

Université Populaire de Limoges - Jeudi 2 septembre 2010

# La physique quantique

**Nadia Castano**

DEA physique subatomique - DUT animation scientifique  
pour l'association Conscience Verte

<http://www.conscienceverte.org>

# La physique quantique

- *Historique*

- *Concepts scientifiques*

- *Applications technologiques*

- *Implications métaphysiques :  
ouverture vers un nouveau paradigme ?*

# Quizz : vrai ou faux ?

*A) L'atome est le plus petit constituant de la matière*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière*
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière*
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique*
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière*
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique*
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau*
- D) *La lumière est une onde*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière*
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique*
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau*
- D) *La lumière est une onde*
- E) *La lumière est constituée de particules*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière*
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique*
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau*
- D) *La lumière est une onde*
- E) *La lumière est constituée de particules*
- F) *Un électron ne peut pas être à deux endroits en même temps*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière*
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique*
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau*
- D) *La lumière est une onde*
- E) *La lumière est constituée de particules*
- F) *Un électron ne peut pas être à deux endroits en même temps*
- G) *Aucune information ne peut être transmise plus vite que la lumière*

# La physique à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle

*Deux théories abouties :*

- la mécanique d'Isaac Newton (1643-1727, )
- l'électromagnétisme de James Clerk Maxwell (1831-1879, )

*Avec cela, on peut tout expliquer...*

*... sauf quelques « broutilles », mais cela ne saurait tarder.*

# 1<sup>ère</sup> énigme :

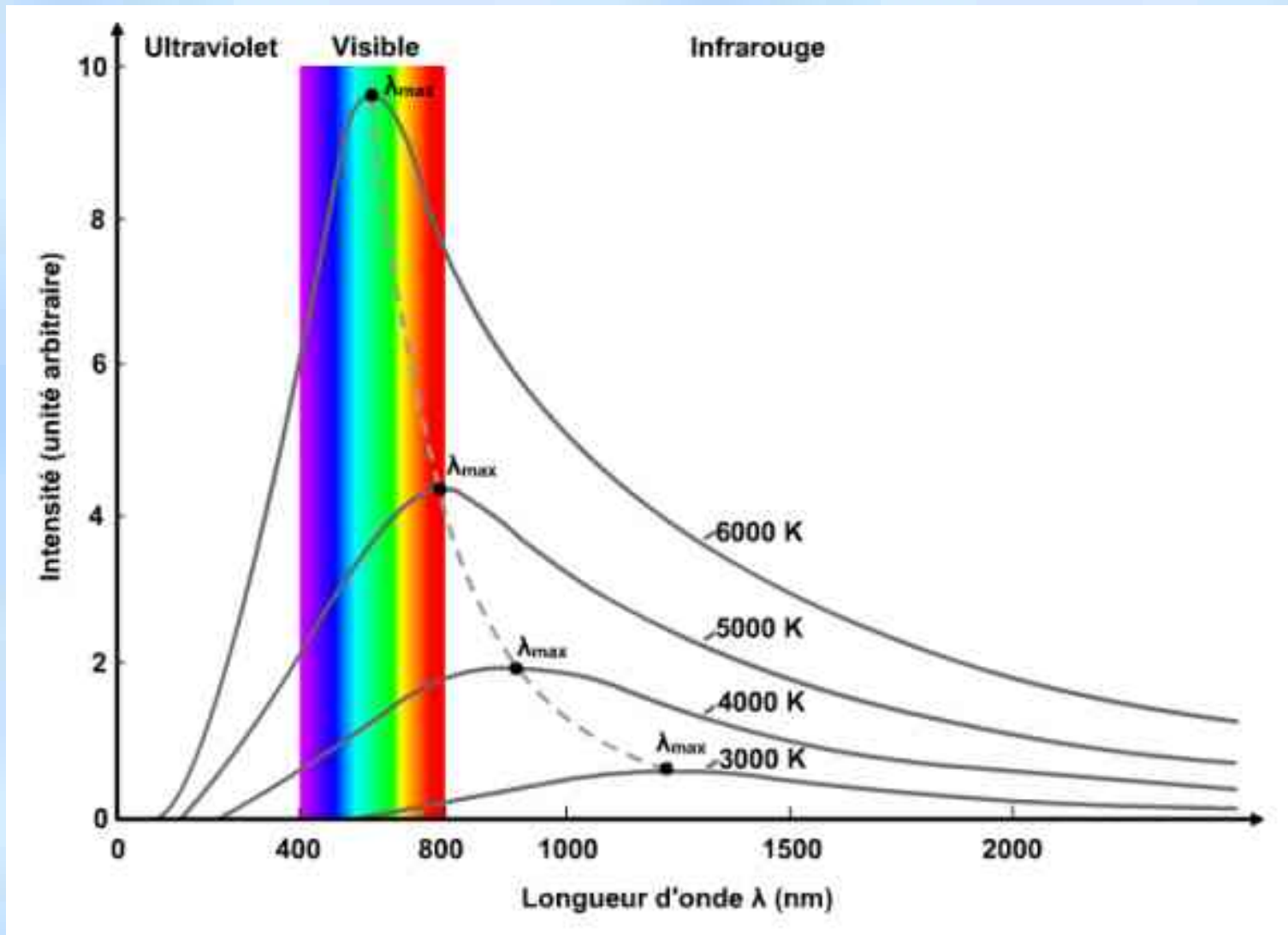
*L'invariabilité de la vitesse de la lumière*  
*(ainsi que l'orbite de Mercure)*

*... mais ça c'est une autre histoire :  
celle de la relativité d'Einstein.*

*Revenons à nos quanta !*


# 2<sup>ème</sup> énigme :

## Le rayonnement d'un corps chauffé



## 2<sup>ème</sup> énigme :

### Le rayonnement d'un corps chauffé

En 1900, Max Planck (1858-1947, ) introduit la quantification de l'énergie dans ses calculs.

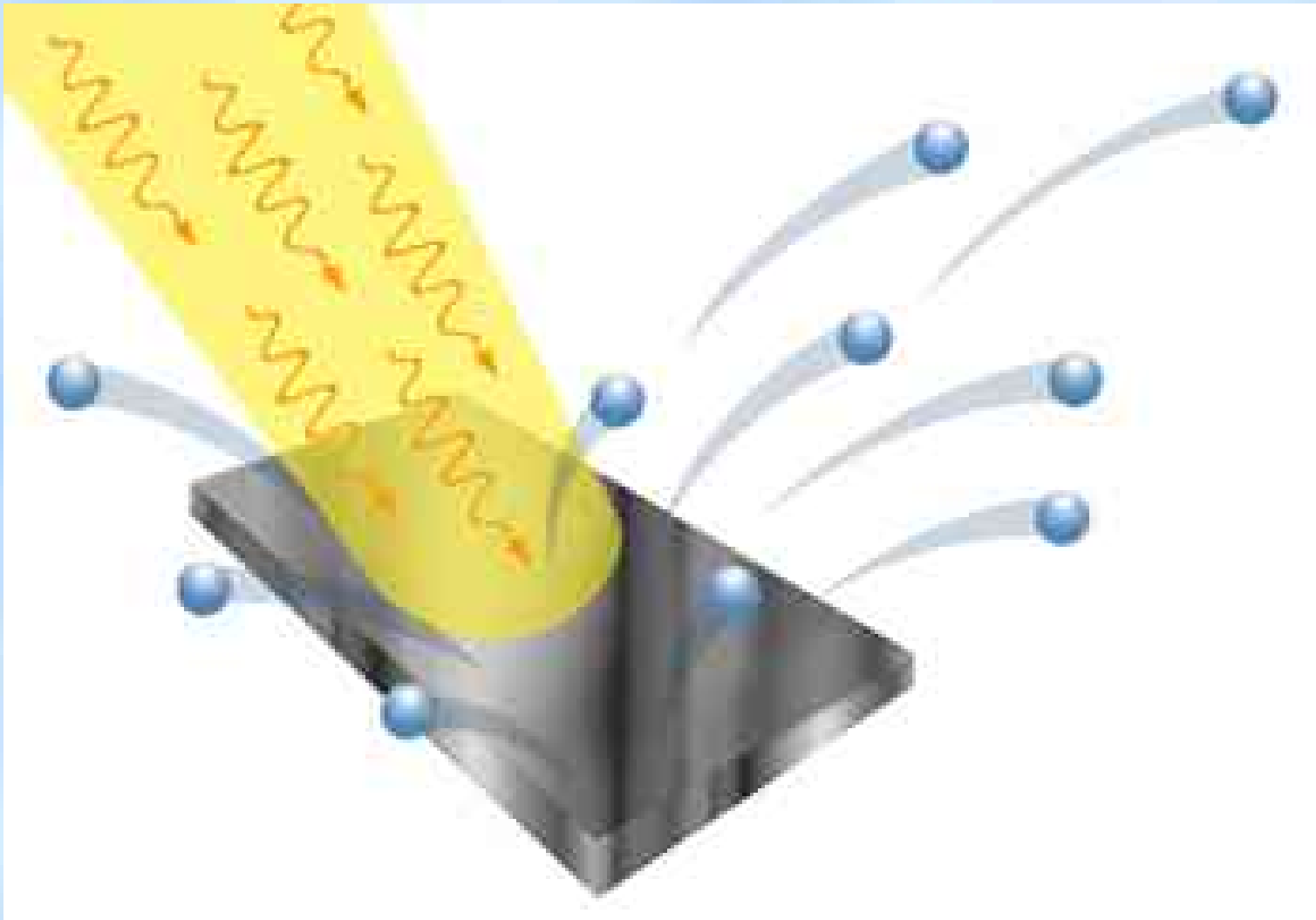
Il dira en 1931 : « J'assimile l'ensemble de la procédure à un acte de désespoir... une interprétation théorique devait être trouvée à n'importe quel prix, aussi élevé soit-il. »

-> Nouvelle énigme

A quelle réalité physique correspondent ces « quanta » ?




# 3<sup>ème</sup> énigme :

## L'effet photo-électrique



# 3<sup>ème</sup> énigme :

## L'effet photo-électrique

En 1905, Albert Einstein (1879-1955,  -  - ) explique l'effet photo-électrique par l'action de quanta de lumière. (C'est pour cet article qu'il recevra le prix Nobel en 1921.)



Il réintroduit ainsi la théorie corpusculaire de la lumière, enterrée depuis un siècle au profit de la théorie ondulatoire vérifiée par l'expérience.

-> Nouvelle énigme

Comment la lumière peut-elle être à la fois onde et particules ?


# 4<sup>ème</sup> énigme :

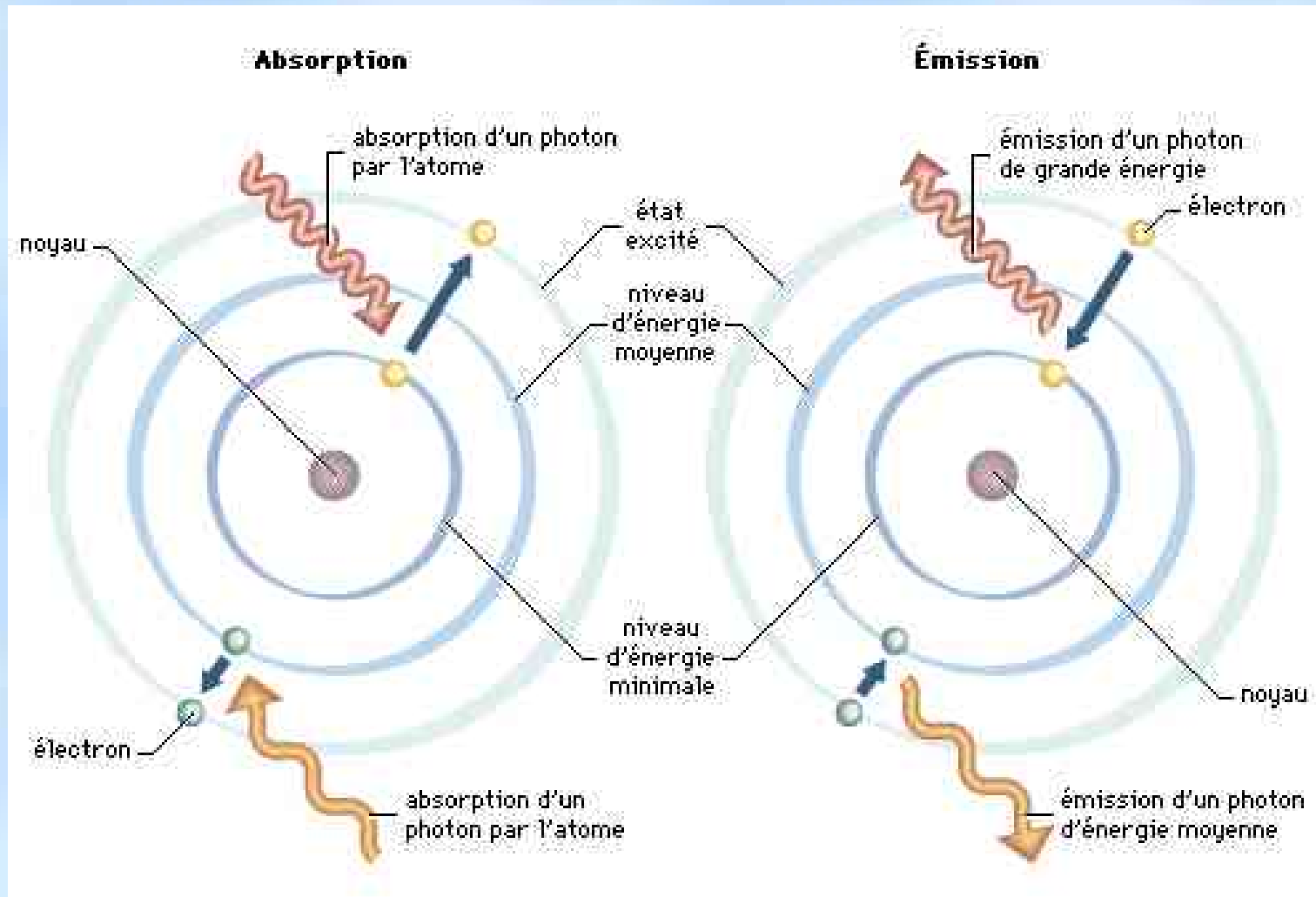
## Le comportement des électrons dans l'atome

- Découverte de l'électron en 1897 par Joseph John Thompson (1856-1940, )
- Preuve définitive de l'existence des atomes : article d'Einstein de 1905 sur le mouvement brownien, vérifié par Jean Perrin en 1908
- Découverte du noyau atomique en 1911 par Ernest Rutherford (1871-1937, )

-> Nouvelle énigme

Comment se fait-il que l'électron ne finisse pas par chuter sur le noyau ?

=> *Modèle des orbites atomiques de Niels Bohr*  
(1885-1962,  ) : 1913



# Tableau périodique des éléments

Groupe → 1 2 13 14 15 16 17 18  
 Période ↓ 1 2 3 4 5 6 7 8 9

nom du filament : **rigide** ou **solide** à 0°C et 101,3 MPa  
 numéro atomique  
 symbole chimique  
 masse atomique relative ou (celle de l'isotope le plus stable)

hydrogène 1 H 1,00794																	hélium 2 He 4,002602		
lithium 3 Li 6,941	béryllium 4 Be 9,012182											bor 5 B 10,811	carbone 6 C 12,0107	azote 7 N 14,00644	oxygène 8 O 15,9994	fluor 9 F 18,9984032	néon 10 Ne 20,1797		
sodium 11 Na 22,98976928	magnésium 12 Mg 24,3050											aluminium 13 Al 26,9815386	silicium 14 Si 28,0855	phosphore 15 P 30,973762	soufre 16 S 32,066	chlore 17 Cl 35,4527	argon 18 Ar 39,948		
potassium 19 K 39,0983	calcium 20 Ca 40,078	scandium 21 Sc 44,955912	titane 22 Ti 47,867	vanadium 23 V 50,9415	chrome 24 Cr 51,9961	manganèse 25 Mn 54,938045	fer 26 Fe 55,845	cobalt 27 Co 58,933195	nickel 28 Ni 58,6934	cuivre 29 Cu 63,546	zinc 30 Zn 65,39	gallium 31 Ga 69,723	germanium 32 Ge 72,61	arsenic 33 As 74,9216	sélénium 34 Se 78,96	brome 35 Br 79,904	krypton 36 Kr 83,80		
rubidium 37 Rb 85,4678	strontium 38 Sr 87,62	yttrium 39 Y 88,90585	zirconium 40 Zr 91,224	niobium 41 Nb 92,90638	molybdène 42 Mo 95,94	technétium 43 Tc 97,9072	ruthénium 44 Ru 101,07	rhodium 45 Rh 101,0703	paladium 46 Pd 106,42	argent 47 Ag 107,8682	cadmium 48 Cd 112,411	indium 49 In 114,818	étain 50 Sn 118,710	antimoine 51 Sb 121,760	tellure 52 Te 127,60	iode 53 I 126,90547	xénon 54 Xe 131,29		
francium 87 Fr [223,0187]	radium 88 Ra [226,0254]	actinides 89-103		hafnium 72 Hf 178,49	tantalum 73 Ta 180,94788	wolfram 74 W 183,84	rénium 75 Re 186,207	osmium 76 Os 190,23	iridium 77 Ir 192,222	platine 78 Pt 195,084	or 79 Au 196,96657	mercure 80 Hg 200,59	thallium 81 Tl 204,3833	plomb 82 Pb 207,2	bismuth 83 Bi 208,9804	polonium 84 Po [209,0094]	astate 85 At [209,08971]	radon 86 Rn [222,01754]	
		actinides 89-103		rutherfordium 104 Rf [261,1085]	dubnium 105 Db [262,1144]	seaborgium 106 Sg [266,12309]	bohrium 107 Bh [264,1247]	hassium 108 Hs [269,1331]	meitnerium 109 Mt [268,1388]	darmstadtium 110 Ds [271,1631]	roentgenium 111 Rg [272,1631]	copernicium 112 Cn [285]	unilennium 113 Uut [284]	unquadium 114 Uuq [289]	unpentium 115 Uup [288]	unhexium 116 Uuh [292]	unseptium 117 Uus [292]	unoctium 118 Uuo [294]	
		actinides 89-103		lawrencium 101 Lr [260,10537]	actinium 89 Ac [227,0371]	thorium 90 Th 232,03772	protactinium 91 Pa 231,03602	uranium 92 U 238,02891	neptunium 93 Np [237,04817]	plutonium 94 Pu [244,0642]	americium 95 Am [243,06136]	curium 96 Cm [247,07132]	berkelium 97 Bk [247,07125]	californium 98 Cf [251,07958]	esbohmium 99 Es [252,08321]	fermium 100 Fm [257,0851]	mendélévium 101 Md [258,0888]	nobelium 102 No [259,10111]	lawrencium 103 Lr [262,1131]


légende :
 

- rouge : métaux alcalins
- orange : métaux alcalino-terreux
- rose : lanthanides
- bleu-rose : actinides
- orange clair : métaux de transition
- gris : métaux pauvres
- vert : métalloïdes
- vert clair : non-métalloïdes
- jaune : halogènes
- bleu clair : gaz nobles
- gris foncé : prométhéa
- gris très foncé : éléments radioactifs
- bleu très foncé : synthétiques

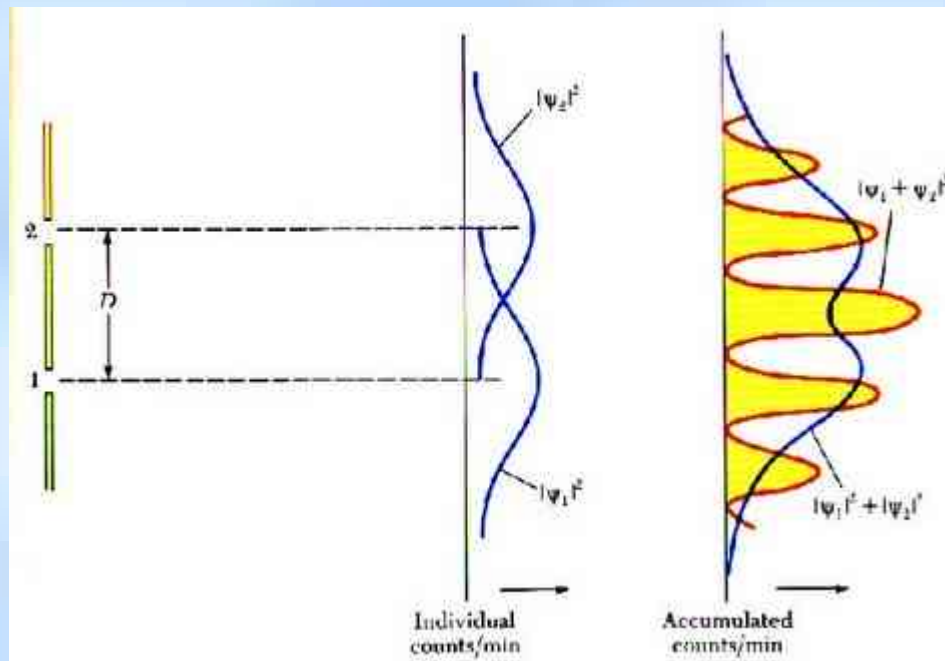
**La physique quantique était née !**

**Restait à la comprendre...**

# La dualité onde/particule

*Au début des années 20, Louis de Broglie (1892-1987, ) émet l'hypothèse d'ondes associées aux particules de matière, dont l'électron.*





*Cette hypothèse sera soutenue par Einstein et vérifiée par l'expérience.*



# Le monde des probabilités

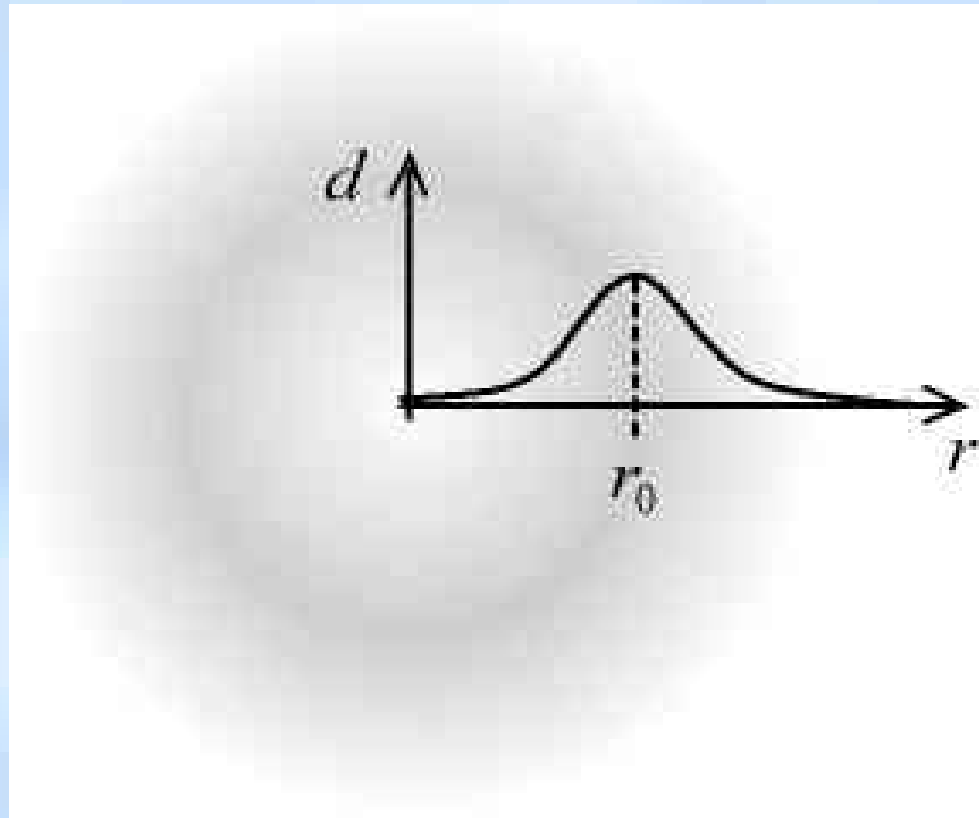
*La notion de probabilité a été introduite dans la physique subatomique dès 1916 par Einstein, qui l'a ensuite rejetée.*

*Elle est développée à partir de 1925 par :*

- *Erwin Schrödinger* (1887-1961, )
- *Werner Heisenberg* (1901-1976, ) et *Max Born* (1882-1970,  - ) (école de Copenhague)

# Le monde des probabilités

*Il en résulte un nouveau modèle de l'atome : celui du « nuage électronique ».*



# Le principe d'incertitude

*En 1926, Heisenberg démontre qu'on ne peut pas mesurer à la fois la position et la vitesse d'une particule et que la mesure est influencée par l'observateur.*

*Le dernier bastion de la physique classique est tombé !*

*Certains se prennent à rêver :*


*Et si la conscience modelait la réalité ? (Wigner)*

*Et s'il existait de multiples réalités ? (Everett)*

# Paradoxes ?

*En 1935, deux expériences de pensée sont proposées dans le but d'invalider la théorie quantique :*


- l'expérience du chat de Schödinger,*
- le « paradoxe EPR ».*


*Ce dernier est finalement vérifié en 1982 par l'équipe d'Alain Aspect (né en 1947, )*.

*L'explication la plus aboutie à ce jour est la théorie de la décohérence, introduite en 1970 et vérifiée pour la première fois en 1996.*



**La physique moderne :  
vers une « théorie du tout » ?**

# Flash-back : De la physique quantique à la physique des particules

Wolfgang Pauli (1900-1958, ) découvre en 1925 l'existence de nouvelles caractéristiques de la matière, dont un paramètre qui sera par la suite appelé « spin » et qui permet d'expliquer la répartition des électrons dans les orbites de Bohr.

*Paul Dirac (1902-1984, ) peaufine de son côté un autre formalisme mathématique permettant d'englober les théories existantes et débouchant sur le concept d'« anti-matière ».*


# Flash-back : De la physique quantique à la physique des particules

*A la fin des années 20, Dirac établit avec Enrico Fermi (1901-1954, ) les lois statistiques auxquelles obéissent les particules de matière, les « fermions », tandis que Satyendranath Bose (1894-1974, ) et Einstein établissent celles des particules vecteurs d'interactions, les « bosons ».*

*Après la découverte du neutron en 1932, la physique rentre dans l'ère du nucléaire, dont les applications militaires allaient bouleverser le monde...*

# La quête d'unification de la physique

*A l'issue de la deuxième guerre mondiale, beaucoup de physiciens se détournent de la physique nucléaire au profit de la physique des particules.*

*C'est à cette époque qu'apparaît un drôle de personnage : Richard Feynman (1918-1988, ) , qui contribue à l'unification de la théorie quantique et de l'électromagnétisme par le formalisme relativiste de la théorie des champs : c'est l'électrodynamique quantique (QED).*

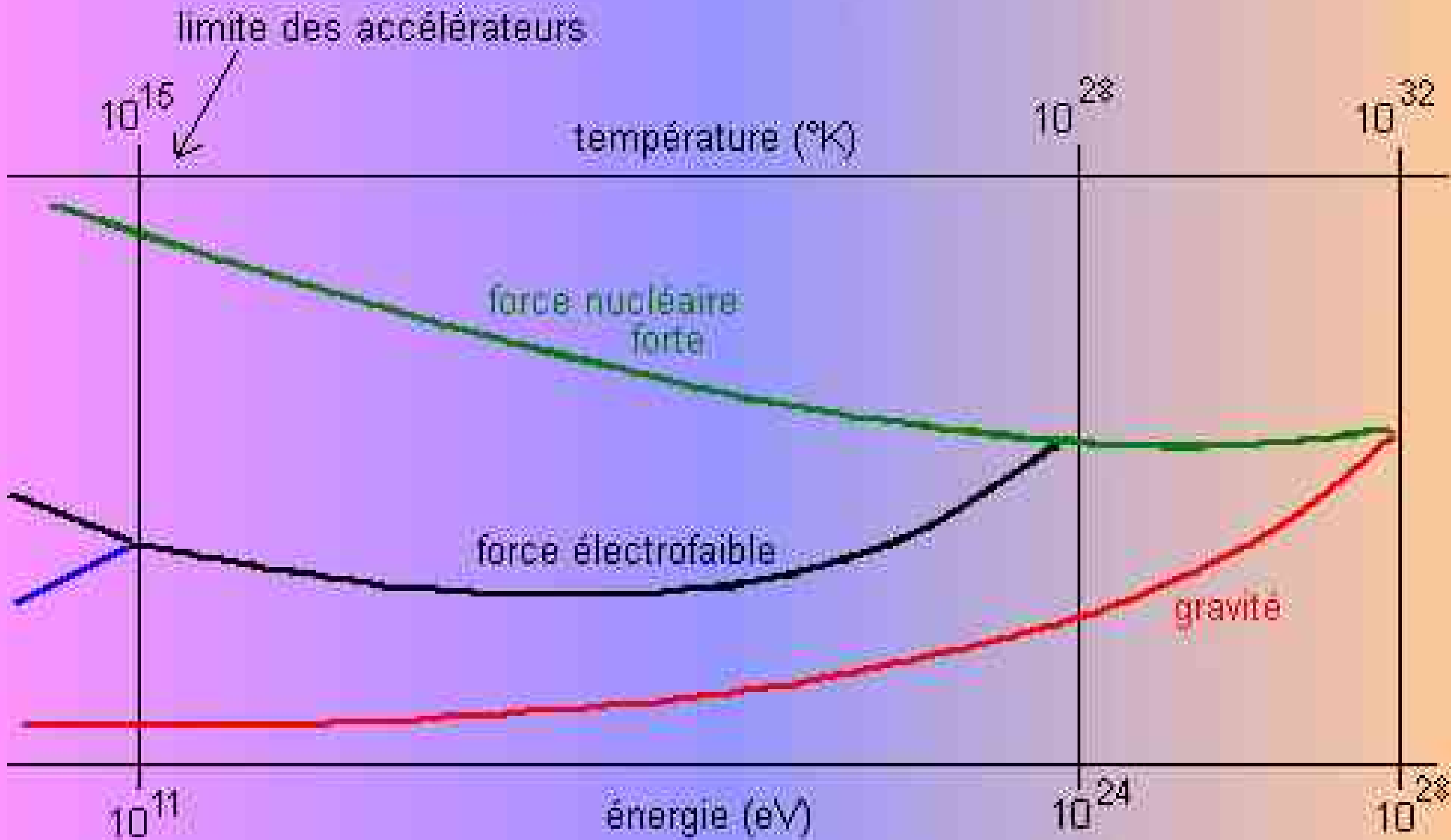
# La quête d'unification de la physique

*Entre les années 60 et 80, des miriades de nouvelles particules sont découvertes ainsi que deux autres interactions fondamentales :*

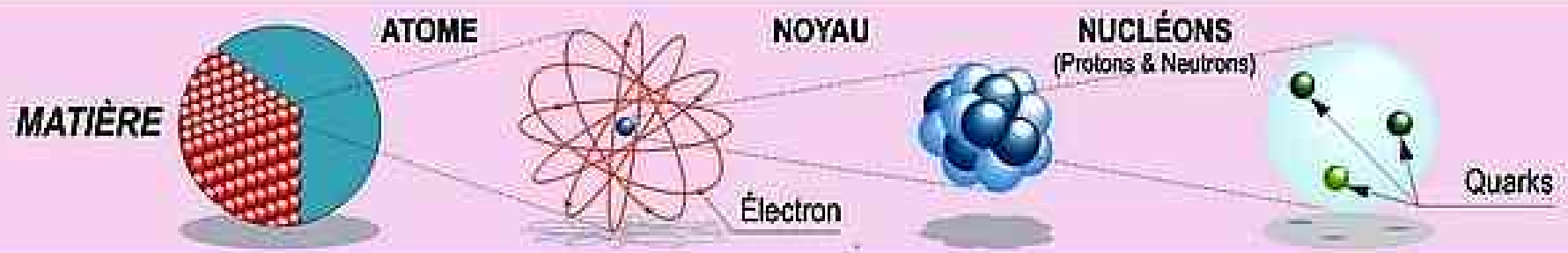
- l'interaction forte => cohésion du noyau,*
- l'interaction faible => radioactivité.*

*L'interaction faible et l'électromagnétisme seront finalement regroupés sous le nom d'interaction électrofaible.*

*Au-delà de ce « modèle standard », les physiciens cherchent la « théorie du tout » qui unifierait la gravitation au monde quantique...*



# • TABLEAU DES PARTICULES ÉLÉMENTAIRES DANS LE CADRE DU MODÈLE STANDARD •



FERMIONS		LEPTONS		QUARKS	
		peuvent se déplacer librement.		prisonniers de particules plus grandes, ils ne sont pas observés individuellement.	
<p>La matière ordinaire est composée de particules de ce groupe</p> <p>Pour la plupart, ces particules étaient présentes juste après le Big Bang. Aujourd'hui, on ne les trouve que dans les rayons cosmiques et auprès des accélérateurs.</p>	Première Famille	<b>ELECTRON</b> Responsable de l'électricité et des réactions chimiques. Sa charge est -1.	<b>NEUTRINO ELECTRON</b> Sans charge électrique et interagissant rarement avec le milieu environnant.	<b>BAS</b> Sa charge électrique est - 1/3e. Le Proton en contient 1, le Neutron 2.	<b>HAUT</b> Sa charge électrique est + 2/3e. Le Neutron en contient 1, le Proton 2.
	Deuxième Famille	<b>MUON</b> Un compagnon plus massif de l'électron.	<b>NEUTRINO MUON</b> Propriétés similaires à celles du Neutrino électron.	<b>ETRANGE</b> Un compagnon plus lourd du "Bas".	<b>CHARME</b> Un compagnon plus lourd du "Haut".
	Troisième Famille	<b>TAU</b> Un compagnon encore plus lourd que le Muon.	<b>NEUTRINO TAU</b> Propriétés similaires à celles du Neutrino électron.	<b>BEAUTÉ</b> Un compagnon encore plus lourd du "Bas".	<b>VÉRITÉ ou TOP</b> Hypothétique jusqu'en 1995, un compagnon encore plus lourd du "Haut".

BOSONS VECTEURS	BOSONS INTERMÉDIAIRES : W <sup>-</sup> , W <sup>+</sup> et Z <sup>0</sup>	
Particules fondamentales qui assurent la transmission des forces de la nature.	<b>PHOTON</b> Grain élémentaire de la lumière porteur de la force électromagnétique.	<b>GLUON</b> Porteur de la force "forte" entre Quarks.
	Porteurs de la force "faible", responsables de certaines formes de désintégrations radioactives.	

<b>BOSON DE HIGGS ?</b> Hypothétique	Responsable de la "brisure de symétrie électro-faible"	<b>GRAVITON ?</b> Hypothétique
---	--	-----------------------------------

# **Applications et implications de la physique quantique**

# Technologies quantiques

*microscope électronique (1931)*

*transistor (1947)*

*LASER (1960)*

*hologramme (1965)*

*supraconducteurs (1962)*

*IRM (1973)*

*ordinateur quantique (1998)*

# La « médecine quantique » :

## *À l'aube d'une révolution ?*

### Quelques « pavés dans la mare » :

- *l'homéopathie ne s'explique pas par la chimie...  
« et pourtant ça marche »*
- *idem pour les élixirs floraux (Bach)*
- *conscience holographique (Pribram & Bohm)*
- *champs morphiques (Sheldrake)*
- *corps électromagnétique (Kirlan, Hadjo...)*
- *l'ADN émet de la lumière cohérente (Popp)*
- *protéodites (Sternheimer)*
- *PhysioScan et autres technologies dérivant de la médecine spatiale russe*

# Physique quantique & réalité

*Vers un nouveau paradigme*

*Notre « réalité » quotidienne n'est qu'illusion.*

*Tout n'est qu'énergie.*

*Tout est relié.*

# Quizz : vrai ou faux ?

*A) L'atome est le plus petit constituant de la matière*

# Quizz : vrai ou faux ?

A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**

# Quizz : vrai ou faux ?

A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**

B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique*

# Quizz : vrai ou faux ?

A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**

B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau* **FAUX**

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau* **FAUX**
- D) *La lumière est une onde*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau* **FAUX**
- D) *La lumière est une onde* **VRAI**

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau* **FAUX**
- D) *La lumière est une onde* **VRAI**
- E) *La lumière est constituée de particules*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau* **FAUX**
- D) *La lumière est une onde* **VRAI**
- E) *La lumière est constituée de particules* **VRAI**

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau* **FAUX**
- D) *La lumière est une onde* **VRAI**
- E) *La lumière est constituée de particules* **VRAI**
- F) *Un électron ne peut pas être à deux endroits en même temps*

# Quizz : vrai ou faux ?

- A) *L'atome est le plus petit constituant de la matière* **FAUX**
- B) *Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique* **FAUX**
- C) *Les électrons gravitent autour du noyau* **FAUX**
- D) *La lumière est une onde* **VRAI**
- E) *La lumière est constituée de particules* **VRAI**
- F) *Un électron ne peut pas être à deux endroits en même temps* **FAUX**

# Quizz : vrai ou faux ?

A) L'atome est le plus petit constituant de la matière **FAUX**

B) Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique **FAUX**

C) Les électrons gravitent autour du noyau **FAUX**

D) La lumière est une onde **VRAI**

E) La lumière est constituée de particules **VRAI**

F) Un électron ne peut pas être à deux endroits en même temps **FAUX**

G) Aucune information ne peut être transmise plus vite que la lumière

# Quizz : vrai ou faux ?

A) L'atome est le plus petit constituant de la matière **FAUX**

B) Einstein a été un grand défenseur de la physique quantique **FAUX**

C) Les électrons gravitent autour du noyau **FAUX**

D) La lumière est une onde **VRAI**

E) La lumière est constituée de particules **VRAI**

F) Un électron ne peut pas être à deux endroits en même temps **FAUX**

G) Aucune information ne peut être transmise plus vite que la lumière **FAUX**

# Epilogue

« *It is harder to crack a prejudice than an atom.* »  
(Il est plus difficile de casser un préjugé qu'un atome.)

Albert Einstein

**Merci pour votre attention**

# **Association Conscience Verte**

<http://www.conscienceverte.org>

[contact@conscienceverte.org](mailto:contact@conscienceverte.org)

**CONTACT : Nadia Castano**

Glangetas - 87380 Glanges

05.55.09.86.35 / 06.62.26.58.80