachent des électrons, avec un effet de seuil et d'énergie fixe : $E \propto (\nu - \nu_0)$

...aux solutions radicales

Solution du premier problème :

→ la relativité restreinte
d'Albert Einstein (1905)

Chapitre 2

Solution des deux autres problèmes :

→ la mécanique quantique

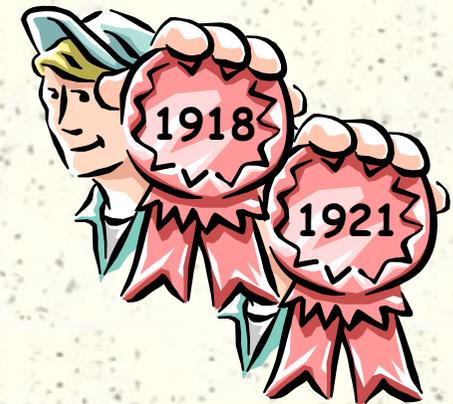
Chapitre 3

■ 1900 Max Planck explique le corps noir

■ $E = h\nu$ ($h = 6,625 \times 10^{-34}$ S.I.)

■ 1905 Einstein l'effet photoélectrique

■ Quantum de lumière : $E = h\nu$



Le début de l'histoire...

- # les *deux petits problèmes* de Kelvin sont en fait à l'origine de deux révolutions conceptuelles :
 - La relativité restreinte
 - La mécanique quantique
- # Aujourd'hui, notre conception des particules est fondée sur ces deux cadres théoriques...
- # Au niveau expérimental, les découvertes des années 1895-1900 amorcent également cette ère nouvelle :
 - Les rayons X, la radioactivité, l'électron...