

Mécanique Quantique Complexité et Emergence II

V3 apurée-finale

Bernard DECUGIS
Groupe Complexité et Emergence
17 / 11 / 2008 Part I
14 / 12 / 2009 Part II

Des REMERCIEMENTS

- À Michel BLOCH
- A mon épouse
- A Robert LAUGHLIN = cet exposé est essentiellement centré sur son ouvrage « A different universe » qui éclaire particulièrement la relation Complexité/Emergence et MQ
- « Remerciements enfin à beaucoup d'autres qu'il serait trop long de citer ici et qui se reconnaîtrons.... à l'exception de WIKIPEDIA – pillée plus qu'outrageusement »

Un AVERTISSEMENT

Merci de bien vouloir excuser les redites et répétitions, les sources pas tjrs citées ,
Bcp de slides (notées ) sont reprises du 14/11/2008 d'où , à nouveau redites , etc...

PLAN

1. Qq rappels de la dernière fois: principalement sur la nature « saugrenue » de la MQ
2. Les interprétations (rappel & complmts))
3. Qq explorateurs de nouvelles voies où la complexité entre en scène :
 1. Robert LAUGHLIN – « Un univers différent »
 2. Eclairages :
 1. David DEUTSCH
 2. Roger PENROSE
 3. Ilia PRIGOGINE
4. CONCLUSION

1.QQ RAPPELS (1) du 17/11/2008 (Part-I):

R

- Fin 19 ème =Apogée de la physique classique « déterministe et réductionniste »
- Avènement du 20 ème :
 - De nouveaux phénos → Ebranlement des fdmts de la Phy classique
 - le temps et l'espace ne sont plus ce que l'on croyait
 - La réalité n'est qu'incertitude et probabilité et non déterministe
 - La nature même du REEL $\leftrightarrow$ quotidien
- 100 ans + tard : théorie à maturité à portée ses fruits mais
 - Les lacunes majeures demeurent→ pas de n'elles percées
 - » L'impossible Réduction Quantique est tjrs ds le placard
 - » La réconciliation G-Q
 - » La physique n'a pas de représentation/théorie du temps
 - » Pb de l'irréversibilité $\leftrightarrow$ Ilia Prigogine
 - Les phénomènes « hors-équilibre » ,les plus fréquents et de loin ont été ignorés/contournés
- Systèmes informatique et puissance d'itération → possibilité de simulation en boucles itératives
- Une désormais possible « **émergence de l'étude de l'émergence...** »
 - » C'est l'objet de R.LAUGHLIN

1.QQ RAPPELS (2) du 17/11/2008 (Part-I):

- David PEAT : « From certainty to uncertainty »
 - « Le déterminisme de N,Laplace,Maxwell le cède à qq chose d'incertain de probabiliste et de discontinu qui est incompréhensible et totalement inconsistent avec le monde tel que nous le connaissons »
 - Et donc récusé par certain grands (Einstein,..) et qui reste non-expliqué ds un certain nombre de cas :
 - **Les mystères Z et X de R.Penrose**
 - Par ailleurs la Phy Q et la RG (relativité générale) ne fonctionnent pas ensemble et sont même incompatibles :
 - Une phy pour l'i-grand et une autre pour l'i-petit :
 - » Les trous noirs
 - » Mais surtout : la naissance de l'univers , le BB où l' i-grand tenait ds l'i-petit
 - D'où cette quête vers une théorie unifiée
 - D'où le grand nombre d'interprétations sur le comportement de l'infinimt petit et au bout du compte sur « la réalité » :
 - Qu'est ce que la REALITE ?

1.QQ RAPPELS (3) du 17/11/2008 (Part-I):

- Les mystères Z : *ce sont les choses puZZling : c'est bizarre , incroyable, impossible, contre-intuitif , mais c'est comme ça:*
 - La « dualité »
 - L'intrication
 - La non localité
- Les mystères X : *ce sont les choses paradoXales: c'est bizarre , incroyable , ..., mais ils doivent pouvoir s'expliquer et leur existence signale que la théorie est incomplète voire fausse :*
 - Essentiellement « le problème de la mesure »

L'EMERGENCE: nouveau paradigme scientifique ?

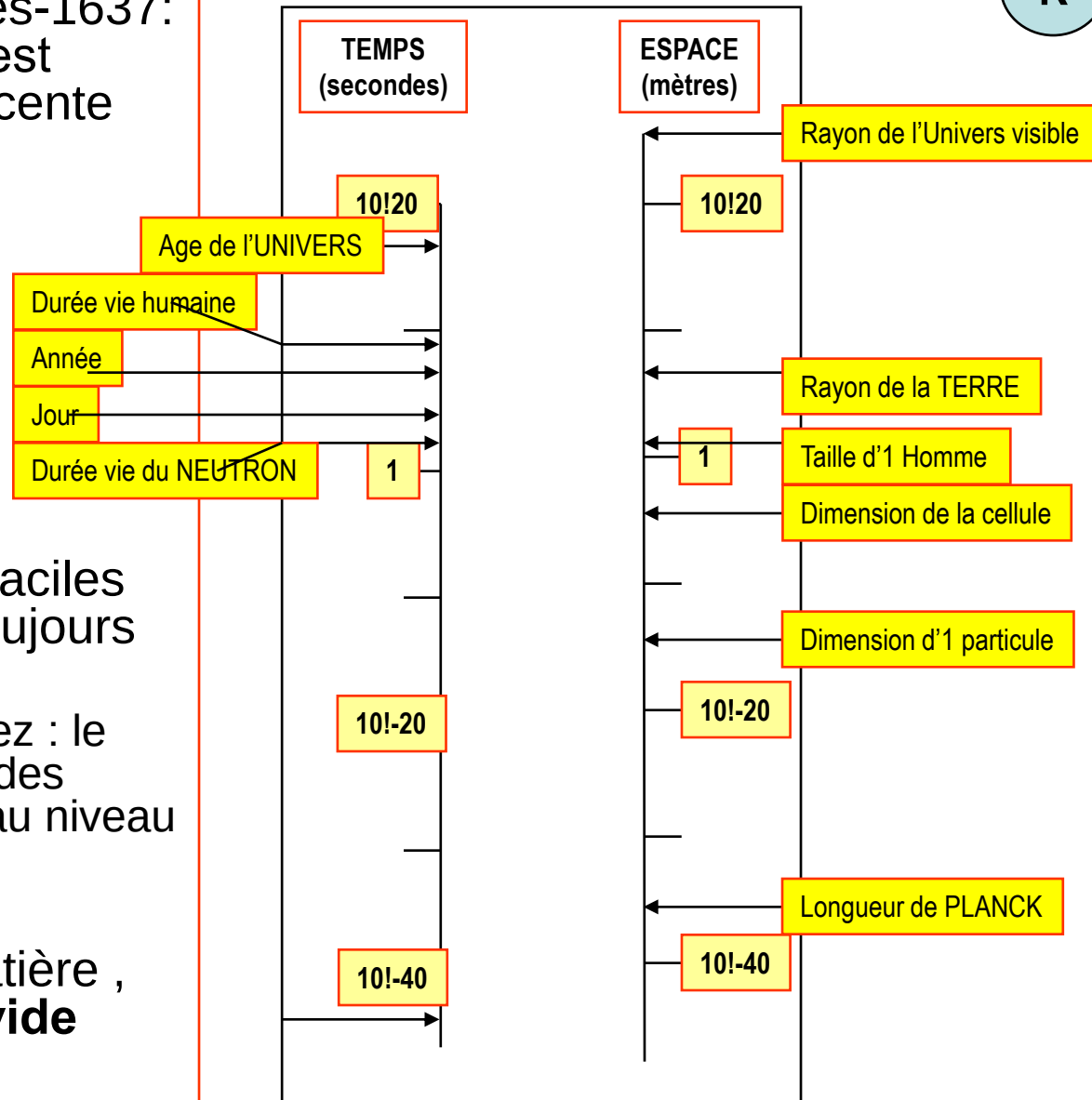
R

- Phénomènes émergents :
 - **La connaissance de l'équation fondamentale à un niv n'implique pas la compréhension du phéno au niv sup.**
 - Et comme **il n'existe pas de théorie générale des phéno émergents**, il n'existe pas de façon de transférer directmt notre connaissance d'un niveau de complexité à un autre.
 - Une nouvelle approche pour chaque problème → efforts considérables
- At the end of the day :
 - 300 ans de réductionnisme : La quête du tjrs p+ petit est-elle vouée à l'insignifiance ?
 - + on creuse ,+ on s'éloigne de la pertinence à l'échelle humaine
 - **La théorie de grande unification n'aidera pas à comprendre la vie**
 - **Depuis 80 Santa-Fe institute → complexité : immense espoir , déçu ?**
 - **Théorie en marche : peu de résultats mais des « promesses »**
- R.Laughlin → le principe d'émergence est à la base des lois de l'Univers et non le contraire
 - **Chaque loi serait une propriété émergente du niveau inférieur**
 - **Le principe d'émergence permet de s'affranchir des échelles de grandeur =**
 - travailler à un niveau très supérieur et unifier les lois de la physique et de la biologie → l'humain revient ds le champ d'étude au lieu de lui demeurer extérieur (réductionnisme).
 - Le XX ème siècle a été « **réductionniste** », le XXI ème sera « **émergent** »
 - Enjeu des 30 années à venir → une science unifiée par des principes qui transcendent les échelles et les niveaux de complexité

Réductionnisme , ordres de grandeur, et matière

R

- Réductionnisme : Descartes-1637 : étudier les composants c'est comprendre le tout -> descente infernale
- Ordres de grandeurs
- Par contre : si descentes faciles (quoique) → remontées toujours pas « élucidées »
 - Emergence pointe son nez : le niveau sup voit émerger des choses non prédictibles au niveau inf
- Encore qq chiffres = la matière , **du vide (l'atome) ds du vide (univers) encore + vide**



Ordres de grandeur

Source CERN

The Evolution of the Universe

13.7 billion years

Today



Today, at CERN, we are going back in time to study the origins of matter

-270°C

10 billion years

Life on Earth



A soup of organic molecules appears on Earth, a small blue planet lost in the immense Universe



9.2 billion years

Solar system



Gravity gathers the debris of stars into planets

200 million years

Stars and galaxies



Gravity gathers clouds of atoms into stars

Heavy atoms, the building blocks of life, are synthesized in the hearts of stars

4000°C

380 000 years

Light atoms



Electrons bind to atomic nuclei to form hydrogen and helium atoms

Photons no longer interact with electrons: the Universe becomes transparent and illuminates



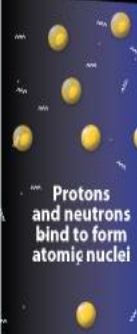
Helium atom



Hydrogen atom

3 minutes

Light nuclei



Protons and neutrons bind to form atomic nuclei

Photons are continuously absorbed and reemitted: the Universe is opaque

2 protons + 2 neutrons = Helium nucleus

1 proton = Hydrogen nucleus

0.01 millisecond

Protons and neutrons



Quarks and gluons bind to form protons and neutrons

The Universe has the size of the solar system

10¹²°C

10⁻¹² seconds

Quark-gluon plasma



Quarks and gluons bind to form protons and neutrons

The Universe has a radius of 300 million km

10¹⁵°C

10⁻²⁰ seconds

Quark-gluon plasma



Quarks and gluons bind to form protons and neutrons

The Universe has the size of the solar system

10²⁷°C

10⁻³⁵ seconds

Quark-gluon plasma



Quarks and gluons bind to form protons and neutrons

The Universe has the size of the solar system

10⁻⁴³ seconds

Quark-gluon plasma



Quarks and gluons bind to form protons and neutrons

The Universe has the size of the solar system

LHC exploration range

10⁻²⁵ seconds



Superforce

Big Bang

10¹⁷°C

Proton
Neutron
Meson

Quark
Electron
Neutrino

Photon
Weak force
Strong force

Chp IV. Il était une fois 2 nuages ds un ciel serein

- Rappel=Lord Kelvin (27/4/1900):
 - 1/Comment la lumière voyage –t-elle ds l'espace?
 - 2/Comment l'énergie de rayonnement se distribue-t-elle entre molécules en vibration-pb du rayonnmt du corps noir.
- En fait → 2 bombes
- Qui ont donné lieu aux 2 piliers de la physique moderne
 - » Méca quantique
 - » Méca relativiste
- « désamorçées » de façons très # :
 - 1/=relativité = 1 seul : E le génie absolu
 - 2/=méca-Q= groupe , 27 ans,1900-1925/27+...81 ans
 - » Un effort collectif sur une très longue période de « percées successives » → 70-73
 - » Pour aboutir au « joyau de la couronne : le MODELE STANDARD

- ↘ Le BBB et l'école Polytech de Zurich et la quest. à 100 Pf?
- 5 publications en 1905-annus mirabilis-26 ans :
publiées ttes 4 par la n°1 sci-revue allemde (Planck)
- 1915 – énonce la R-générale (G) (publiée en 1916)
- 1919 sir Ed Eddington –éclipse soleil → courbure rayons
= faux-bon-résultat → E superstar
- E sur 2 branches de la Phys moderne :
 - L'article sur la lumière (3/05)→ la M-Q
 - L'article sur la R-restreinte (20/6/05)→ Relativité
- Aucune référence entre eux = **une même recherche de concilier « le continu et le discontinu »**

Chp V:Naissance de la M-C

R

- 1900-1913:
 - Planck, E, BOHR
- 1923 :l'intuition 'géniale ' de L de B $\rightarrow \lambda=h/p$ avec $p=mv$
 - 1927 = Davisson et Germer =diffraction faisceau é sur cristal de Ni
- 1925: 3 contributions décisives
 - E.Shrödinger, W. Heisenberg, P.Dirac ,
 - Puis BORN (interprétation probabiliste) et à nouveau BOHR
- Naissance de la M-Q=
 - La + g'de aventure intellectuelle du 20 è siècle
 - La Th à la base de la compréhension phys. de tout le monde qui nous entoure = du **micro au macro**
 - Si un jour $\rightarrow$ Th unifiée , sera prblmt basée sur M-Q
 - Importance fondamentale $\leftrightarrow$ pas connue , mystérieuse , improbable , incroyable,... $\rightarrow$ des années de discussion sur son interprétation
 - Et pourtant on 'vit avec' : Mieux : assure la stabilité de la matière !!

JL Basdevant: cours de MQ à l'X

- $E=mc^2$, au lieu de $E=h\nu$
- les 3 dates clés de la physique du XXè s.:
 - 1905 (R-R)-1915 (R-G)-1925 (M-Q)
- Relativité $\rightarrow$ **1 NOBEL(33-Taylor/Hulse)**
- M-Q $\rightarrow$ **120+ NOBEL + 3**

La M-Q = une théorie déroutante.



- **La M-Q = une théorie déroutante:**
 - « si vous croyez à la MQ alors vous ne pouvez pas la prendre au sérieux » (Bob WALD)
- 1925 + 2 ans = Conférence de SOLVAY « electrons et photons » = tout le gratin (E., Heis., de Broglie, Dirac, Schrödinger, Bohr, ...)
 - On rejoue les 'classiques' et les 'modernes' avec des '**expériences de pensées**'
 - Naissance de la Controverse E-B et du fameux 'Dieu ne joue pas au dés'
 - E = ce que vous formulez est juste, Mais incomplet : il doit forcément exister des 'variables cachées'
 - B = Abandonnons la discussion : ça marche, il n'y a pas à chercher à comprendre, c'est comme ça
- La controverse a duré qq longtemps
 - Objections tjrs plutôt (B qqfois obscur) bien réfutés
 - En particulier → paradoxe EPR (1935, voir+ loin)
- Puis s'est arrêtée:
 - Autres choses à faire = exploiter la th. qui fonctionnait, et même très bien (tjrs pas prise en défaut + précision jamais atteinte)
 - Impossibilité 'tester' exp de pensée = techno pas dispo → aujourd'hui
OUI → ON Y REVIENT !!

• Intrinsèquement non-déterministe

• IRRUPTION DE L'INCERTITUDE Ds LA CERTITUDE AMBIANTE

• IRRUPTION DE L'IRRATIONNEL Ds UN MONDE 'CARTESIEN'

Le début des choses déroutantes.....

R

- La M-Q repose sur une approche probabiliste des choses .
 - Les particules ne sont pas à un instant donné en un point précis
- C'est cette 1^{ère} incertitude qui avait « fâché » l'Albert.
 - jusqu'à ce qu'il soit 'établi' que l'indétermination et nature probabiliste sont cablées.
- Par contre , dès que l'on mesure quoi que ce soit relativmt à la part. on provoque l'«effondrement du paquet d'onde » → la part. devient 'classique' et se trouve 'ici et maintenant'
 - Ceci constitue ce qu'on appelle « le pb de la mesure quantique » : cette « réduction quantique » **n'est pas ds les équations.**
- La superposition : du fait que la part est décrite par une fonct d'onde de probabilité cette indétermination s'applique non seulement à sa position et sa vitesse mais à l'ensemble de ses propriétés qui caractérisent sont 'état quantique'
- Cette histoire de chat a fait couler énormément d'encre et a provoqué une série de controverses
 - En particulier entre AE et NB
 - Qui ont culminé avec le paradoxe EPR
 - » Lequel s'appuie sur 'encore une chose déroutante' → **l'intrication : voir +ci-après**

$$\hat{H}|\psi\rangle = i\hbar \frac{d}{dt}|\psi\rangle$$

Dés lors que 2 particules sont intriquées P1-P2:

- Ce qu'il arrive à l'une, arrive à l'autre → INSTANTANEMENT, qq soit la distance
- Controverse énorme → violation de la Relativité –R → comment P2 sait-il? Quel signal ?
- 80 années de polémique, à commencer par EPR

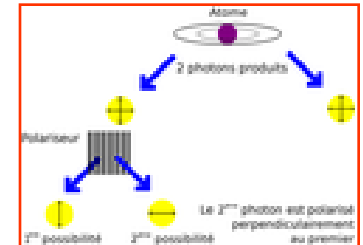
- **Paradoxe Einstein-Podolsky-Rosen- EPR** (1935) :

- EPR → Contradiction avec 1 des 3 hyp suivantes :

- impossibilité pour un signal de dépasser la vitesse c (causalité relativiste) ;
- la mécanique quantique décrit entièrmnt la réalité (pas de variables cachées) ;
- deux particules éloignées forment deux entités pouvant être considérées indépendamment l'une de l'autre, chacune étant localisée dans l'espace-temps (localité).

- C'est la 3 ème qui est fausse : non-localité de l'espace-temps ds le monde quantique :

- Démontré grâce aux inégalités de BELL (1965)
- Et l'expérience fameuse d'A.Aspect (ORSAY) 1982

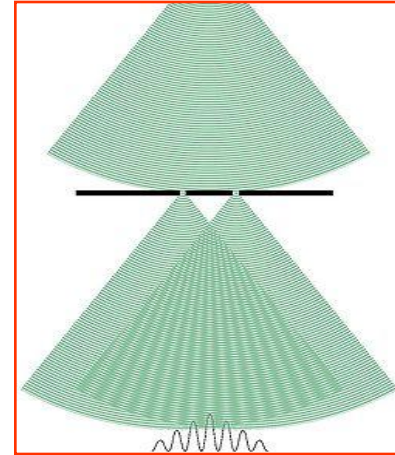
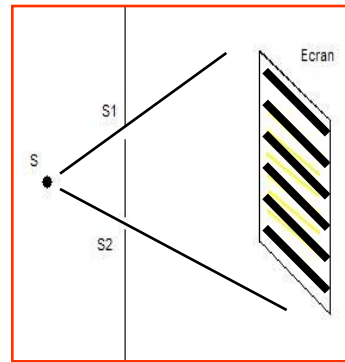


Qu'il y a-t-il donc de si 'irrationnel' en M-Q ?

- Les **fentes de Young**
- Thomas Young en 1801 → nature ondulatoire de la lumière.
- Egalement avec la matière, électrons, neutrons, atomes, molécules, → on observe aussi des interférences.
- Illustre la « dualité onde-particule » : interférences montrent le comportement ondulatoire, mais la façon dont ils sont détectés (impact sur un écran) montre comportement particulaire.

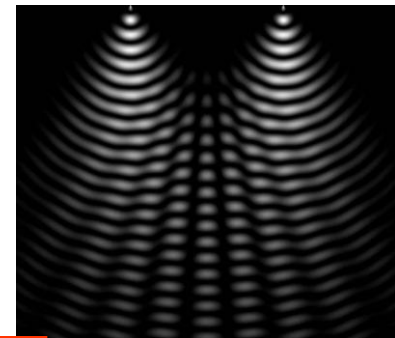
Young , Davisson et Germer

R



- En physique quantique, **expérience de Davisson-Germer –1927 = interférences d'é** :
 - →prouve hypothèse de De Broglie postulant que les particules, comme par exemple les électrons, pouvaient se comporter comme des ondes (dualité onde-corpuscule).
 - →étaye l'acceptation de la mécanique quantique et de l'équation de Schrödinger.
 - →complète l'hypothèse de dualité onde-particule, étape fondamentale dans la construction de la théorie quantique.

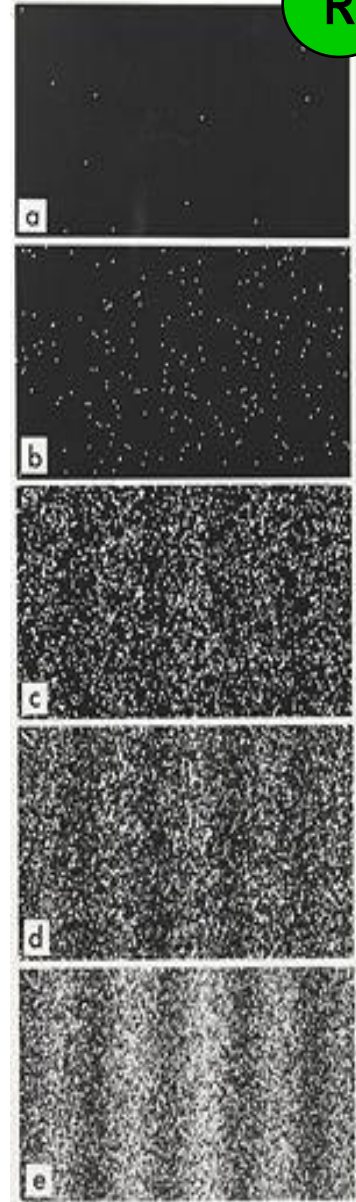
De Broglie = onde associée $\lambda = \frac{h}{mv}$



Qu'il y a-t-il donc de si 'irrationnel' en M-Q ? → Young ~180 ans après

R

- **Interprétation quantique du phénomène**
 - 180 ans après on sait fabriquer des photons 1/1
 - On refait l'expérience avec photons 1/1 (ou avec des é)
 - → **les impacts re-composent la figure d'interférence!!!**
- **Interprétation impossible selon les lois classiques.**
- → **L'interprétation quantique** : le quanton émis prend un état superposé lors du franchissement :
|quantum passe par S1> + |quantum passe par S2>
fonction d'onde résultante → en chaque point de la plaque la probabilité que le quanton y soit détecté. On peut démontrer que la distribution des probabilités suit la figure d'interférence.
- **Autrement dit, le quanton passerait par les deux fentes à la fois, et interférerait avec lui-même.**
- Mais que se passe-t-il si, insatisfait par cette interprétation des choses, on cherche à détecter par quelle fente le photon "est réellement passé" ?
- → retrouve un comportement classique
- → mise en évidence du problème : « le mystère de la mesure quantique ».
- Jusqu'où ?
 - objets de plus en plus volumineux, atomes, les molécules, → Fullerènes – C60



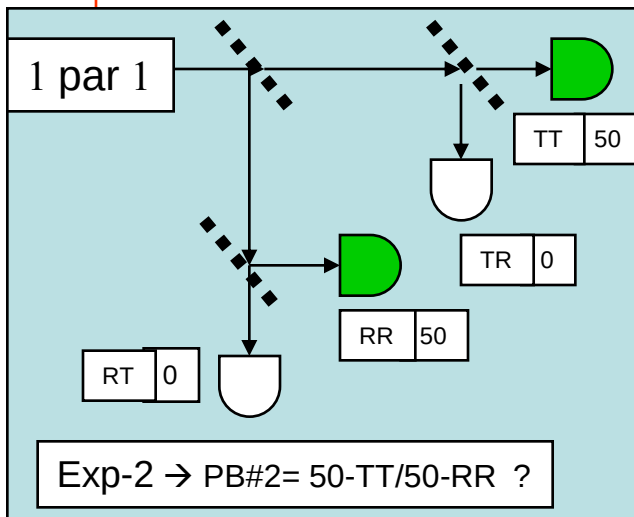
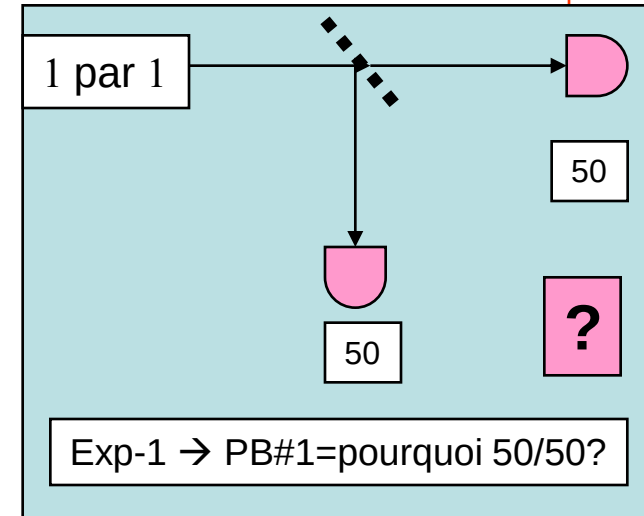
Qu'il y a-t-il donc de si 'irrationnel' en M-Q ?

R

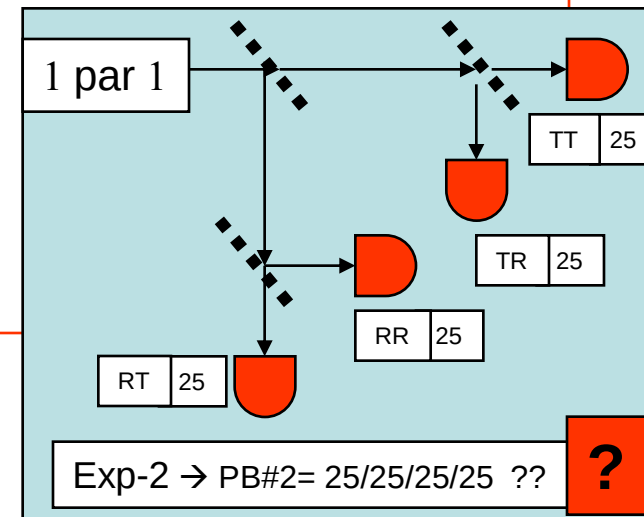
– Expériences avec interféromètre et points d'?

- Exp-1
 - Pourquoi exactement 50/50 ?
- Exp-2
 - Pourquoi pas 50/0/50/0 ?

Juste quelques façons de
Se comporter assez étranges



!?!?

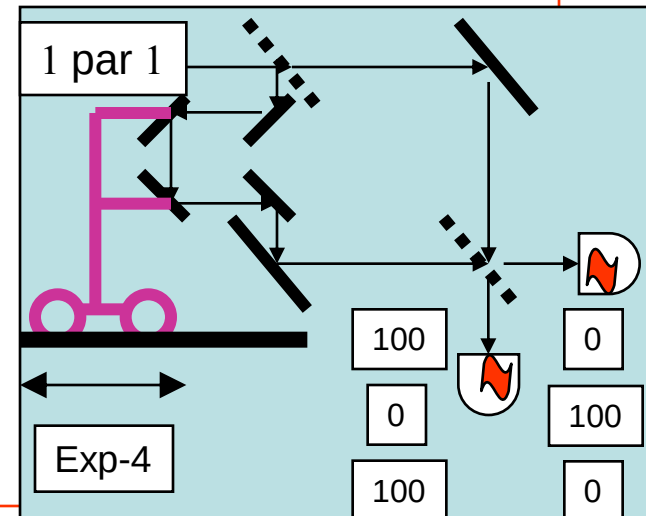
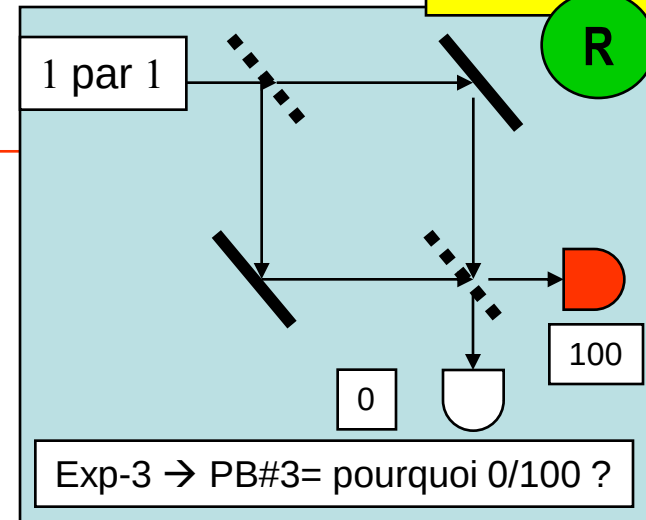


Qu'il y a-t-il donc de si 'irrationnel' en M-Q ?

Source = V. Scarani

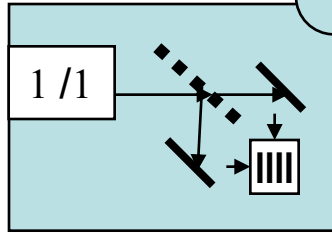
Reprenons YOUNG aujourd'hui : Expériences de base II

- Exp-3 = on ferme la boucle :
 - *pourquoi 100/0 ?*
- Exp-4 = on « crée » un chemin + long
 - *comment, en ne modifiant qu'un seul chemin peut-on modifier le comportement de TOUTES les particules y/C celles qui passaient par l'autre ch.?*
- Exp-5 = encore + fort :
 - *Si on essaie de savoir par où passe la p, elle perd son comportmt « étrange » et on retombe ds un 50/50*
- La plupart des physiciens ont renoncé à expliquer les interférences quantiques (voir interprétations)
- Tous d'accord → Principe d'indiscernabilité
 - Les interférences apparaissent lorsqu'une P peut emprunter divers chemins et que ces ch. sont indiscernables après détection.
 - Plus généralmt dès lors que P laisse « empreinte »

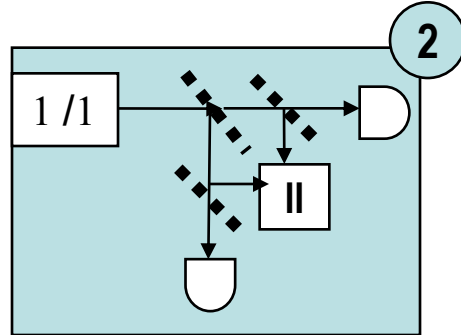


L'expérience de la gomme quantique à choix retardé de Marlan SCULLY -I

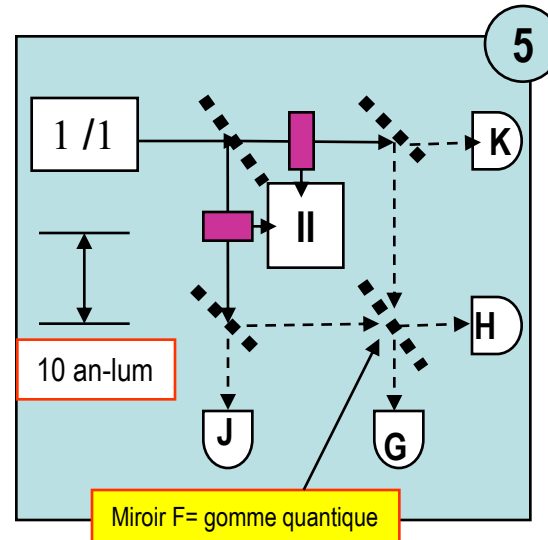
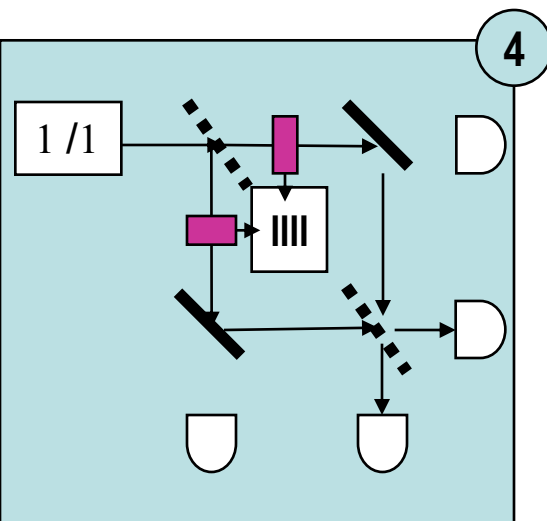
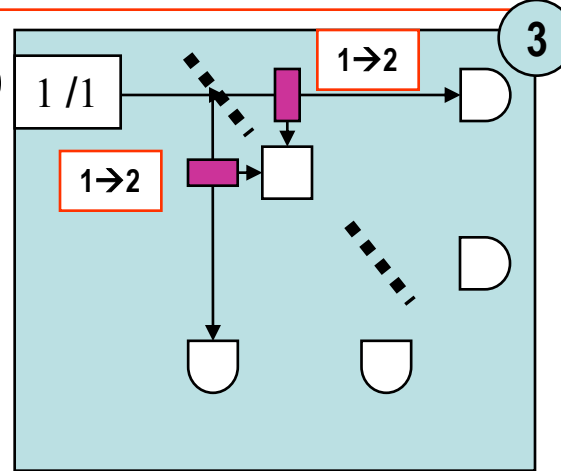
Canon à photon = un par un



Détecteur d'interférences = plaque photo



Un « convertisseur bas » → un photon en entrée → 2 photons en sortie, corrélés, et de longueur d'onde double



Si J ou H on sait → pas d'I
Si G ou H on ne sait plus/gommé → I

Le résultat enregistré en I est fixé bien avant que le photon témoin ait été détecté en J/K, ou en G/H.

Miroir F= gomme quantique

L'expérience de la gomme quantique à choix retardé -II

R

Plaque I : illisible car tout est mélangé : on peut éliminer les photons corrélés à J et K et / ou isoler ce qui est corrélé avec G ou H et retrouver les interférences : MAIS, ce décryptage nécessite la connaissance des détections GHJK. Alors question envoyée à 10 a-Lum : la th des cordes est -elle juste ?

Si oui , remplacer les miroirs semi transp en JK par miroirs pleins ,

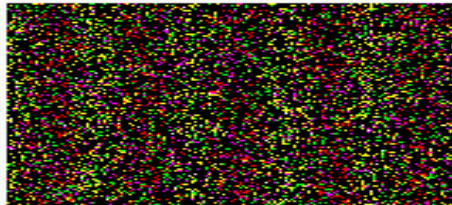
si non enlever les miroirs semi transp en JK

La réponse serait instantané par rétroaction en provenance du future mais son décodage nécessiterait info qui prendrait 10 a-L pour arriver.

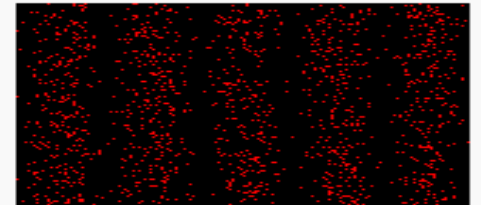
Ouf!!



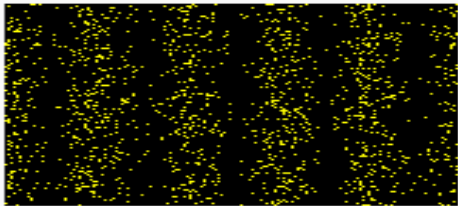
1. La figure telle qu'elle est reçue en I



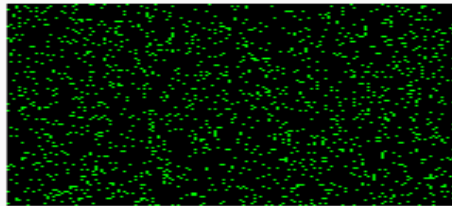
2. Corrélation entre les impacts et les 4 détecteurs



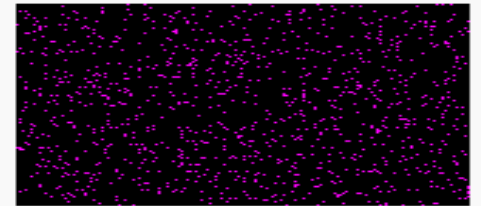
3. Photons corrélés avec le détecteur G



4. Photons corrélés avec le détecteur H

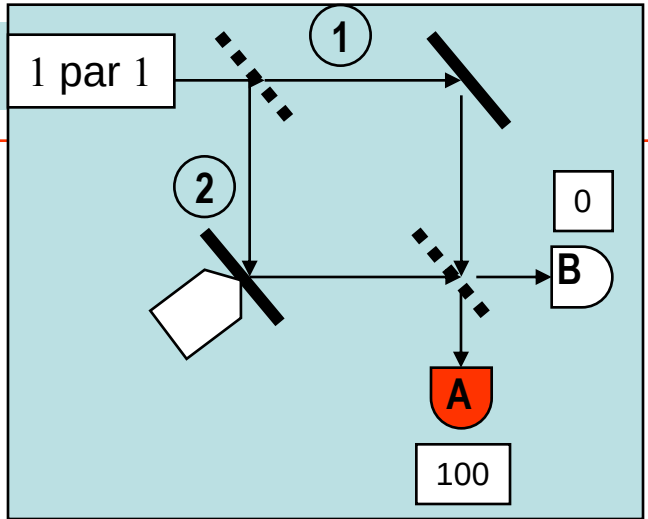


5. Photons corrélés avec le détecteur J



6. Photons corrélés avec le détecteur K

Le problème d'Elitzur-Vaidman

- Bombes à tester
 - Des bonnes = détonateur ultra-sensible activé par le choc d'un photon
 - Des mauvaises = détonateur bloqué, se comporte comme un miroir
- Montage ci-contre
- Montage ci-contre
 - Cas 1= la bombe est mauvaise :le photon après le 1^{er} miroir est en superposition et aboutit sur A à 100% , B à 0% (voir précédmt)
 - Cas 2= la bombe est bonne :le miroir « devient » instr de mesure :
 - S-cas 1: le photon passe par trajet 2 → la B explose
 - S-cas 2 : le photon passe par trajet 1→ la bombe n'explose pas mais qd il atteint le 2^{ème} miroir semi il se partage à 50-50 et B n'est pas nulle
- Conclusion : si B pas 0 → bombe OK
 - Selon la [mécanique quantique](#), des évènements **contrefactuels**, qui auraient pu se produire mais qui ne se sont pas produits, influent sur les résultats de l'expérience.
 - Réalisé en réel par A.Zeilinger (Autriche) , ss bombes , avec 100% de réussite au lieu de 1/3

- Décohérence : c'est la perte de l'état quantique (corrélation ou superposition)
 - Difficulté de maintenir l'état quantique
 - Extrêmement sensible aux interactions de l'environnement
 - C'est le pb n° 1 de l'ordi quantique
 - Comment s'établit la décohérence : exp'ce de S.Haroche + équipe, 12/96 :
 - 1 ère exploration frontière Q-C
 - Comprendre pourquoi et comment la superposition Q ne peut survivre à l'échelle macro.



En bref =qu'il y a-t-il donc de si 'irrationnel' en M-Q ?

R

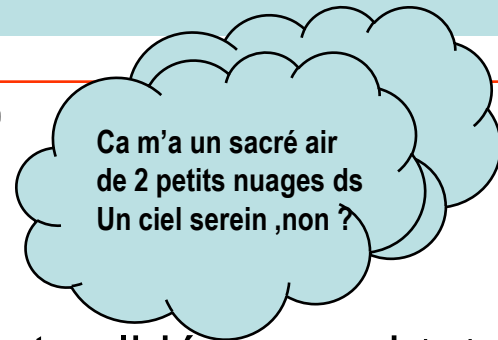
- Complémentarité (dualité O-C)
- Indétermination
- Superposition d'états
- Effondrement ou Réduction quantique
- Non-localité-Corrélation-Intrication et décohérence
- Dimensions cachées-multivers (univers //)

En bref,un monde fou ,fou, fou...

Aujourd'hui

R

- On sait envoyer des γ , 1 par 1 (cf annexe)
- On dispose d'outils d'expérimentation
 - Interféromètres, lasers, ...
 - Accélérateurs
- On a quasiment fait le tour de 'la matière' et validé la quasi-totalité des hypothèses hormis
 - Le HIGGS
 - Le graviton
- On a expliqué énormt de choses :
 - Chimie et physique des matériaux
 - Jusqu'àla suprafluidité de l'He liquide
- On a des réalisations concrètes
 - Lasers
 - Transistors
 - Etc..
- Il reste néanmoins des « CHOSES OBSURES » au fond des labos et des galaxies.....



- On ne sait toujours pas :
 - Ce qu'est une particule élémentaire
 - Quelle représentation physique ? Analogie 'Surfer sur vague'
 - La part. a-t-elle une réalité physique ou n'est-ce qu'un concept mathématique ?
 - Comment des « choses intangibles » pourraient –t elles donner corps à du tangible .
 - Ce qu'est l'intrication
 - Comment fonctionne la non-localité de notre univers
 - Ce qui compose les 96 % de la masse de l'univers
 - Qu'est-ce qui donne sa masse au 4% baryonique ← H-boson ?
 - Quid des 96% qui restent ?
 - Comment se produit la décohérence (le transition entre un avant et un après qui n'ont rien à voir)
 - Comment et pourquoi se produit l'effondrement quantique (id)
 - Comment fonctionne la gravité
 - Trous noirs
 - Big bang
- On sait par contre :
 - Expliquer/prédire = Modèle standard → une exactitude jamais atteinte
 - Produire :
 - Re-produire :
 - Prédire /découvrir :

Les choses « bluffantes » -I

R

- L'anti-matière et pourquoi le monde est monde = disparition de l'anti-matière , en quantité égale au départ pourquoi ? Sinon , lumière seulement
- L'irruption du hasard =
 - La part choisit de passer à droite ou à gauche –individuellement totalement aléatoire , globalement parfaitement quantifié
 - La désintégration aléatoire du noyau radio-actif = période de $\frac{1}{2}$ vie très précise et impossible prédire au niveau d'1 noyau (cf le chat)
- L'effet tunnel (principe d'incertitude $\rightarrow$ passe -muraille
- L'eau : la glace à 0° en structure ordonnée, plus légère (sinon pas de vie), la fluidité,...
- Le γ à masse =0 , en mvmt perpétuel à c (sinon ...)
- Pourquoi les autres p ont-elles une masse ?
- « La force de la force » (si $G =1$, $EM=10+38$, $W=10+35$, $S=10+40$!!!)
- Le γ à 10,100,1000 années lumière qui actionne instantanément son 'compagnon' sur terre , ou plutôt l'inverse.
- La masse ss masse
- Le multivers s'il existe ,
 - et l'énormité des chiffres qu'il ss-tend
- Le temps ? Ds quoi s'écoule le temps ?
 - Et 10-43 s. n'est-ce pas énorme ?
 - Le temps , 1^{er} concept quantique ?

Les choses « bluffantes» -II

R

- L'histoire du γ qui a traversé l'universet qui par effondrmt quantique provoquerait la « naissance du monde »
- Rien qui donne $\rightarrow$ 2 particules : c'est vrai ,on le voit sur les photos
- 2 part. de même nature $\rightarrow$ totalement indiscernables (les fermions)
- Les particules qui n'ont aucune réalité ni propriétés intrinsèques composent des corps macroscopiques qui eux ont des propriétés bien définies.
 - Ceci est très différent de phéno émergents « classiques » tels que
 - La chaleur c'est de l'agitation moléculaire
 - La vie c'est un ensemble de réactions chimiques (l'amour aussi, paraît-il)
 - Ici , il n'y a rien 'au départ' , ou plutôt qq-chose que nous n'appréhendons pas / pas encore.
- Les 6 voire 11 dimensions d'espace supp de la théorie des cordes , avec lesquelles se sentent confortable leurs inspireurs
- Que les lois de la nature existent , ... et qu'on puisse les comprendre (Einstein, E.Schrödinger)
- Sans compter les grands mystères
 - Pourquoi ya t il qq chose plutôt que rien ?
 - La masse –qu'est-ce que la?-(et celle de l'univers)
 - L'énergie –qu'est-ce que l'E ?
 - Le TEMPS à nouveau ?

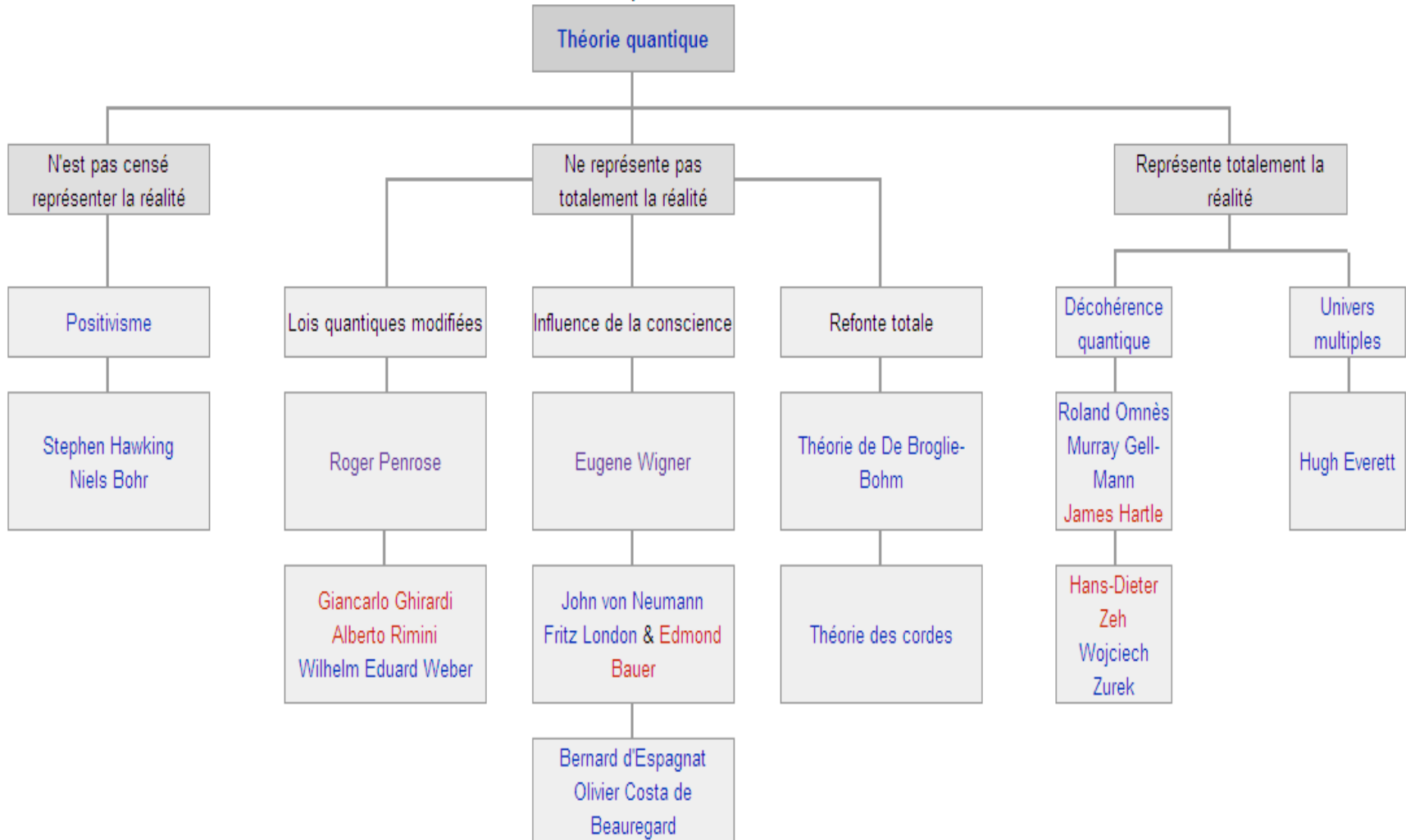
- Ceux qui comme –E- «théorie incomplète → var. cachées », retournent à vos chères études
- Ceux qui comme –B– à l'époque : « utilise et tais toi »
- Ceux qui comme –F– aujourd'hui « utilise et ne cherche pas à comprendre parce que ça nous dépasse » (agnostiques) « tais toi et calcule »
- Ceux qui cherchent à comprendre « ds le cadre »
- Ceux qui ont recours à la conscience et à la métaphysique
- Les 'fous furieux' qui cherchent à comprendre « hors du cadre »
 - le Multivers
 - les 'cordes' et les 'branes'
 - Penrose et le « ah » quantique :

- Aujourd'hui :
 - La MQ traduit complètement la réalité:
 - Théorie de la décohérence – M Gell-Mann, Omnes
 - Théorie des univers parallèles H Everett
 - La MQ ne représente pas totalement la réalité :
 - Théorie de la décohérence à param. cachés: lois Q modifiées : Penrose, (Rimini, Ghirardi, Weber, ...)
 - Théorie de la « conscience » E. Wigner , B. d'Espagnat
 - Refonte totale :
 - La théorie alternative à var cachées de Broglie, D. BOHM,
 - Th des cordes
 - La MQ n'est pas sensé représenter la réalité
 - Approche positiviste – N. BOHR → W. H. S. Hawkins

En.....résumé (!!)

R

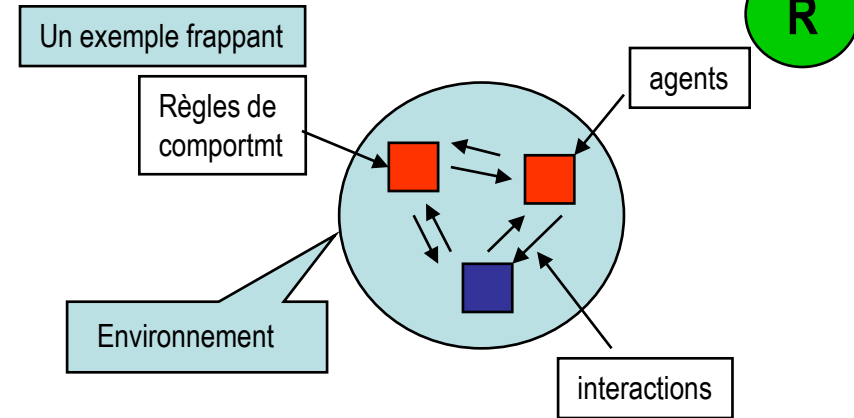
Arbre des solutions du problème de la mesure



- Pourquoi une TOE
 - Intellectuellement par souci de complétude
 - Tradition scientifique
 - « Connaître l'esprit de Dieu »
 - Saisir le tableau ds son ensemble
 - ..
- Parce que R-générale et M-Q sont incompatibles
 - Et alors ?
 - $RG \rightarrow \infty$ grand
 - $MQ \rightarrow \infty$ petit
 - Sauf que , il ya un moment ou l' ∞ grand était ds l' ∞ petit
 - Astrophysique $\rightarrow$ univers
 - Soupe baryonique
 - Acquisition de masse (mécan. de Higgs)

Sans oublier la complexité* , parce que jusque là... c'était simple....part-I

Une 1 ère réflexion sur émergence et complexité



→ Interactions multiples, Non-réversibles, Non représentables mathématiquement :

→ Tout ça devrait bien donner un peu d'émergence ,non ?

- **La matière tangible émerge en effet d'une soupe intangible et improbable essentiellement constituée de vide et de champs**
- **Et c'est totalement incompréhensible , mais c'est comme ça.....**

DE L'EMERGENCE quantique : 4 contributions

- Robert LAUGHLIN
 - ci-après
- David DEUTSCH
 - L'unification des 4 théories (dont le MULTIVERS) supportant les 4 fils de la réalité, conduira à une compréhension du monde supérieure y/c une explication de la conscience .
 - À l'instar de l'émergence de la vie des lois physique , de même la réponse à « qu'est-ce que la conscience? » nécessite la prise en compte de la théorie quantique ← émergence quantique
- Roger PENROSE
 - Le « ah » éclair d'intuition / compréhension est une émergence analogue à la réduction quantique
 - La conscience est une émergence quantique (bis)
- Ilya PRIGOGINE
 - Le complexe est bcp + complexe qu'on ne le croit
 - Le complexe ne se simplifie pas
 - Simplifier le complexe c'est se tromper de point de vue et conduit à des impasses
 - La complexité est au cœur de l'irréversibilité et en définitive de la fameuse « flèche du temps »

Robert LAUGHLIN

- R.Laughlin = prix Nobel de physique N98
 - effet HALL quantique fractionnaire
 - Chantre du concept d'émergence en physique
 - Base de sa Théorie sur fluides quantiques
- Nous vivons la fin du réductionnisme : expliquer le fctmt du tout par celui de ses parties en descendant de plus en plus au cœur des choses
 - Ça marche avec une horloge ou un moteur d'avion : problèmes compliqués
 - Ça ne marche plus avec des problèmes complexes du fait du phénomène d'émergence qui par définition ne peut être prévu dans l'analyse du fctmt des parties
 - La M-Q illustre ce point à la perfection , en ce sens qu'on ne sait pas passer de la particule à la molécule , du monde quantique au monde classique
- Changer de paradigme scientifique ?
 - Le monde n'est pas si simple : on l'a simplifié en « ignorant » 95% de la « vraie vie »
 - Et peut être que cette « simplification » serait-elle toute théorique elle-même et ne pourrait jamais traduire la « réalité » (voir Prigogine)

La MQ a mis en évidence que la nature intrinsèque des choses n'est pas simple mais complexe et a en qq sorte introduit la complexité à la faveur des 2 questions que posent le principe d'incertitude d'H et le pb de la mesure.

Robert LAUGHLIN

- La fin du réductionnisme ?
 - Les lois de la nature résultent d'une émergence qui elle même résulte d'un processus collectif d'auto-organisation
 - Pour les comprendre et les exploiter il n'est pas nécessaire de connaître les constituants élémentaires (montre et rouages)
 - Non pas la fin du Réductionnisme mais sa remise à sa vraie place
 - Toutes les lois phy que nous connaissons
 - Sont d'origine collective
 - Sont découvertes et non déduites
 - La nature n'est pas seulement régie par une règle fondamentale mais par de puissants principes d'org dont la majorité n'est pas connue.
 - **Emergence est un principe physique d'organisation**
 - Exemple du champ de fleurs de Monet : de touches imparfaites émerge un résultat d'ensemble parfait

Robert LAUGHLIN

- Un petit tour par la mesure pour commencer : l'opposition physique et biologie/chimie
 - Certitude, précision et exactitude : une obsession « physique » vs
 - Vivre avec l'incertitude l'essence de la biologie
- Mesure = d° de vérité
 - Ex de la brique
 - Ex de c vs rotation de la terre :
- I.Langmuir : ce qui distingue les idées justes des idées fausses c'est que les 1 ères deviennent +claires qd la précision augmente
- Mais (voir + loin) l'exactitude absolue est un leurre , une simplification mathématique qui dénature la réalité
- Paradoxe= Ds ce monde d'incertitude imprécis et ds le cadre de cette obsession de la mesure → surnagent, émergent qq ctes fondamentales/universelles extraordinairement précises :
 - 1à-20 expériences vénérées : ex c, Rydberg, K_j, R_k, h , N, e,...
 - Qu'en penser ?
 - 1/notre monde complexe et incertain s'appuie sur des éléments fondamentaux et PRIMITIFS (au niveau le plus élémentaire comme les photons de la lumière, charge e,..) extrmement précis : → ctes fondamentales
 - 2/ **cette exactitude ne peut résulter que d'un « effet collectif »**
 - Concept d'exactitude collective (effet statistique : trafic du matin)

Robert LAUGHLIN

- Le cas le + troublant :détermination de e et h par mesure macro :
 - Josephson : $K_j = 2e/h$
 - Von Klitzing : $R_k = h/e^2$ d'où e et h
- **Effet collectif peut être plus vrai que les règles micro dont il procède :**
 - Température : OK (car pas de définition réductionniste)
 - Charge de l' e !!??:
 - brique de base de la nature ss besoin de contexte collectif ??
 - Contre-intuitif → n'a de sens qu'au sein d'un contexte collectif :
 - » **L'espace , qui n'est pas vide** ou la matière (Cu)
- Toutes les Ctes Fond nécessitent un contexte environnemental pour faire sens
- **EMERGENCE DE LA CERTITUDE VIA L'ORGANISATION**
 - → ss pb en BIOLOGIE
 - → difficile en physique : désaccord idéologique sur origine de cette certitude

Robert LAUGHLIN

- Historiquement : NEWTON = 1 ère description des lois du mvmt
 - A l'épreuve de l'expérience et vérifications multiples
 - Succès → usage spéculatif : ex de la théorie cinétique des gaz :
 - Sauf que la généralisation résulte peut-être d'un phéno collectif et ds ce cas rien ne sert de s'intéresser à l'atome.
 - D'autant plus que :
 - La MQ (déb 20 ème) → atomes et part n'obéissent pas à N
 - Lois N grossièrement fausses à ce niveau
 - Les atomes ne sont pas des boules de billard mais des vagues
 - **Si lois de N expliquent le macro et sont fausse au niveau micro , elles ne peuvent être déduites du niveau inférieur et ne peuvent être qu'une émergence de ce niveau**
 - Elles résultent de l'agrégation de la mat quantique en fluides ou solides → un phéno éminemment collectif !!
 - Lois de N sont exactes et vraies mais elles s'évanouissent dès qu'on y regarde de trop près
 - Lois de N comme approx de la MQ* = hérésie : il n'y a pas de formule d'approx et on ne passe pas de l'une à l'autre de façon continue
 - » *à l'instar de N approx de RR ← éléments négligeables
 - **La réalité quotidienne est un phénomène d'org collective la faisant émerger:**
 - « More is different » P.W.Anderson –N77 (id Ilya P) (72):
- ***The whole doesn't necessarily act in accordance with the sum of it's parts.***
- ***"The ability to reduce everything to simple fundamental laws does not imply the ability to start from those laws and reconstruct the universe."***
- ***More is different = Fitzgerald: The rich are different from us. Hemingway: Yes, they have more money."***

Robert LAUGHLIN

- Eau, glace, vapeur
- Exemples d'exactitudes émergentes:
 - Les liquides : ne tolèrent aucune diff'ce de pression (h/G)
Les solides → 0 diff'ce en tension
 - Liq et sol en super état d'exactitude : supra cond et superfluide
 - Exactitude de régularité des réseaux cristallins → rigidité des solides
 - → 100 millions d'espacements (rayons X)
 - Analogie avec école à 10!10 élèves
Analogqmt les atomes bougent autour de leur emplacmt
 - Les erreurs ne s'accumulent pas
 - Les positions de réseau d'un solide ont un sens exact ^m qd les atomes ne sont pas exactmt à leur place → il émerge une exactitude → qui gouverne la soudaineté de la fonte
- La transition est un symptôme de présence de phéno organisationnel : elle ^m est le résultat d'une exactitude émergente
 - Transitions : glace, eau, vapeur ↔ fonte, sublimation
 - Etat collectif ↔ comportement exacts sur g'de échelle , inexacts /inexistants à petite → ne peut changer qu'à g'de échelle , abruptement → transition d'état
 - Ex Eau-Vapeur : c'est la surface qui les sépare, qui est le phéno émergent
 - La mer et le ciel : les nuages et la pluie ← à g'de échelle

Robert LAUGHLIN

- L'organisation fait exister les objets (!)
 - Modèle newtonien :
 - Atomes = boules de billard soumis aux lois de N
 - Solidification = agrégation de mini sphères
 - C'est leur agglomération en grds objets qui donne un sens à l'interprétation newtonienne des atomes
 - Et NON l'INVERSE
 - Ex des fullerènes (C60)
 - Concept de brisure de symétrie :
 - La matière acquiert collectivement et spontanément une propriété ou une préférence qui n'existait pas ds les règles antérieures
 - Ex du magnétisme : un sens N-S
 - La matière décide ? « au hasard » ?
 - Autres ex : vide de l'espace, l'antimatière ,etc...la vie ?
 - **Le point: la matière peut acquérir par elle ^m une très riche complexité**
 - Comme ds les institutions humaines , les lois émergentes sont peu fiables et difficiles à discerner , si échantillon faible : mais si échantillon ++ fiabilité et exactitude ++ → vraies
 - Ex: ce qu'on avait évoqué sur « le bon sens populaire » , les dictons , et surtout la convergence de la prédiction par un grand nombre

Robert LAUGHLIN

- Et le chat ds tout ça ? A-t-on tout dit sur lui? → Le pb de la mesure Q
 - Ce qu'il y a de + cinglé ds la MQ est qu'elle mélange le déterminisme horloger newtonien avec un indéterminisme probabiliste
 - L'acte de mesure interrompt l'évolution du temps déterministe
 - Néanmoins la règle probabiliste fonctionne avec précision et décrit des expériences avec g'de exactitude : elle est donc vraie
 - Commet une règle certaine peut-elle avoir un résultat expérimental incertain : le chat mort et vivant ?
 - Il ya une idée manquante : → l'émergence
 - Ça se complique qd on intègre que la matière quant est faite d'ondes de rien → l'éther , le retour....
 - La dualité ode-part n'existe pas
 - L'objet newtonien (position, vitesse) est remplacé par une 'fonction d'onde'
 - Mais l'onde agit traditlmt sur qq chose (mer, spectateurs,..) : l'éther ? Dont il n'existe aucune preuve → supprimé → qq chose ?
 - Mais le pb est que les ondes quantiques sont la matière
 - Mais ça marche (!)

- Un petit tour par l'ordi quantique
 - L'intrication permet théoriquement le calcul très hautement parallèle
 - Factorisation des nombres (produit de 2 nombres premiers)
→ à la base de la crypto
 - Algorithmes de Schor et Grover
 - Laughlin n'y croit pas : Comment va-t-on lire les réponses :
 - si quantique → indéterminisme quantique → ordi faillible = inutile!
 - Ce qui fonde la fiabilité informatique c'est la 'newtonianité' émergente
 - Loi de Moore et densité composants
 - Dans ~10 ans → niv quantique → erreurs → fin d'une ère

Robert LAUGHLIN

- Von Klitzing
 - L'effet Hall
 - VK : transistors à effet de champ → résistance de Hall/densité → valeurs quantifiées extrm't stables
 - S'exprime en fct de e, h , et c composantes de base de l'univers
 - On peut mesurer ces composantes de base au niveau macro
 - Expériences surabondantes : précision + si nombre échantillon+ et température –
 - « Exactitude stupéfiante »
 - Qq soient les impuretés et différences
 - Effort théorique → les impuretés améliore la précision !!
 - La perfection émergeant de l'imperfection
 - De +: l'effet disparaît si échantillon -- $\leftrightarrow$ aspect collectif du phéno
 - Pour LAUGHLIN : un tournant où la phys est clairement sortie du réductionnisme pour entrer ds l'ère de l'émergence
 - « Du point de vue réduct » la loi phys est l'impulsion causale de l'univers , elle vient de nulle part et tout est son effet. Du point de vue émergentiste la loi physique est une règle de comportement collectif , elle est souvent la conséquence de règles de comportmt plus primitives à l'étage en dessous et son effet est de permettre la prédiction ds une fourchette limitée de conditions ambiantes »
 - « Au dela de cette fourchette elle perd toute pertinence et est supplantée par ses filles ou mère. »

Le Prix Nobel de physique a été attribué en 1985 à Klaus von Klitzing pour l'**effet Hall quantique entier** et en 1998 à Robert B. Laughlin, Horst L. Störmer et Daniel C. Tsui pour l'**effet Hall quantique fractionnaire**.

- Le SON , émergence quantique ?
 - Passage du son ds les solides
 - Transducteur
 - Intensité --→ impulsions énergétiques aléatoires
 - quantifiées
 - Transmission quantifiée d'impulsions
 - La quantification du son est un ex d'émergence de particules qu'on peut exactmt décrire en MQ des atomes (solide cristallin)
 - Si intensité ++→ se transforment tonalité :
 - Émergence de la réalité N à partir de la MQ
 - Si intensité très faible pas d'émergence :
 - » → Il existe donc bien des part de son : phonons
 - » Grande analogie : photon-phonon
 - » Mêmes propriétés quantiques (ex capa calorif solide cristallin vs espace)
 - » → par analogie: la lumière serait-elle émergente ? → ? pas évident

- Einstein et le tissu de l'espace temps
 - Importance des symétries et symétrie de la RR
 - Même comportmt qq soit le mvmt de l'observateur
 - Une découverte , pas une invention
 - » Immédiat aujourd'hui
 - » Ancienne vision basée sur observations incomplètes et inexactes
 - Prouvée vraie
 - La RG par contre → invention
 - Aboutit à conceptualiser l'espace comme une substance : retour à l'éther en tout cas à qq-chose = un éther relativiste (vitre de fenêtre)
 - Convergences des trajectoires de corps qui tombent sous l'attraction G, vers le centre de la terre → trajectoires = méridiens d'une surface –espace-temps -- plus large déformée par la masse
 - Cte cosmologique = densité de masse uniforme de l'éther relativiste
 - » 0 puis non, puis oui , puis aujourd'hui non
 - » Devrait être très élevée : si petite → il ya qq chose qui contrebalance les forces G et ce ne peut être que le fait de l'éther relativiste ss qu'on ne comprenne comment
 - Le vide de l'espace n'est pas vide
 - La lumière et la G sont liées et sont toutes 2 d'origine collective
 - » La lumière réelle (vs N théorique) contient de l'Eie
 - » Cette Eie devrait → masse → qui devrait générer une G , ce qui est ignoré qd on dit l'espace est vide
 - Laughlin imagine E de retour :
 - Son principe de R n'est pas du tout fondamental mais émergent ← propriété collective de l'éther relativiste qui devient de + en+ exacte à g'de échelle et s'évanouit à petite.
 - Le tissu de l'espace-temps serait pas seulement la scène sur laquelle se joue la vie mais un phéno organisationnel et donc qq-chose derrière pour l'expliquer.

Robert LAUGHLIN

- « Le carnaval des babioles » (sic) et des « nanobabioles »(1)
 - Anecdote sur comment ne pourrait-on pas faire de photo captivante de l'Utah ou de ce qu'on voit au microscope électronique :
 - À cette échelle n'importe quelle surface a l'air captivante
 - Preuve de l'action de puissants principes d'auto-organisation
 - » Expliquer le rgmt parftmt ordonné des atomes : OK
 - » Mais la reproduction à l'échelle infinitésimale de paysage macro avec toute la diversité et complexité que cela ss-tend,
 - » Dans un monde qui compte un nombre gigantesque d'éléments la complexité n'est pas l'exception, c'est l'absence de complexité qui est exceptionnelle :
 - » La simplicité en physique ne peut être qu'un phéno émergent et pas un état découlant d'une mathématique évidente
 - L'aléatoire et le complexe : le dé
 - » L'aléatoire → sortir 3, mais 3 lui-même n'est pas aléatoire ; seule peut l'être le processus de sélection
 - » De ^m une forme isolée ne peut être complexe : seule peut l'être le processus physique de sélection :
 - » Si instable → forme complexe
 - » Si stable → forme simple

Robert LAUGHLIN

- « Le carnaval des babioles » (sic) et des « nanobabioles »(2)
 - La simplicité est l'exception → le complexe qui ressemble au vivant/réel émerge si les conditions micro l'autorisent : attaque en règle de la « complexité »
 - » On ne peut le prouver mais « l'intuiter » : par la théorie de la complexité (nous y voilà !! Pg 171)
 - » Et je cite: « la stratégie de la th de la compxté consiste à simplifier et à abstraire les éq du mvmt de la matière pour pouvoir les résoudre de façon sure par ordinateur . Ce faisant –pacte avec le diable– car les eq résultantes déforment complètement les choses et ne représentent plus la réalité/nature. La valeur de la th se limite donc à montrer que l'émergence est raisonnable Elle ne peut fournir un modèle prédictif d'aucun phéno naturel et ne constitue pas un mode de pensée radicalement nouveau [!]»
 - Ce qui est intéressant c'est de visualiser des principes d'auto-organisation à l'œuvre : c'est possible → donc vraisemblable pour le réel
 - mais ça ne va pas plus loin (??)
 - Les nanobabioles nous envahissent : pour rien , en définitive...ou pour se faire plaisir !!
 - Les belles photos au microscope –e sont des nanobabioles → aucun usage connu hors le divertissement
 - Au passage attaque en règle également de la nanotechnologie sans toutefois méconnaître sa certitude qu'une nouvelle loi organisationnelle émerge à cette échelle , qui serait potentiellement pertinente pour le vivant et porteuse d'importantes découvertes.
 - Attaque plutôt sur l'approche de la nanotechno qui potentiellement regorge de promesse qui ne pourront se révéler que si
 - 1/ on se résout à abandonner les babioles qui nous envahissent et cachent la forêt , pour trouver un nouveau paradigme
 - 2/ si on sait s'accomoder de l'opposition chimiste-physicien (dilemme sur qui comprend le mieux l'auto-org émergente) :pour qu'ils coopèrent vers un enjeu énorme :
 - la recherche actuelle sur la vie par convergence de la phys à nanoéchelle et de la biologie

Et PAN sur la complexité !!

- L'ère de l'émergence :
 - L'émergence = la nouvelle frontière
 - De l'ère du R à celui de l'E
 - » La quête de la loi ultime bascule du **comportmt de l'élément à celui du collectif**
 - » Fin du mythe du **pouvoir absolu des maths**
 - L'ère du bon sens et de la juste appréciation des merveilles de la nature et de l'effet d'organisation collective
 - La théorie des cordes est un parfait exemple de Dinde fourbe :
 - » Aucune utilité pratique : sauf → mythe de la théorie ultime
 - » Un splendide ensemble d'idée qui demeurera pour toujours au-delà de notre portée
 - » Ne fait aucune place à l'émergence ni à la loi obscure
 - Les lois de la MQ , les lois de la chimie , les lois du métabolisme, et les lois de la fuite des lapins devant les renards s'engendrent les unes les autres mais **en définitive ce sont les dernières qui comptent pour les lapins**

Contributions : Ilya PRIGOGINE –N77(chimie)

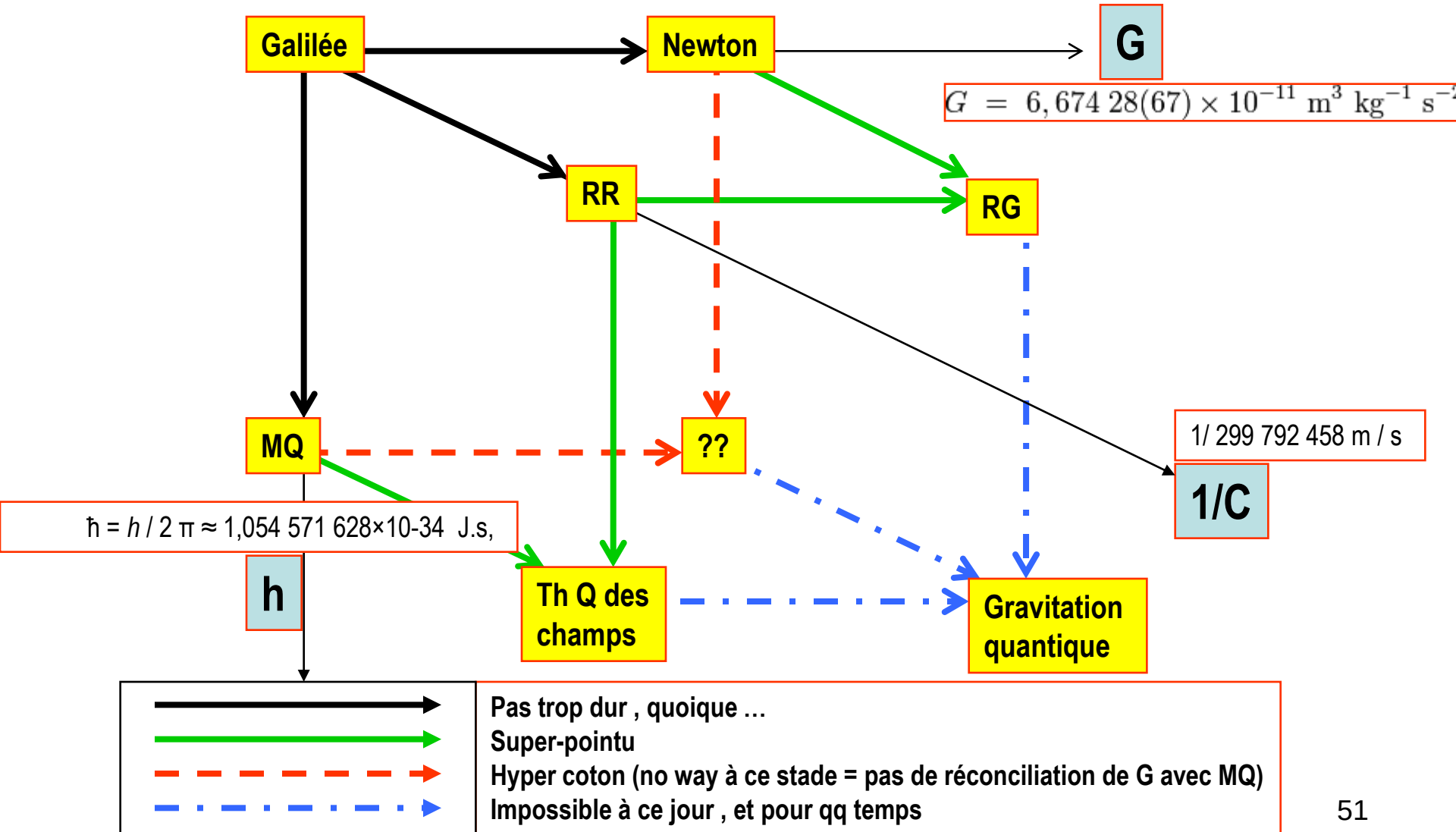
- Le temps et le problème de l'irréversibilité
 - L'exact n'existe pas
 - L'outil math est exact → La réalité ne l'est pas, l'exact restera tjrs théorique
 - Exemple du pendule = cas très particulier vs une généralité entremêlée
 - Analogie avec le principe d'indétermination d'H
 - **C'est cette réalité qui crée l'irréversibilité du réel par rapport à la réversibilité du théorique**
 - » Une approche de la « flèche du temps »: Analogie Boltzmann , Heis: approche statistique
 - » Le démon de Laplace est définitivement vaincu ← La catastrophe de POINCARÉ
 - **L'impasse de la fin du 19 ème : l'impossibilité de trouver un sens à l'irréversibilité dans un monde (décrit) de trajectoires réversibles**
 - Le phénomène quantique suppose l'irréversibilité : les interférences sont telles qu'un événement micro produit un effet au niveau macro , observable
 - Plus encore : le pb de la mesure est un processus irréversible qui ne peut être représenté par l'éq de SchrÖ :
 - » Celle-ci marche avant : on est ds le monde Q : les états sont superposés avec leur probabilités propres
 - » Et pas après où un seul état est privilégié et les autres proba tombent à 0
 - Coexistent donc en M-Q 2 types d'évolutions :
 - » Une continue et réversible (eq de Schrö est linéaire)
 - » Une discontinue et irréversible lors de la mesure
 - **Ne convient-il pas d'examiner le problème sous un tout autre angle : la définition infiniment précise des conditions initiales nécessaire pour la définition d'une trajectoire n'est pas seulement une « idéalisation » mais encore une « idéalisation inadéquate »**
 - Alors , nous connaissons pas seulement une trajectoire précise et unique dans l'espace de phase , mais un ensemble de trajectoires ce qui est une nouvelle façon de décrire le problème et son évolution (description dynamique)
 - » *Le complexe est bcp + complexe qu'on ne le croit*
 - » *Le complexe ne se simplifie pas*
 - » *Simplifier le complexe c'est se tromper de point de vue et aboutit à des impasses*
 - C'est le problème du passage à la limite : le point ,etc...

$$\hat{H}|\psi\rangle = i\hbar \frac{d}{dt}|\psi\rangle$$

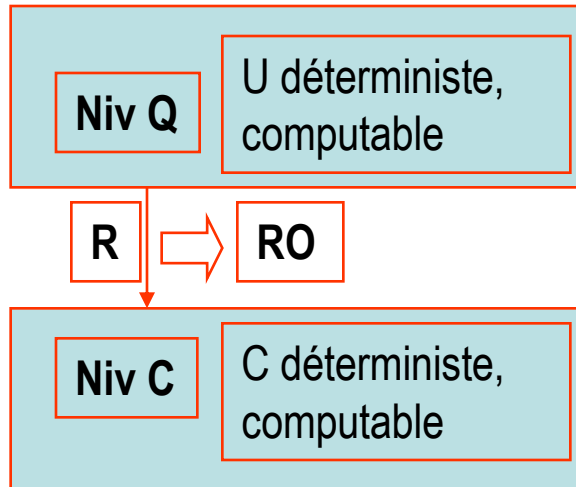
Contributions : Roger PENROSE (8/8/31)

1972 Fellow de la [Royal Society](#).
 1975 avec [Stephen Hawking](#), Médaille Eddington de la [Royal Astronomical Society](#).
 1985 [Médaille Royale](#) de la [Royal Society](#).
 1988 avec [Stephen Hawking](#), [Prix Wolf](#) en physique.
 1989 [Prix Dirac](#) de l'Institut de Physique du Royaume Uni.
 1990 [Médaille Albert Einstein](#) de la [Société Albert Einstein](#) de Berne. ETC.....

QQ mystères cachés au fond...



Contributions : Roger PENROSE



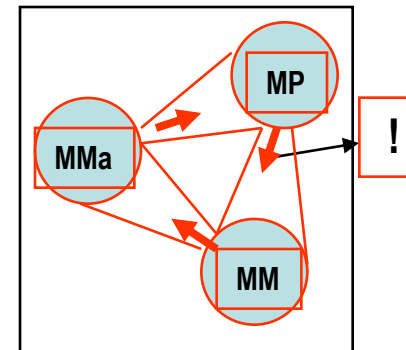
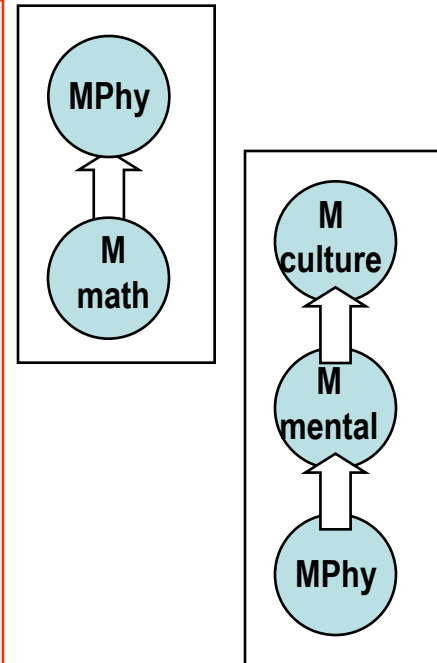
- Les mystères Z et X de la MQ
 - Z= puZZling= superposition, intrication ,
 - X= paradoXaux → R= réduction quantique :
 - 2 mondes (grecs) ss transition
 - Pas d'explication de R
 - Nécessité d'inventer une nouvelle th RO , non computable

- La phy-C ne se déduit pas de la Phy-Q en 1 ère approx ,
 - comme la M-C est une approx satisfaisante de la RR
- La physique n'explique pas tout → voir diagramme pg suivante :
 - Elle ne pourra le faire qu'en intégrant des éléments non-comp.
 - En particulier la proba que l'U soit né avec une entropie extrmt faible ds un état d'ordre parfait est quasi nulle → il manque dnc qq chose qui pourrait se trouver ds la jonction « gravité quantique »
- La RO ci-dessus pourrait amorcer cette G-Q

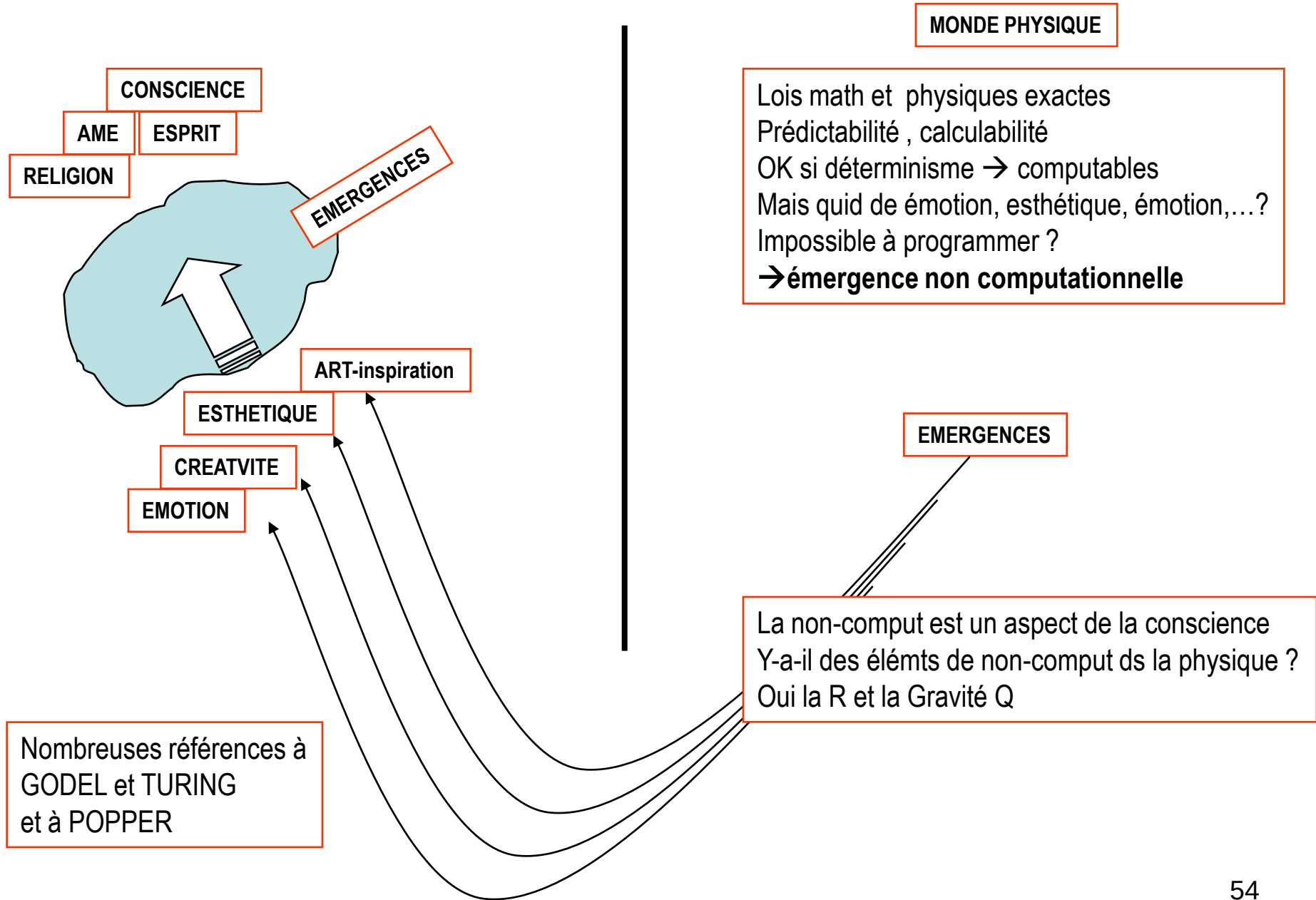
Contributions : Roger PENROSE

- Les MONDES :

- Le M phys se déduit/émerge du M-math ou M-platonicien et non l'inverse
 - Le M-Math existe en soi → la phy en émerge
- Si l'on s'intéresse à l'esprit :
 - Le M-mental , le M-culture (Popper)
 - Le M-phy génère le M-mental lequel génère le M-cult par émergence successives
 - Des émergences , problmt non-computat qui restent des mystères
 - Ces mondes interagissent :
 - Peut-on comprendre le M-mental en termes phys ?
 - 3 conditions
 - 1/ l'ensemble du M-phy peut être décrit en math(dét)
 - 2/ le M-mental est fondé sur la phy
 - 3/ tout élément du M-math/plato est accessible à nos moyens mentaux
 - Ceci permet une approche de la conscience par la physique : schéma pg suivante



Contributions : Roger PENROSE



Contributions : Roger PENROSE

- 1/ Les maths décrivent extrêmement précisément la réalité physique
- 2/ Néanmoins les maths abstraites ne peuvent être programmées (non-computable) pour trouver de nouveaux théorèmes
 - RP démontre ceci par une variante de Gödel
 - Les processus de pensée math, de la pensée et du conscient passent par des voies non computationnelles (cf « Ombres et esprit »)
 - Les pb de la MQ et de la conscience sont liés
 - Non localité , superposition, cohérence Q ..
 - Aspects non-computat. De R (réduction Q)
- 3/ et pourtant le monde physique émerge du monde math

Contributions : David DEUTSCH* = « L'étoffe de la réalité »

- Livre dédié à : Karl POPPER, Hugh EVERETT, Alan TURING, Richard DAWKINS
- 4 théories à forts pouvoirs explicatifs contestées sans alternatives sérieuses (pb des « paradigmes ambiants ») et non intégrées ds la compréhension du monde
 - La Physique Q , la + importante = H.E., 20 ans > Copenh , support JA Wheeler
 - La th Q est vraie → univers multiples : Photon réel et fantôme ← auto-interférence
 - Impossible sinon d'expliquer l'auto-interférence mais aussi des choses comme « le libre arbitre »
 - La théorie du calcul : Principe de Turing non contesté
 - un ordi peut simuler n'importe quel envrmnt physique , si oui:
 - IA est possible: intelligence, conscience, libre arbitre , émotions
 - Ordi quant = le lien entre la 1^{ère} et la 2^{ème} :
 - » idée de R.Feynman : expliquer le Q par le Q
 - » Mais aussi = factorisation d'un nombre de 250 chiffres impraticable en classique → possible en quant (+Shor) : 10!500 univers en interf'ce
 - Déjà opérationnelle et commercialisée :Crypto quantique et algo de Bennett & Brassard
 - La théorie de l'évolution : Darwin revu et renforcé par Dawkins
 - Répliqueurs : ce n'est pas la variante la + adaptée de l'espèce , mais celle du gène → qui survit : « gène égoïste » , celui qui se réplique le mieux
 - L'épistémologie de Popper est majtrmt acceptée mais ne fait partie de la constitution du monde que pour très peu
- Les 4 fils qui tissent la réalité :
 - L'unification des 4 expliquera bcp :
 - Ex la conscience dont la compréhension demande la prise en compte de la th quantique (et du concept de multivers) et de la manière dt s'accroît le savoir ds le cerveau et enfin de ce qu'est le savoir en termes physiques : explication que la th class du calcul rend impossible mais possible en quantique.
 - Autre ex: le Libre-arbitre impossible à gérer (déterminisme) ss le multivers qui le rend compatible avec la physique
 - Emergence et complexité font clairmt partie de la constitution du monde selon D.D.

CONCLUSION-1

R

- Un exposé sur la M-Q ds le cadre d'un G'pe COMPLEXITE ?
 - La M-Q n'aurait-elle pas été le « déclencheur » de l'intérêt pour la COMPLEXITE
 - Il était une fois un monde déterministe et « parfait »
 - Un monde aseptisé, stérilisé, sans frotts, sans ... =
 - les choses étaient à leur place et il n'y avait pas de place pour le hasard
 - Les choses étaient prédictibles et reproductibles
 - La science avait « compris » la nature en la « karchérisant »
 - Tout fonctionnait bien → expériences elles-mêmes étaient faites « pour »
 - Un monde sans incertitude, ss ambiguïté, ss complexité (THX1138)
 - Ce monde avait « culminé » avec N et M
 - Mécanique (partclrt « céleste ») et elec/magn sont prtclrt « clean »
 - Et avait commencé à percevoir le coté complexe avec
 - Thermodynamique et mécanique des fluides
 - BOLTZMANN, Navier-Stokes, etc..->méca stat → E
 - H.POINCARÉ
 - Jusqu'à ce que la M-Q → fasse éclater le paradigme
 - Très exactmt → non pas B mais Heisenberg :1925
 - Force à « sortir du cadre »
 - Id: irrégularités ds traject Mercure
 - » Ds cadre → instisft → h/cadre → E-relativité
- La nature est complexe ds ses détails, imprévisible et souvent incontrôlable
- Une nouvelle science est à inventer
 - Refermer la boucle :
 - Recherche actuelle n'est-elle pas trop conduite par notre culture, ds le cadre réductionniste
 - A quoi cela servira-t-il de trouver la clé de l'unification si elle n'opère que ds le 10^{-18}
 - La théorie des cordes → postule 6 dimensions cachées supp ds l'infiniment petit
 - Attention aussi au « à quoi cela servira-t-il ? » → Bell-telephone, Faraday- electricité
 - Ne convient-il pas d'aborder les pb's « autrement », en dehors du cadre ?

CONCLUSION-2

R

- Qq questions , pistes de reflexion
 - Les maths sont-elles la réalité ou un outil d'interprétation de la réalité ?
 - Le principe d'incertitude concerne –t-il ce que l'on sait de la réalité ou décrit-il la r-elle-même
 - La réalité est-elle une émergence?
 - La décohérence, responsable de la transition quantique/classique, ne peut être expliquée par la mécanique quantique. La réalité classique que nous percevons **émergerait** naturellement d'une description fondamentalement quantique, réconciliant ces deux visions d'un même monde.
 - Les lois de la nature « émergent-elles » d'un niv n à $n+1$?
 - Robert Laughlin mars 2005 (Un Univers différent) → ' toutes les lois de la nature sont « émergentes »'. Elles résultent d'un comportement d'ensemble, et sont pratiquement indépendantes de celles qui régissent les processus individuels sous-jacents.
 - « expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple »
 - Les 4 fils de l'étoffe de la réalité (David DEUTSCH) :
 - 1 - l'Evolution avec Dawkins
 - 2 – la Physique quantique avec Everett
 - 3 – la Connaissance avec Popper
 - 4 – le Calcul avec Turing
 - Conscience et M-Q = 2 « émergences » remarquables – seraient-elles liées (Penrose)
 - La vie et l'évolution autres émergences remarquables
 - La physique des part. et l'évolution : 2 théories intrinsèquement liées ? (selon M.Gell-Mann)
 - E=« Le plus incompréhensible ds l'univers est qu'il soit compréhensible par l'homme »
- La théorie de la COMPLEXITE est-elle un outil suffisamment élaboré
 - Apport de l'informatique et de la simulation , certes , mais
 - La puissance de calcul et la rapidité d'itération sont-elles suffisantes
 - L'ordinateur quantique sera-t-il la réponse ?

CONCLUSION-3

- Ce n'est pas le complexe qui émerge mais l'exact et souvent le simple
- Pour qu'il en soit ainsi cela prouve que cette émergence est sous-tendue par l'effet collectif de principes d'organisation forts
- PARADOXE:
 - L'étude de la complexité nous a laissé penser que l'émergence était non prédictible car non répétitive car dépendant étroitement et de façon très sensible des conditions initiales.
 - Laughlin défend l'idée qu'au contraire la C produit une émergence par effet d'organisation collective qui est à la fois exacte –extrmpt précise--et parfaitement répétitive : à creuser ?
- **En définitive ce sont les dernières lois qui comptent pour les lapins :**
 - A l'instar des lapins intéressons nous au niveau macro émergent plutôt qu'à la TOE.
- Le principe d'émergence → ***s'affranchir des échelles de grandeur*** :
 - travailler à un niveau très supérieur et unifier les lois de la physique et de la biologie → l'humain revient ds le champ d'étude au lieu de lui demeurer extérieur (réductionnisme).

En creusant la question il m'est apparu qu'il serait difficile de trouver un meilleur exemple que la M-Q pour illustrer la complexité et son nécessaire avènement. Au point que → Cette conférence aurait du s'intituler
'De la mécanique quantique comme parfaite illustration de la Complexité-Emergence'

CONCLUSION-4

- Peut-être que les maths n'englobent-elles pas complètement la physique et donc ne peuvent rendre compte complètement de la « réalité »
- Peut-être certains phénomènes ne sont-ils tout simplement pas « computables », mais émergents
- Peut-être cette émergence découle-t-elle de capacités intrinsèques de la matière (brisure de symétrie) ou de principes d'organisation collectifs forts.
- Alors conviendrait-il de prendre le recul sans lequel, le champ de coquelicot de Monet se réduit à qq taches sans signification
- A moins que tout ceci ne se passe ds des univers multiples qui interfèrent entre eux et que les caractéristiques physiques (quantiques) de dualité, superposition, intrication, permettent grâce à l'ordi quantique de surmonter la fameuse barrière d'impraticabilité (D.D. et Feynman) (voir ci-dessous vs imprédictibilité)

Les systèmes classiques complexes sont imprédictibles du fait de leur sensibilité aux conditions initiales

Les systèmes quantiques « semblent » imprédictifs car leur comportement varie selon l'univers du Multivers ce qui donne l'impression d'aléatoire ds un univers donné : améliorer les moyens de calcul → ne change rien

Par contre impraticabilité → oui, dépend complètement des moyens de calcul

That's all folks

R

Merci de votre attention

Ouf



Allez, une aspirine et au lit.
Et pas de questions , surtout

- I-Notes
- II-Bibliographie-Liens (voir part-I)
- III-Les expérimentations (voir part-I)
 - Des photons un par un
 - Expériences = Interféromètre de Mach-Zehnder
 - Les accélérateurs
 - L'incontournable « chat quantique »
- IV-Qq sujets clés (voir part-I)
 - La matière
 - Les 4 forces de la nature
 - La lumière
 - Intrication et Décohérence
 - Complexité et Emergence
 - Le 'Modèle Standard'
- V-Qq utilisations actuelles ou futures (voir part-I)
 - Le laser
 - La Cryptographie quantique
 - L'Ordi quantique
 - La Télé-portation quantique
- VI-Les ACTEURS clés (voir part-I)
- VII-Ils ont dit

Notes -1 :Sommaire de « Un Univers différent »

- " Nous vivons la fin du réductionnisme. La fausse idéologie qui promettait à l'humanité la maîtrise de toute chose grâce au microscopique est balayée par les événements et par la raison. Non que la loi microscopique soit fausse ou vaine. Elle est seulement rendue "non pertinente" dans de nombreux cas par ses filles, et les filles de ses filles, à plus haut niveau : les lois organisationnelles de l'univers. "
- Telle est la passionnante conclusion de Robert Laughlin, qui donne à travers cet ouvrage une vision globale et donc réenchantée du monde physique et de l'univers. Partant du principe " more is different " - l'accumulation quantitative devient changement qualitatif -, il estime que les réalités physiques qui nous entourent sont d'abord régies par de puissants principes d'organisation et non réduites à ce qui se passe au niveau du tout petit.
- L'apparition de ces lois physiques ne résulte pas d'une évolution logique et prévisible des règles microscopiques, mais d'une rupture qui les met hors jeu, l'émergence soudaine d'" autre chose" :
 - les grands systèmes ont des propriétés collectives qui disparaissent complètement dès que l'échantillon est trop réduit.
 - Ce point de vue éclaire utilement les rapports complexes entre mécanique quantique et physique newtonienne.
 - Laughlin souligne ainsi le rôle des réalités émergentes dans l'expérimentation sur le monde quantique, conteste l'intérêt d'une " informatique quantique ", puisque les ordinateurs doivent leur fiabilité aux lois newtoniennes, et ironise sur les " nanobabioles ".
- L'émergence implique qu'on ne trouvera pas la clef de l'univers par une démarche " réductionniste " - en descendant toujours plus loin dans l'infiniment petit -, et qu'on ne le comprendra pas non plus par la pure logique mathématique. La loi physique ne peut être découverte que par l'expérience. On est donc loin de la " fin de la science ".

II-BIBLIOGRAPHIE

R

- Le TOP , les incontournables , faciles à lire, mais niveau très correct :
 - La magie du cosmos - Brian Greene –VI-1***
 - L'univers élégant –Brian Greene –VI-2
 - Un peu de science pour tout le monde – Claude Allègre—V ***
- Pour ceux qui veulent creuser la question ss équations :
 - Un univers différent – Robert LAUGHLIN ***
 - L'étoffe de la réalité –David Deutsch-III ***
 - De la matière de J-M Levy-Leblond-IV ***
 - Lumière et matière de R.Feynman –VII-0 ***
 - Les lapins de M.Schrodinger - Colin Bruce ***
 - Une brève histoire de l'univers – S.Hawkins XII
 - Le facteur temps sonne jamais 2 fois- Etienne Klein-VIII-1
 - Les tactiques de chronos
 - Conversation avec le shinx ***
 - L'atome au pied du mur
 - Même pas fausse(théorie des cordes) Peter Woit-XIV
 - Dieu et la science – Bogdanoff et Guiton-XV
 - From certainty to uncertainty – D.Peat-I ***
 - Pour un principe matérialiste fort – JP Basquiat-XX ***
 - Le cantique des quantiques –Sven Ortoli-JP Pharabod-XIX
 - La physique quantique (Petit précis de M-Q) –John Gribbin XI ***
 - Initiation à la mécanique quantique V.Scarani-XVI
 - Poussière d'étoiles H.Reeves-XII
 - Les 2 infinis –R.Penrose –XXI ***
 - Entre le temps et l'éternité –Priogine - XXIII
- Pour se spécialiser , avec des équations a gogo
 - Mécanique quantique – le cours de R.Feynman –VII-2
 - Mécanique –le cours de Feynman-VII-1***
 - Le cours de JL-Basdevant à l'X-XVIII
 - Le PENROSE , le cours-XXII
 - Quarks & leptons –F.Halzen,A.D.Martin-XVII

II-LIENS



Des photons intriqués à l'information quantique

par
Philippe GRANGIER
directeur de recherche à l'Institut d'optique
du CNRS,
professeur à l'Ecole polytechnique

<http://vpod.tv/dfailly/201962/videoPlayer> DE ROSNAY SUR COMPLEXITE

http://www.dailymotion.com/video/x6fr8u_ce-qu-einstein-ne-savait-pas-

video en 3 seances sur "string theory" par Brian GREENE

http://www.colorado.edu/physics/2000/science_trek.html

cours très imagé , interactive et simplifié de l'univ du Colorado _ super

<http://narjesbbs.googlepages.com/intro>

site spécialisé sur la complexité

www.techno-science.net Voir le sujet - Citations quantiques

Antony Garrett Lisi - Wikipédia

Accueil Assoc pensee complexe

The World Knowledge Dialogue - The World Knowledge Dialogue

<http://www.automatesintelligents.com-biblionet-2007-avr-pmf.html>

Automates Intelligents Robotique, intelligence artificielle, vie artificiell...

Canal-U - A la poursuite de la particule fantôme (1997)

Canal-U - Albert Fert, médaille d'or 2003 du CNRS

Canal-U - Cordes, les instruments de l'ultime

Canal-U - Einstein aujourd'hui

Canal-U - Electromagnétisme (2003)

Canal-U - Et si Dieu jouait aux dés (2000)

Canal-U - La lumière

Canal-U - La physique quantique

Canal-U - Le proton nous enterrera tous (1985)

Canal-U - Les cyclotronistes du Collège (2006)

Canal-U - Les tests et effets de la physique quantique

Canal-U - Nanotechnologies la prochaine révolution industrielle

Canal-U - Qu'est-ce qu'une particule (les interactions des particules)

Conférences de la Cité des Sciences et de l'Industrie - Paris

Google

Vitória Vers une nouvelle espèce

Dossier LHC une clé pour le futur

Problème de la mesure quantique - Wikipédia

André Lévesque

Canal-U - La physique quantique (2005)

The Official String Theory Web Site

Canal-U - Pourquoi les particules ont une masse

David Bohm, ordre implié et holomouvement - science et conscience

Edoc Force sur les interactions à voir

Le modele standard

Modèle de Bohr - Définition - Encyclopédie scientifique en ligne

La Recherche

La théorie des supercordes - Introduction

Le Boson de Higgs La Recherche, l'actualité des sciences

L'interprétation de la Physique quantique

Masse des particules élémentaires

Quelle est la masse d'un photon

Rayon Z

Résultats Google Recherche d'images correspondant à <http://www.di...>

Science Daily News & Articles in Science, Health, Environment & Te...

Simulations numériques

Sujets divers

The Particle Adventure

VIDEO CLIPS FROM ICCS2002

Vitesse de la lumière - Définition - Encyclopédie scientifique en ligne

Alain Connes -- Documents

arXiv.org e-Print archive

Canal-U - Accueil

Dailymotion - Ce Qu Einstein Ne Savait Pas Encore - 11eme Dimensi..

dualité onde-particule - MSN Encarta

CENTRALE-physique

Feynman Online

<http://narjesbbs.googlepages.com-intro>

http://www.dailymotion.com-video-x6fr8u_ce-qu-einstein-ne-savait-pas-

http://www.dailymotion.com-video-x6frv1_ce-qu-einstein-ne-savait-pas-

http://www.dailymotion.com-video-x6fs7s_ce-qu-einstein-ne-savait-pa-

http://www.quantum-physics.polytechnique.fr-fr-propa_wp.html

Jeu de la vie

La physique quantique - De l'atome aux supercordes

III-Les EXPERIMENTATIONS (voir part-I)

R

- Des particules une par une : comment?
- Expériences avec interféromètres
- A plus grande échelle et pour qq \$\$ de plus...
 - Les accélérateurs : LEP, Fermilab, LHC
 - Le LHC et son objectif
- Ou ds son lab et entre voisins
 - Aspect à ORSAY s/ la « non-localité »
- Et puis ...l'incontournable chat quantique de Mr Schrödinger

IV-Qq sujets clés (voir part-I)

R

- La matière
- Les 4 forces de la nature
- La lumière
- Intrication et Décohérence
- Complexité et Emergence
- Le 'Modèle Standard'

V-Qq utilisations actuelles ou futures (voir part-I)



- Le laser
- La Cryptographie quantique
- L'Ordi quantique
- La Télé-portation quantique

VI-Les acteurs et expériences clés

R

Source Dan Styer A brief history of quantum mechanics - 8

- Galilée	1604	principe de relativité, concept de v instantanée
- I.Newton	1666	invente la mécanique classique et les outils math nécessaires
- A.Volta	1800	invente la pile voltaïque ou batterie électrique
- J.Young	1805	les fentes qui jetèrent l'obscurité sur la lumière
- M.Faraday	1838	découvre les rayons cathodiques (entre autres) expérimentateur de génie
- L-A.Ampère		théorise les exp'ces du sus-nommé
- J.C. Maxwell		ramasse la mise en unifiant l' electro-magnétisme ds une théorie fort élégante et précise
- L.Boltzmann	1877	père de la méca statistiq -précurseur de complexité ? suggère états d'E 'discrets' : se suicide par incompréhension
- W.Crookes	1879	le tube =courbe les R-cath par champ magn → pas lumière
- J.Balmer	1885	Spectre de l'H → 4 bandes
- H.Hertz	1892	l' Ω des ondes, R-cath traversent la matière (Or= Au)
- H.Becquerel	1896	découvre la radioactivité → rayons α, β, γ
- J.J.Thomson	1897	invente l'é → modèle 'plum pudding'
- M.Planck	1900	invente le quantum et sa constante → $E=h\nu$, grace au 'corps noir'
- A.Einstein	1905	explique l'effet photoélectrique (entre autres) : la lumière est quantique
- E.Rutherford	1907	découvre le noyau et sa charge +
- N.Bohr	1913	propose l'atome de BOHR – type syst solaire + niv. d'énergies / niv orbites
- Stern & Gerlach	1922	découvrent le spin de l'é
- L de Broglie	1923	propose l'onde associée de long $\lambda=h/mv$
- W.Pauli	1925	énonce principe d'exclusion → fermions individualistes vs bosons grégaires
- E.Schrodinger	1926	l' Ω de l'équation de la « fonction d'onde » : probabilité de présence
- L.Pauling	1928	M-Q appliquée à la chimie = liaisons chimiques déduites
- W.Heisenberg	1932	formalise l'expression math = pb à 2 é

LES EXPERIENCES CLES

- Fentes d'Young	1805	la lumière est une onde
- La radioactivité	1896	H. Becquerel par hasard (N1903)
- Les rayons cath	1897	tube de Thomson → l'é
- Le corps noir	1850/00	pb de calcul du rayonnmt → petit nuage
- Effet photo-é	1905	La lumière est aussi quantifiées (N1922)
- Goutte d'huile	1909	Millikan = quantification de la charge électrique (N1923) charge de l'é (visqueusement sous-évaluée..)
- Exp de Rutherford	1911	invalide le plum-pudding→ noyau concentré , le reste est vide
- Stern & Gerlach	1920	le spin est une caract des part (fermions = ½ entier—bosons = entier)
- L'é: aussi une onde	1927	Davisson et Germer → nature ondul de l'é
- Le neutrino	1955	C.Cowan & F.Reynes le découvre
- Effet HALL	1980	version quantique , par K.von Kitzing
- Intrication quantique	1982	A. Aspect à Orsay (Ph.Grangier) = Dieu joue bien aux dés et la lune n'est peut-être pas là ..

VII-Ils ont dit

R

- " Eppur, si muove!" Galilée
- « Quiconque n'est pas choqué par la théorie quantique ne la comprend pas. » N.BOHR
- Lors d'un débat, Niels Bohr se disputait avec [Albert Einstein](#) à propos de la réalité de la physique quantique. À un moment donné Einstein, excédé, jeta à Niels Bohr : « Dieu ne joue pas aux dés ! », ce à quoi Bohr répondit : « Qui êtes-vous Einstein, pour dire à Dieu ce qu'il doit faire ! »
- « *Shut up and calculate!* » (« Ferme-la et calcule! »). (R.Feynman)
- Physics is like sex. Sure it may have some practical results, but that's not why we do it R. Feynman
- "I'm smart enough to know that I'm dumb." Richard Feynman
- " Les poètes sont les physiciens du sens. Ils prennent les mots pour instrument d'investigation de l'au-delà des mots. Nature universelle dont l'univers physique n'est qu'une des facettes." Basarab Nicolescu- physicien des particules élémentaires, in " Théorèmes Poétiques.
- *"La science est une chose merveilleuse...tant qu'il ne faut pas en vivre A Einstein*
- Il est absolument possible qu'au delà de ce que perçoivent nos sens se cachent des mondes insoupçonnés. A Einstein
- " Les difficultés qu'éprouvent les physiciens et bien d'autres personnes à accepter la réalité quantique me rappellent la façon dont réagissent les enfants lorsqu'ils sont confrontés à un concept qu'ils n'ont pas encore assimilé." [L'Univers Quantique] Heinz Pagels
- " A l'échelle cosmique, l'eau est plus rare que l'or." Hubert Reeves
- " En physique comme en toute autre science, la logique seule ne règne pas, il y a aussi la raison." Max Planck
- Ce n'est pas le moindre charme d'une théorie que d'être réfutable, F. Nietzsche.
- " Il n'y a pas que les visionnaires qui créent." LOUIS DE BROGLIE
- *"A la triple questions : Qui suis-je ? D'où je viens ? Et où vais-je ? Je réponds, je suis moi, je viens de chez moi et j'y retourne"* Pierre DAC
- " Si la science ne s'intéresse pas aux choses délirantes, elle risque fort de passer à côté de choses intéressantes." Antoine Labeyrie (ast)
- " Ce que nous observons, ce n'est pas la Nature en soi, mais la Nature exposée à notre méthode d'investigation." W. Heisenberg
- *"Le soleil, avec toutes ces planetes qui gravitent sous sa gouverne, prend encore le temps de murir une grappe de raisin, comme s'il n'y avait rien de plus important. " Galilee*
- "On fait la science avec des faits comme on fait une maison avec des pierres ; mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison." [Henri Poincaré]
- "Je ne cherche pas, je trouve" Pablo Picasso
- A moins d' avoir beaucoup bu, on ne peut distinguer les photons à l' oeil nu. (Jean Yanne) (la grenouille le peut , elle) 70

Et aussi....

R

- " Si la vie est complexe, c'est parce qu'elle a une partie réelle et une partie imaginaire." Marius Sophus Lie Celui là même des « groupes de Lie » qui sous-tendent la théorie de cordes , rien moins ! Mathématicien norvégien (1842-89)
- Pour qu'une technologie réussisse, la réalité doit prendre le pas sur les relations publiques, car la nature ne peut pas être dupée." R. Feynman → commission d'enquête sur perte de la navette CHALLENGER (86)
- "For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for nature cannot be fooled."
- La vérité ne triomphe jamais, mais ses adversaires finissent par mourir." Max Planck
- J'affirme que le sentiment religieux cosmique est le motif le plus puissant et le plus noble de la recherche scientifique. A.Einstein
- Une expérience scientifique est une expérience qui contredit l'expérience commune. Gaston Bachelard
- La théorie du chaos a été inventé par les scientifiques qui paniquaient à l'idée que le public commençaient à comprendre les anciennes. Mike Barfield
- Nobody feels perfectly comfortable with it. Murray Gell-Mann
- Les objets quantiques sont dingues, mais au moins, ils sont tous dingues de la même manière. Richard Feynman
- I can safely say that nobody understands quantum mechanics. R.Feynman
- Mathematics, rightly viewed, possesses not only truth, but supreme beauty a beauty cold and austere, like that of sculpture, without appeal to any part of our weaker nature, without the gorgeous trappings of painting or music, yet sublimely pure, and capable of a stern perfection such as only the greatest art can show. The true spirit of delight, the exaltation, the sense of being more than Man, which is the touchstone of the highest excellence, is to be found in mathematics as surely as in poetry. --BERTRAND RUSSELL, Study of Mathem
- It is not at all natural that "laws of nature" exist, much less that man is able to discover them E.Schrödinger
- « Quand j'entends « chat de Schrödinger », je sors mon revolver » S.Hawkins
- Quiconque n'est pas choqué par la mécanique quantique ne la comprend pas N.BOHR