Esquisse de principes de

Mécanique Combinatoire SubQuantique

Alberto OTTOLENGHI
Honorary Fellow, Computer Science
Intelligent Systems Group, University College London (UCL)

Exposé du 15 avril 2019

Groupe modélisation quantique

Institut des Systèmes Complexes – Paris, CNRS

Contexte!

- La mécanique statistique classique utilise des dynamiques microscopiques pour dériver, à la limite, des modèles continus tels que:
  - L'hydrodynamique: méthode de Chapman-Enskog et Navier-Stokes. Cas incompressible avec petite viscosité relié à l'équation de Burgers (version réelle de l'équation de Schrödinger) et à la théorie de petite viscosité pour l'équation d'Hamilton-Jacobi
  - Les équations d'état en thermodynamique classique: des équation aux dérivés partielles pour le potentiel TD. C'est de la géométrie symplectique, dérivée à partir du microscopique en construisant un potentiel thermodynamique (fonctions de partition ←→ fonctions génératrices)
- L'analogue pour les équations d'évolution de la mécanique quantique doit être multi-composant pour pouvoir reproduire la phase complexe:
  - A la limite semi-classique les multi-composantes ne sont pas infinies, ma énumérables et finies (méthode des géodésiques brisés)
  - Pour une particule en 1D, deux composantes sont suffisantes, sans devoir être à la limite semi-classique, avec la direction (à valeurs binaires en 1D) traitée aussi comme une variable intrinsèque: modèle de G.N.Ord dans les années '90, par double recouvrement réel du modèle d'échiquier de Feynman

Passerelle inversée: transitions de phase vers des états quantiques macroscopiques

Condensés de Bose-Einstein

Supra Conductivité (BCS / Autres)

Condensés quantiques de photons: maser, laser

Ondes de Densité de Charge/Spin (BCS / Autres)

Effets Hall Quantiques

Unification électrofaible

Quarkonium, etc.

Radiation de Beckenstein-Hawking

Effet Unruh / Josephson

Gravités Quantiques

Paramètre d’ordre complexe, à partir des (quasi) particules et forces impliqués

Théorie de Landau pour les liquides quantiques (Nobel 1962)

Quasi fonction d’onde

Equation Landau-Ginzburg

Théorie effet Josephson

Plusieurs modèles en optique quantique

Quasi-simulation physique du Qubit théorique

Théorie relaxation Lindbladian / métrologie Q

Décohérence

Logique inversée

S’inspirer aux théories des liquides quantiques pour simuler de façon mathématique la vraie fonction d’onde

Notes de clôture
Mémoire de DEA, 1992
Version 1992, Research Gate (Alberto Ottolenghi), pre-print 1994 www.math.ens.f/viterbo/Ottolenghi-Viterbo.pdf

À la BCS: dynamique entre couples et réseaux

Dyons SQ	↑	↓	↑	↓
Charge	+	+	-	-
Hélicité	+	-	+	-

<u>Couplage si charge ET/OU hélicité opposée</u>

Couples de charge
ET hélicité nulle ↑↓ ↓↑

≈ onde de densité de charge et spin

Couples avec une charge
OU une hélicité non-nulle

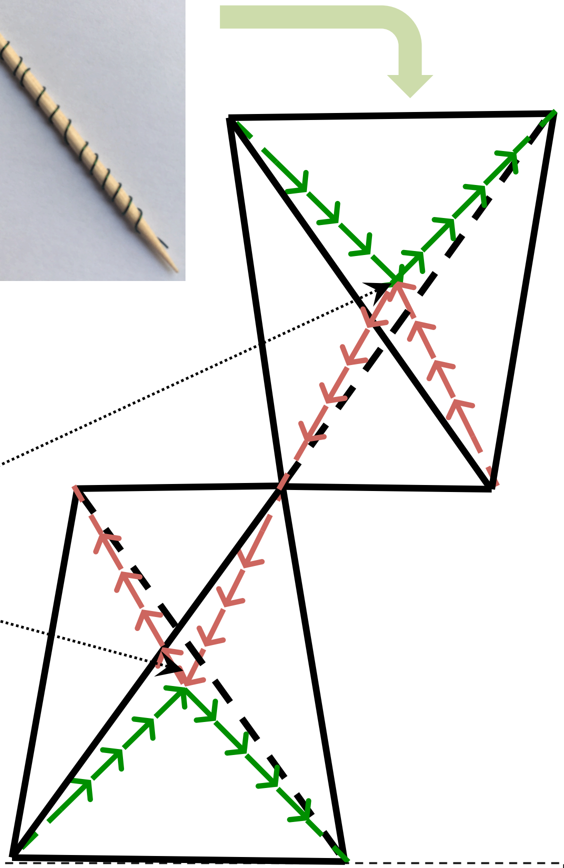
↑↑ ↑↓ ↓↓ ↓↑

≈ ph+ cp+ ph- cp-

Organisation en chaîne des dyons

Bi-chaînes ≈ photons

Condensation
(≈ inflation)

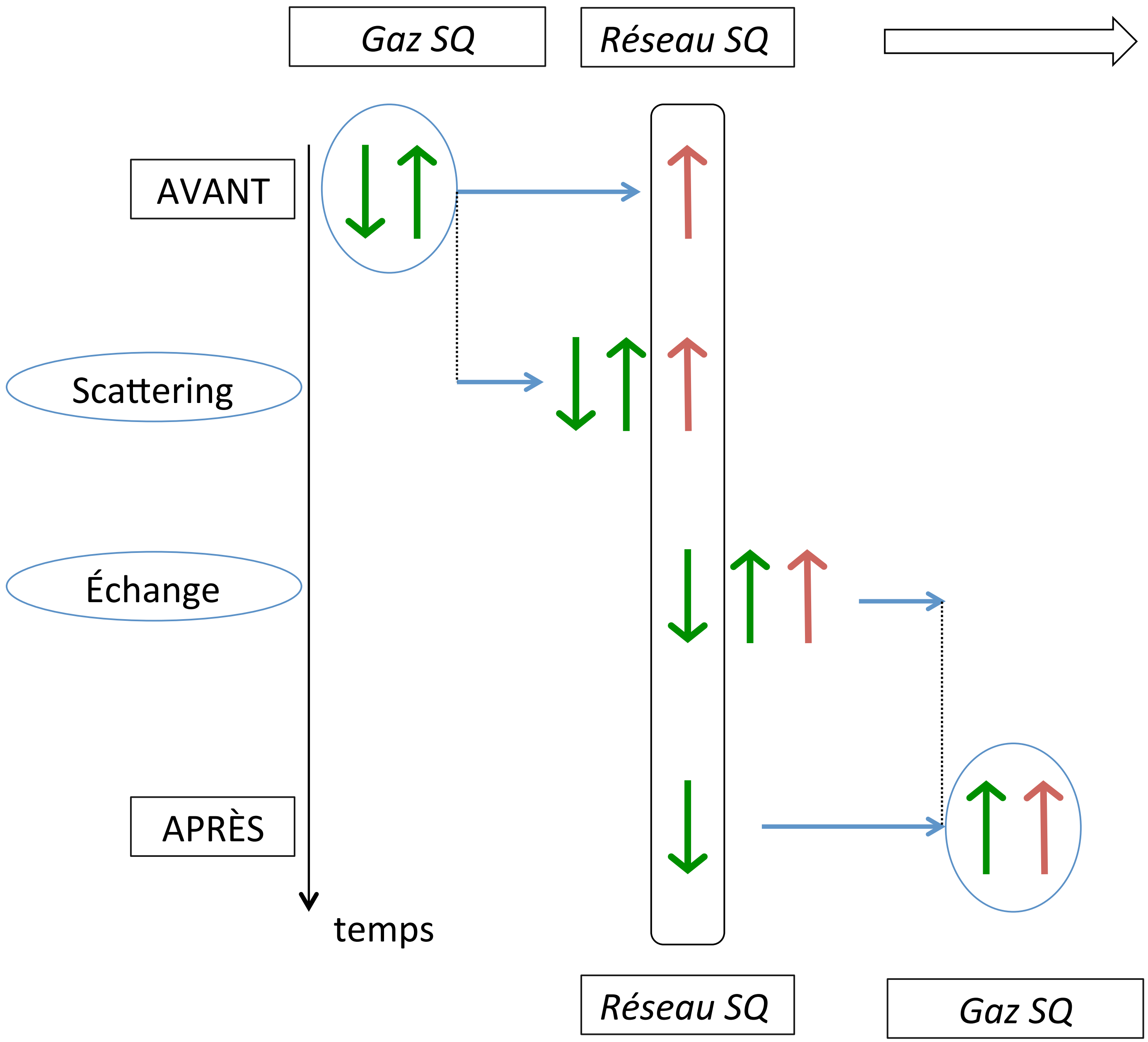


Nœuds de coordination du réseau de condensation des chaînes de dyons SubQuantiques

Cas du réseau isotrope (particule libre) en 3D
avec trois orientations de plans déformés entrelacés,
chaque plan avec la structure du graphène

Discussion du lien avec les modèles d'allocation optimale (généralisations du modèle de mariage stable par A.Weill et C.Lévi-Strauss → Facebook)

Échange gaz-réseau: comptabilité par partie double



<u>Balance comptable par le réseau pour l'échange</u>
(un compte par nœud)

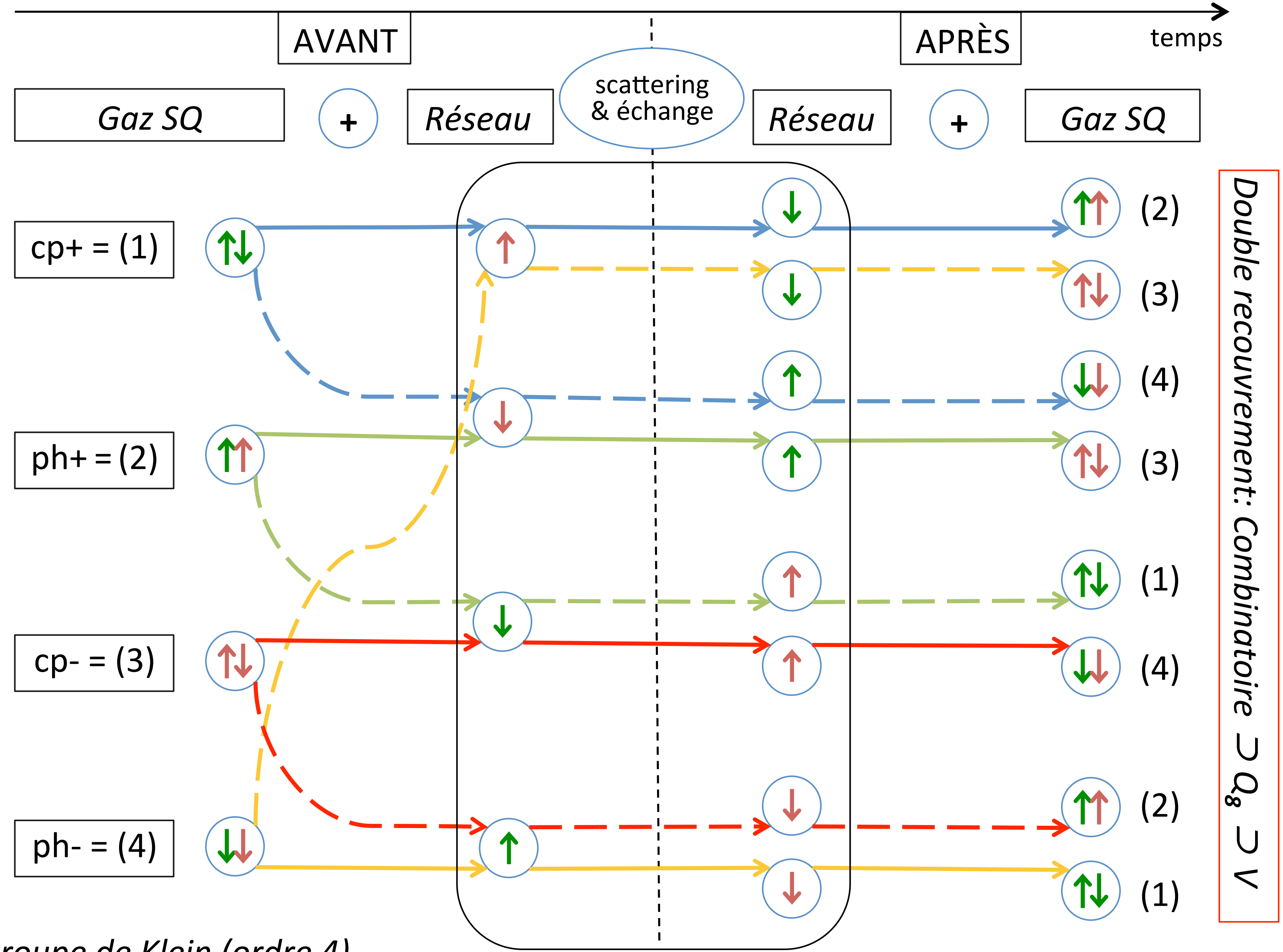
ressource utilisée (crédit)

ressource reçues pour balancer (débit)

Δ(charge) = 2 unités

Δ(hélicité)= 2 unités

Cas de dynamique combinatoire pour couples en 3D



V = groupe de Klein (ordre 4)

Q_8 =group des Quaternions (ordre 8)

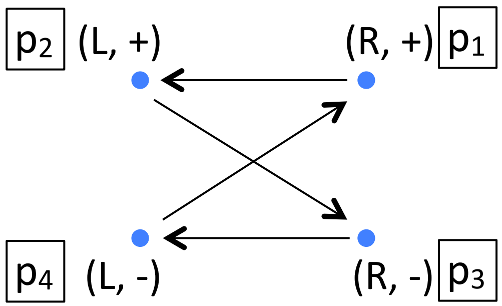
$Q_8 \subset GL(2,p=\mathbf{3}) \subset GL(2,\mathbf{Z}) \subset GL(2,\mathbf{Q}) \subset GL(2,\bar{\mathbf{Q}})$

3 projections en D=1 (en double recouvrement)

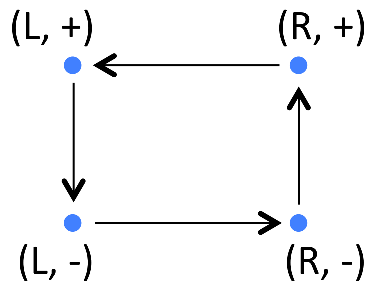
Equivalent au procès de Ord

D=1 ⇒ 2 composantes, 2 directions: 6 dynamiques circulaires

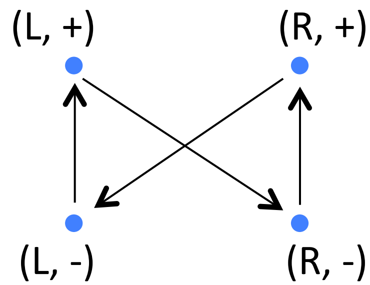
Cas I



Cas III

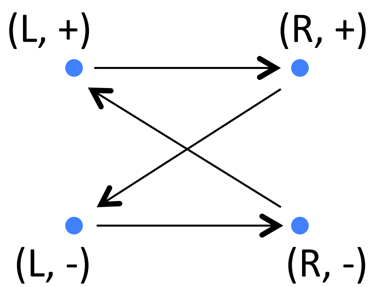


Cas V

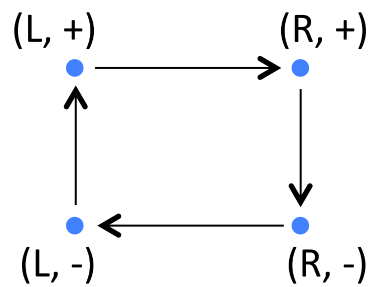


Procès inversés

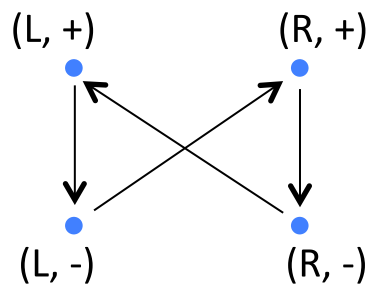
Cas II



Cas IV



Cas VI



Procès anti-Ord

Combinatoire rotationnelle avec renormalization

$$\begin{cases} p_1(m\delta,(s+1)\epsilon) = \frac{1}{2}p_1((m-1)\delta,s\epsilon)+\frac{1}{2}p_4((m+1)\delta,s\epsilon) \\ p_2(m\delta,(s+1)\epsilon) = \frac{1}{2}p_2((m+1)\delta,s\epsilon)+\frac{1}{2}p_1((m-1)\delta,s\epsilon) \\ p_3(m\delta,(s+1)\epsilon) = \frac{1}{2}p_3((m-1)\delta,s\epsilon)+\frac{1}{2}p_2((m+1)\delta,s\epsilon) \\ p_4(m\delta,(s+1)\epsilon) = \frac{1}{2}p_4((m+1)\delta,s\epsilon)+\frac{1}{2}p_3((m-1)\delta,s\epsilon) \end{cases}$$

Perte d'information

$$\begin{cases} \tilde{\phi}_1 = p_1 - p_3 \\ \tilde{\phi}_2 = p_2 - p_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \tilde{\phi}_1(m,s+1) = \frac{\tilde{\alpha}}{2}\tilde{\phi}_1(m-1,s) - \frac{\tilde{\alpha}}{2}\tilde{\phi}_2(m+1,s) \\ \tilde{\phi}_2(m,s+1) = \frac{\tilde{\alpha}}{2}\tilde{\phi}_1(m-1,s) + \frac{\tilde{\alpha}}{2}\tilde{\phi}_2(m+1,s) \end{cases}$$

$$\tilde{\psi} = \tilde{\phi}_1 + i\tilde{\phi}_2$$

$$\tilde{\psi}(m,s+1) \simeq \frac{\tilde{\alpha}}{2}\tilde{\psi}(m,s) + \frac{i\tilde{\alpha}}{2}\tilde{\psi}(m,s) =$$

$$\frac{1+i}{\sqrt{2}}\frac{\sqrt{2}}{2}\tilde{\alpha}\ \tilde{\psi}(m,s) = e^{i\frac{\pi}{4}}\frac{\tilde{\alpha}\sqrt{2}}{2}\tilde{\psi}(m,s)$$

$$\tilde{\psi}(m,s+8) \simeq \left(e^{i\frac{\pi}{4}}\right)^8\left(\frac{\tilde{\alpha}\sqrt{2}}{2}\right)^8\tilde{\psi}(m,s)$$

ŝ entier = perte d'information $\boxed{\hat{s} = s/8}$ en sursautant 8 pas à la fois

$$\psi(m,\hat{s}+1) \simeq \left(e^{i\frac{\pi}{4}}\right)^8\left(\frac{\alpha\sqrt{2}}{2}\right)^8\psi(m,\hat{s})$$

$$\tilde{\phi}_j(p,s) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty}\tilde{\phi}_j(m,s)e^{-ipm\delta}\delta$$

$$\begin{pmatrix}\tilde{\phi}_1(p,s+1)\\ \tilde{\phi}_2(p,s+1)\end{pmatrix} = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} e^{-ip\delta} & -e^{ip\delta} \\ e^{-ip\delta} & e^{ip\delta}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\tilde{\phi}_1(p,s)\\ \tilde{\phi}_2(p,s)\end{pmatrix} = T_\epsilon\begin{pmatrix}\tilde{\phi}_1(p,s)\\ \tilde{\phi}_2(p,s)\end{pmatrix}$$

$$T_\epsilon^8 = \tfrac{1}{256}\begin{pmatrix} e^{-8ip\delta} & -e^{8ip\delta} \\ e^{-8ip\delta} & e^{8ip\delta}\end{pmatrix} - \tfrac{6}{256}\begin{pmatrix} e^{-6ip\delta} & -e^{6ip\delta} \\ e^{-6ip\delta} & e^{6ip\delta}\end{pmatrix}$$

$$+\tfrac{6}{256}\begin{pmatrix} e^{-4ip\delta} & -e^{-4ip\delta} \\ e^{4ip\delta} & e^{4ip\delta}\end{pmatrix} + \tfrac{2}{256}\begin{pmatrix} e^{-2ip\delta} & -e^{2ip\delta} \\ e^{-2ip\delta} & e^{2ip\delta}\end{pmatrix} - \tfrac{2}{256}\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1\end{pmatrix}\cos 6p\delta$$

$$+\tfrac{2}{256}\begin{pmatrix} 3 & -1 \\ 1 & 3\end{pmatrix}\cos 4p\delta + \tfrac{2}{256}\begin{pmatrix} 3 & -1 \\ 1 & 3\end{pmatrix}\cos 2p\delta + \tfrac{3}{256}\begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1\end{pmatrix}$$

$$(\#\ de\ classes\ de\ chemins) \times (Probabilit\acute{e}\ Renormalis\acute{e}e)^{(s=8)} = \frac{1}{2}$$

Renormalisation $\frac{\alpha}{2} = \sqrt[8]{\frac{1}{2\times 8}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$\begin{cases} \phi_1(m,\hat{s}+1) \simeq \phi_1(m,\hat{s}) + 4\delta^2\frac{\partial^2\phi_2}{\partial x^2}(m,\hat{s}) \\ \phi_2(m,\hat{s}+1) \simeq \phi_2(m,\hat{s}) - 4\delta^2\frac{\partial^2\phi_1}{\partial x^2}(m,\hat{s}) \end{cases}$$

$|\psi|$ est une *probabilité renormalisée* qui SEMBLE la **racine carré d'une probabilité**

$$\begin{cases} \frac{\partial\phi_1}{\partial t}(x,t) = \frac{\delta^2}{2\epsilon}\frac{\partial^2\phi_2}{\partial x^2}(x,t) \\ \frac{\partial\phi_2}{\partial t}(x,t) = -\frac{\delta^2}{2\epsilon}\frac{\partial^2\phi_1}{\partial x^2}(x,t) \end{cases}$$

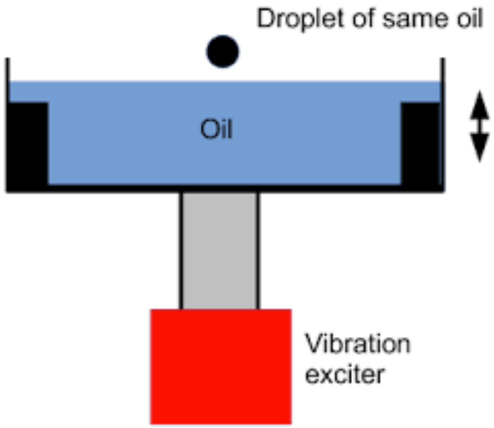
$$\psi = \phi_1 + i\phi_2 \qquad \frac{\hbar}{m_I} = \frac{\delta^2}{\epsilon}$$

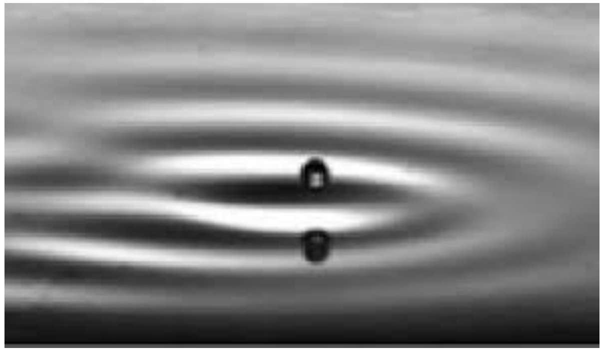
$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m_I}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}$$

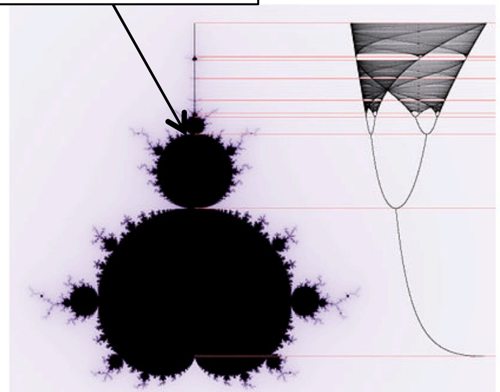
$|\psi|^2$ *est le produit de deux probabilités renormalisées avec la même valeur numérique pour deux événements indépendantes qui composent la mesure*

Limite semi-quantique de la mécanique classique

walker régime







PRL **97,** 154101 (2006) PHYSICAL REVIEW LETTERS week ending 13 OCTOBER 2006

Single-Particle Diffraction and Interference at a Macroscopic Scale

Yves Couder[1,*] and Emmanuel Fort[2,†]

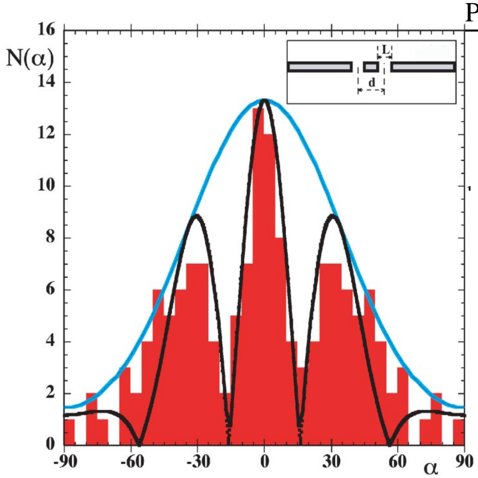


FIG. 3 (color online). Histogram for the deviation of 75 particles through two slits of width $L = 7.6$ mm, a distance $d = 14.3$ mm apart, the walker's wavelength being $\lambda_F = 6.95$ mm ($L/\lambda_F = 1.1$ and $d/\lambda_F = 1.87$). The light line is the envelope due to the diffraction of a single slit while the curve in black is the optimum fit by Eq. (2) obtained for effective values $L/\lambda_F = 0.9$ and $d/\lambda_F = 1.7$.

shows the histogram of 75 such trajectories. As above we compare it to the interference amplitude pattern of a plane wave:

la distribution de la déviation
correspond bien avec l'amplitude
qui résulte de l'interférence des deux ondes
et <u>non avec le carré de l'amplitude</u>

Modèle «relativiste»

$$\begin{cases} \phi_1(m,s+1) = (1-\mu\epsilon)\ \phi_1(m-1,s) - (\mu\epsilon)\ \phi_2(m+1,s) \\ \phi_2(m,s+1) = (1-\mu\epsilon)\ \phi_2(m+1,s) + (\mu\epsilon)\ \phi_1(m-1,s) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \phi_1(m,s+1) - \phi_1(m,s) = -\mu\epsilon\Big[\phi_1(m,s) + \phi_2(m,s)\Big] - \delta\frac{\partial\phi_1}{\partial x}(m,s) + \mu\epsilon\delta\Big[\frac{\partial\phi_1}{\partial x}(m,s) - \frac{\partial\phi_2}{\partial x}(m,s)\Big] + \dots \\ \phi_2(m,s+1) - \phi_2(m,s) = -\mu\epsilon\Big[\phi_2(m,s) - \phi_1(m,s)\Big] + \delta\frac{\partial\phi_2}{\partial x}(m,s) - \mu\epsilon\delta\Big[\frac{\partial\phi_2}{\partial x}(m,s) + \frac{\partial\phi_1}{\partial x}(m,s)\Big] + \dots \end{cases}$$

$\epsilon \to 0$ et $s \to \infty$ avec $s\epsilon = t$ $\quad \delta \to 0$ et $m \to \infty$ avec $m\delta = x$ $\quad (\delta/\epsilon) = c$ $\quad \mu = \frac{m_I c^2}{\hbar}$

$$\begin{cases} \Big[\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\Big]\phi_1(x,t) = -\frac{m_I c}{\hbar}\big[\phi_1(x,t) + \phi_2(x,t)\big] \\ \Big[\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x}\Big]\phi_2(x,t) = -\frac{m_I c}{\hbar}\big[\phi_2(x,t) - \phi_1(x,t)\big] \end{cases}$$

Séparation d'un effet de relaxation et d'un effet d'oscillation:

$$\begin{cases} \frac{1}{c}\Big[\frac{\partial}{\partial t} + \frac{m_I c^2}{\hbar}\Big]\phi_1 = -\frac{\partial\phi_1}{\partial x} - \frac{m_I c}{\hbar}\phi_2 \\ \frac{1}{c}\Big[\frac{\partial}{\partial t} + \frac{m_I c^2}{\hbar}\Big]\phi_2 = \frac{\partial\phi_2}{\partial x} + \frac{m_I c}{\hbar}\phi_1 \end{cases}$$

$\psi_i = \phi_i e^{\frac{m_I c^2}{\hbar}t} \quad \Psi = (\psi_1, \psi_2) \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ et $\sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$.

comme si s'était le réseau qui se chargeait et le gaz oscillait en restant neutre en moyenne

$$\begin{cases} \Big[\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\Big]\psi_1 = -\frac{m_I c}{\hbar}\psi_2 \\ \Big[\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x}\Big]\psi_2 = \frac{m_I c}{\hbar}\psi_1 \end{cases}$$

$$i\hbar\partial_t\Psi = ic\sigma_z\hbar\partial_x\Psi + m_I c^2\sigma_y\Psi$$

Souci

$\Psi_A \xrightarrow{\text{boost de Lorentz}} \Psi'_B$

Dynamique SQ système A $\xleftrightarrow{???}$ Dynamique SQ système B

Discrétisations du groupe de Lorentz

Ex: groupes modulaires

Plausibilité d'une **SUPER-PLASTICITÉ** STRUCTURELLE du réseau SQ qui contribue à l'émergence de la force d'INERTIE

→ mécanisme combinatoire d'autocorrection

Invariance de Lorentz

$$\left(\beta = \frac{v}{c} \quad d_{\pm} = \sqrt{1 \pm \beta} - 1\right) \rightarrow$$

DIFFICULTÉ → PSYCHOMETRIQUE: mesure l'intensité
(variation %) de l'effort d'adaptation = STRAIN
(se tendre / se détendre)

F.Klein (1887, Princeton) *Mathematical Theory of the Top* → SL(2,**C**) = STRAIN
(la mécanique classique a été la source de la formulation du programme d'Erlangen)

D=1+1 → « *trivial* » → idéal
pour *reverse engineering*

$$\begin{pmatrix} \psi_1' \\ \psi_2' \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \end{pmatrix}$$

$$L = \begin{pmatrix} \sqrt[4]{\frac{c-v}{c+v}} & 0 \\ 0 & \sqrt[4]{\frac{c+v}{c-v}} \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} \psi_1'(x', t') = \sqrt{\frac{1+d_-}{1+d_+}}\, \psi_1 \left(\frac{x' + vt'}{(1+d_+)(1+d_-)}, \frac{t' + (v/c^2)x'}{(1+d_+)(1+d_-)} \right) \\ \psi_2'(x', t') = \sqrt{\frac{1+d_+}{1+d_-}}\, \psi_2 \left(\frac{x' + vt'}{(1+d_+)(1+d_-)}, \frac{t' + (v/c^2)x'}{(1+d_+)(1+d_-)} \right) \end{cases}$$

Racine du coefficient Doppler

$$Si \quad \psi_i \sim \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad \rightarrow \quad \frac{x^2}{2\sigma^2} = \frac{(x' + vt')^2}{(1+d_+)(1+d_-)2\sigma^2} = \frac{(x'+vt')^2}{2\tilde{\sigma}^2} \quad \rightarrow \quad \tilde{\sigma} = \sigma\sqrt{1+d_+}\sqrt{1+d_-}$$

Invariance de Lorentz

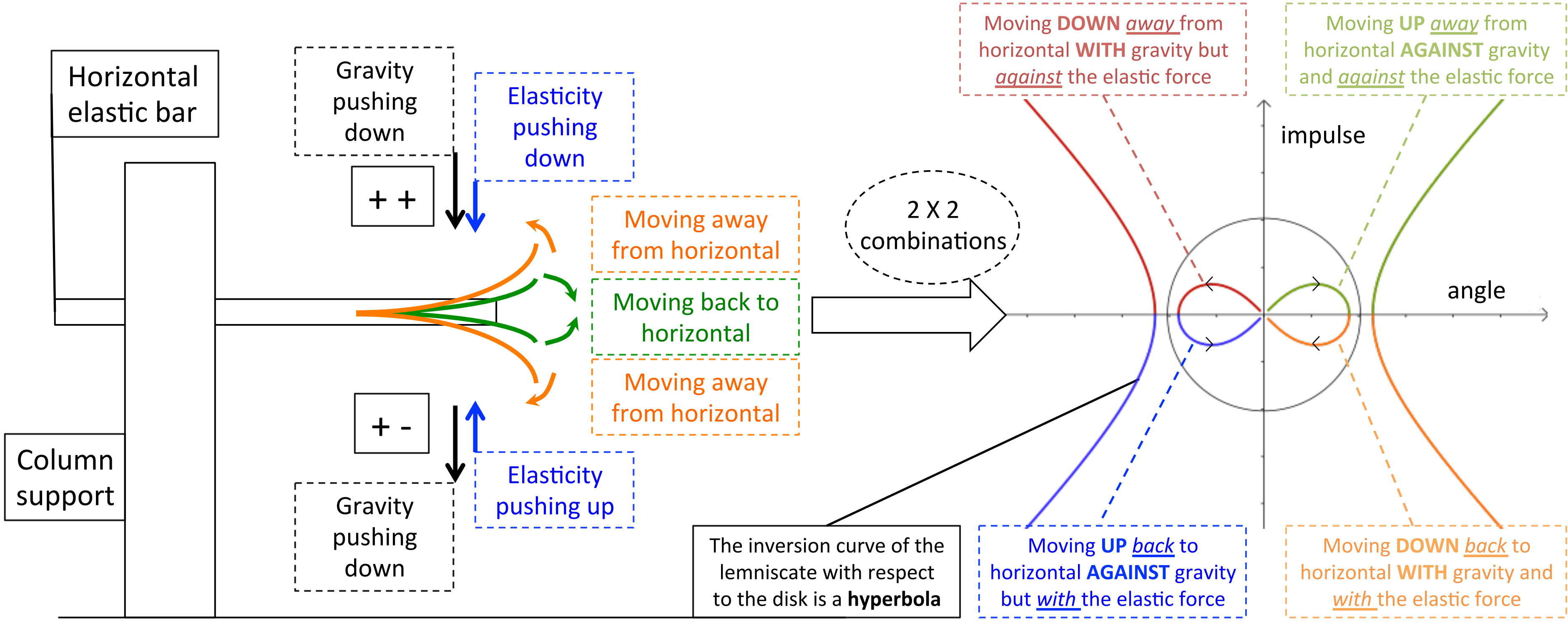
↕

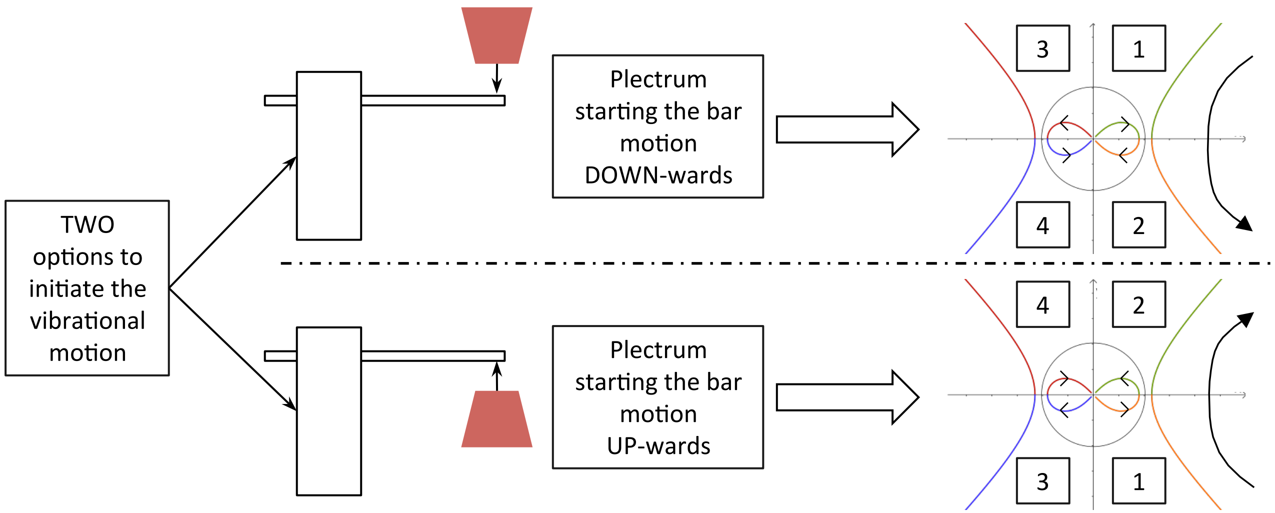
Hyperbolicité

⟷

adaptation requise pour
changer
de contexte local

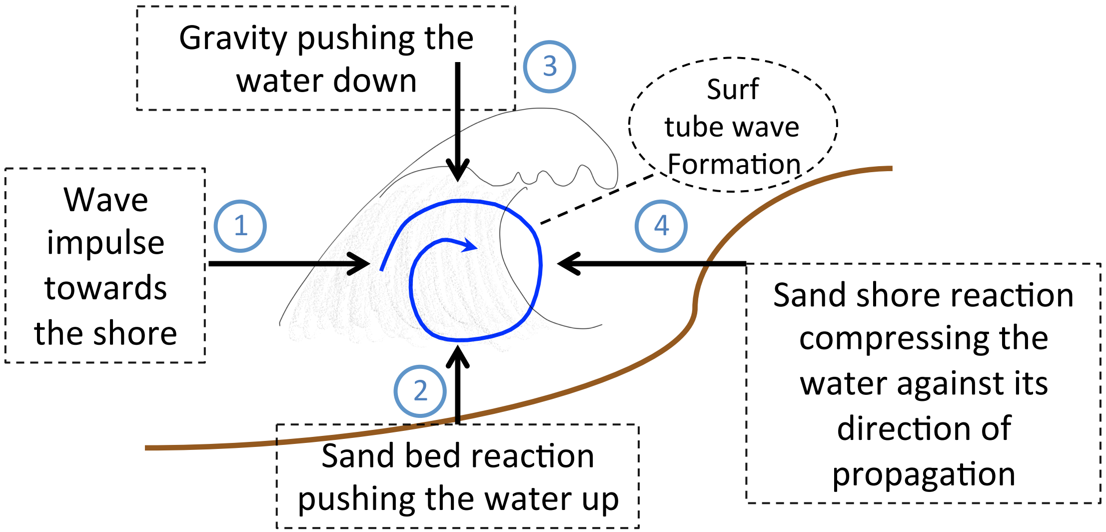
Source classique de l'hyperbolicité





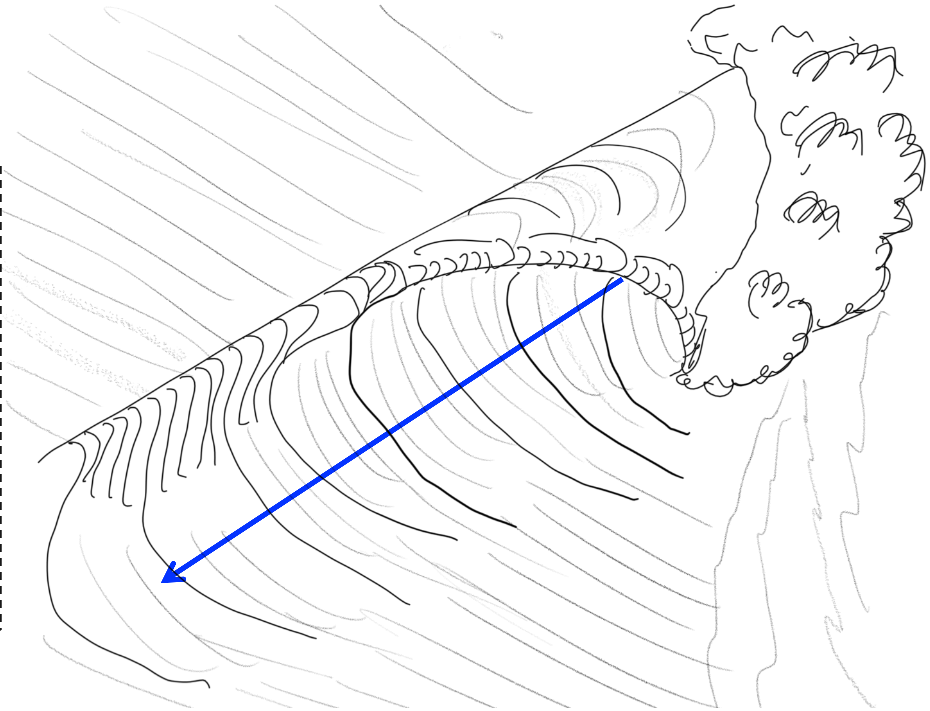
Einstein: *light quantum is a wave until is detected and absorbed?*

Side view:
vertical plane of surfing
tubular wave formation



Top view

Direction of tube
propagation
approximately
parallel to
the shore and
approximately
perpendicular
to the plane
of the wave
formation above



Remarques: équation de Van der Waals, 1873

(Nobel 1910; la singularité Lagrangienne la plus «simple»)

$$P_{Kin}V_{eff} = \left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

VdW

$$V = Sx, \qquad P = constante, \qquad KT = \frac{mN_A\bar{v}^2}{2}, \qquad y = \bar{v}x$$

$$(PS^3)x^3 - (bPS^2)x^2 + (aS)x - ab = \frac{mN_A}{2}y^2$$

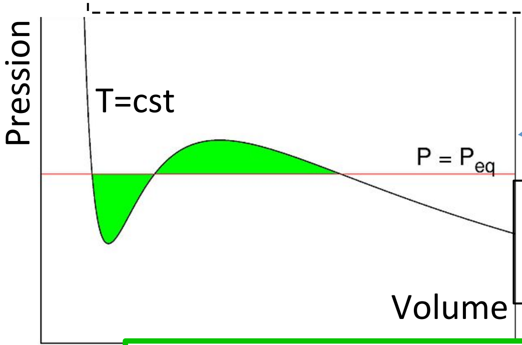
courbe elliptique

$$P \simeq (<\Delta p>) * cst \quad \Longrightarrow \left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) \overset{b \text{ petit}}{\simeq} S(<\Delta p>)x + \frac{cst}{x}$$

T=constante

$$p = (<\Delta p>), \quad H = E = (KT) \Longrightarrow H \simeq px + \frac{cst}{x}$$

= Kepler pas Coulomb



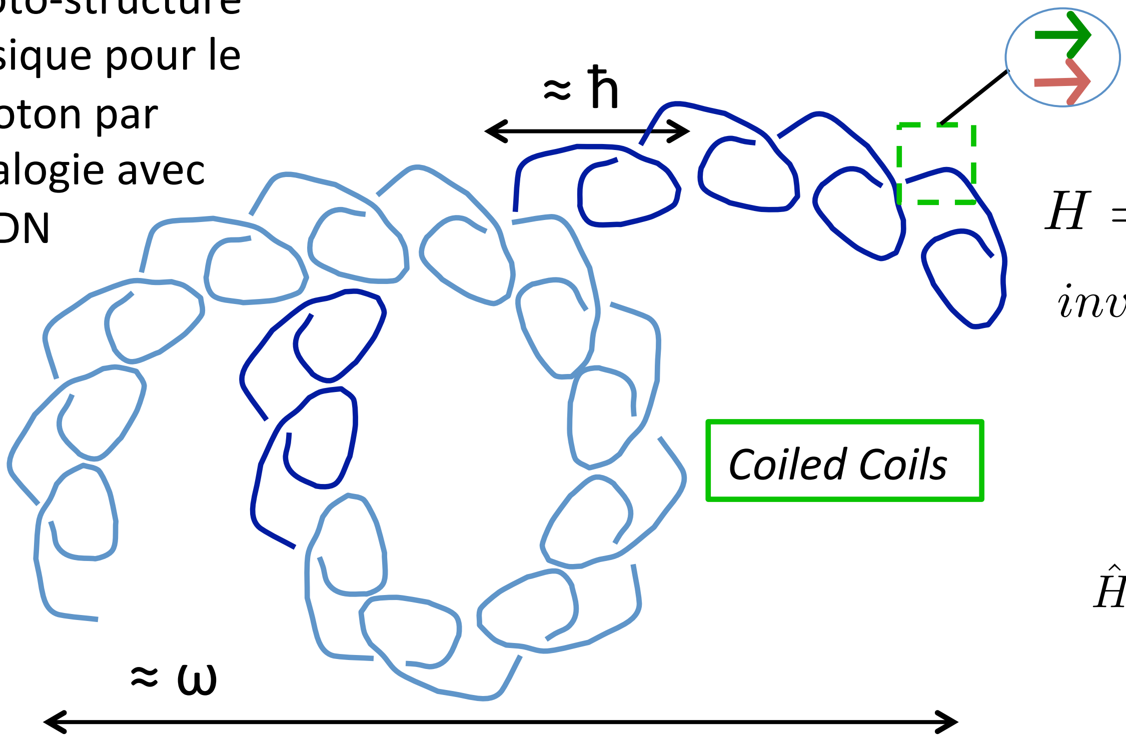
émission / absorption en chaos quantique vs. transition de phase du gaz réel / liquide

Règle de Maxwell des aires égales: 1875

VdW correspondrait à une courbe elliptique et a vocation à régulariser H=px

Emission et absorption

Proto-structure basique pour le photon par analogie avec l'ADN



Instabilité la plus simple (E=PV)

$$H = xp \qquad x = x_0\ e^t \quad p = p_0\ e^{-t}$$

$$invariance\ par\ K - dilatation$$

$$x \to\ Kx \quad p \to\ p/K$$

Berry-Keating 1999

$$\hat{H} = \frac{x\hat{p} + \hat{p}x}{2} = -i\hbar\left(x\frac{d}{dx} + \frac{1}{2}\right)$$

$$\hat{H}\psi_E(x) = E\psi_E(x)$$

$$\psi_E(x) = \frac{(Cst)e^{i\frac{E}{\hbar}\log x}}{\sqrt{x}} \qquad s = \frac{1}{2} - i\frac{E}{\hbar}$$

Operateur de composition de dilatations multiples entières …

$$\psi_E(x) \quad \longrightarrow \sum_{m=1}^{\infty} \psi_E(mx) = \frac{(Cst)}{|x|^{\frac{1}{2}-iE}} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^{\frac{1}{2}-iE}} = (Cst)\left[\frac{\sqrt{x}}{x}e^{iE\log x}\right]\zeta\left(\tfrac{1}{2} - iE\right)$$

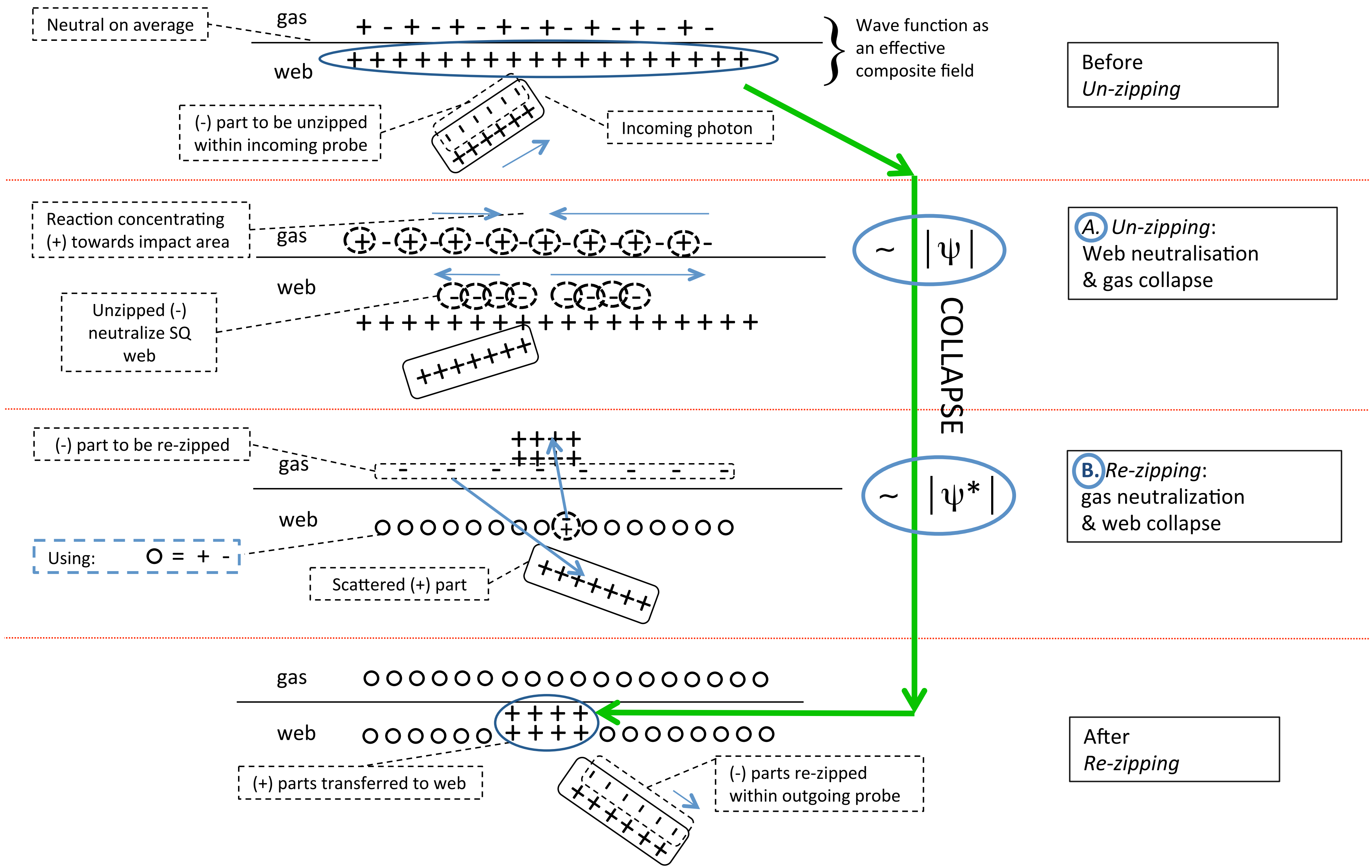
Interprétation à la Heaviside, mais au niveau SQ

= 0 si E = zéro de Riemann

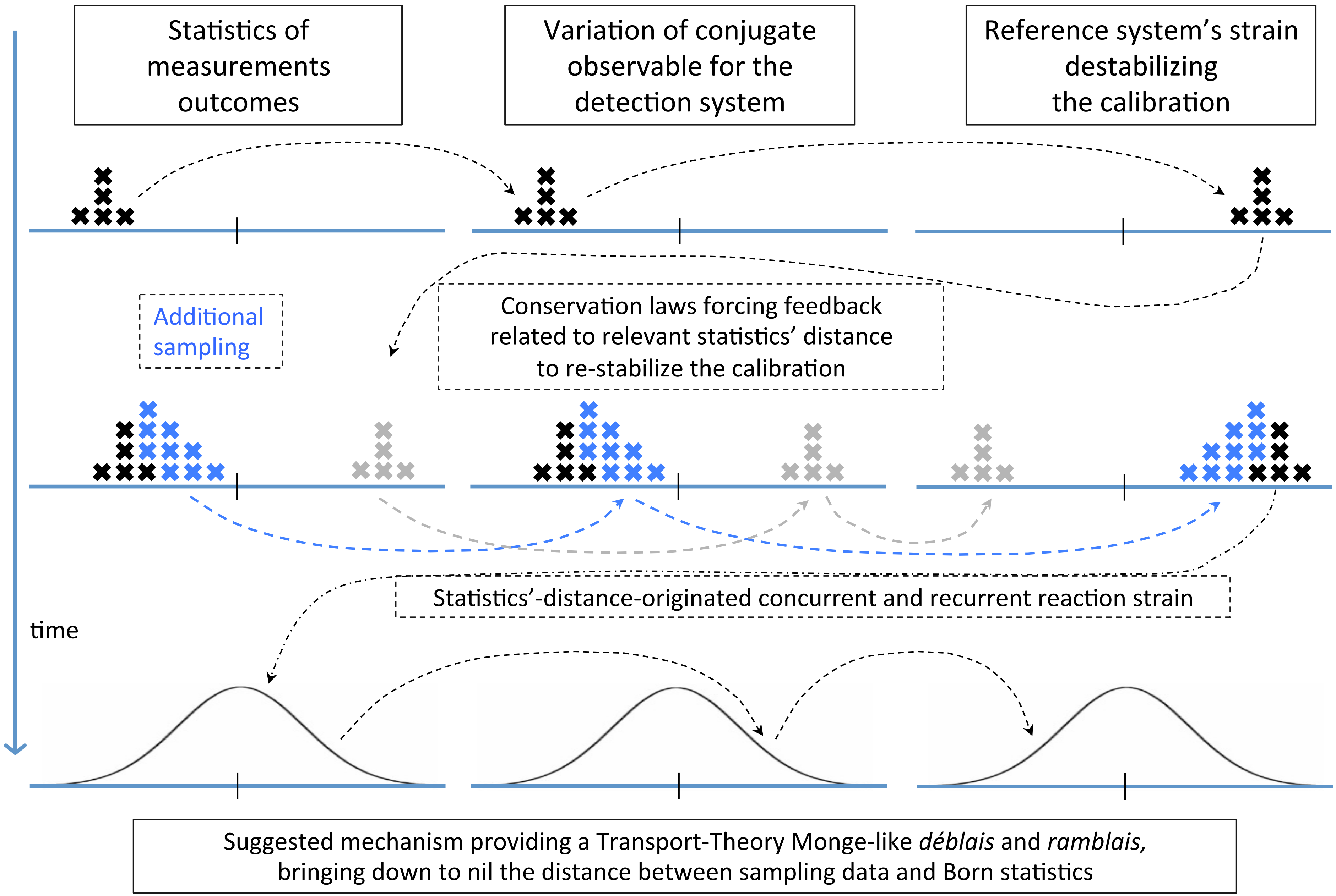
ψ_E(x) est la limite TD du gaz SQ utilisé pour construire un photon (par l'opérateur ci-dessus) et le libérer en émission → discrétisation (A.Connes) ≈ description SQ

→ Reconnexion avec théorie du chaos classique vs. semi-classique (Chirikov, Casati, Bogomolny)

Schéma de réduction du paquet d'onde



Auto-apprentissage de la règle de Born



«Retro-causalité» partielle et conditionnée

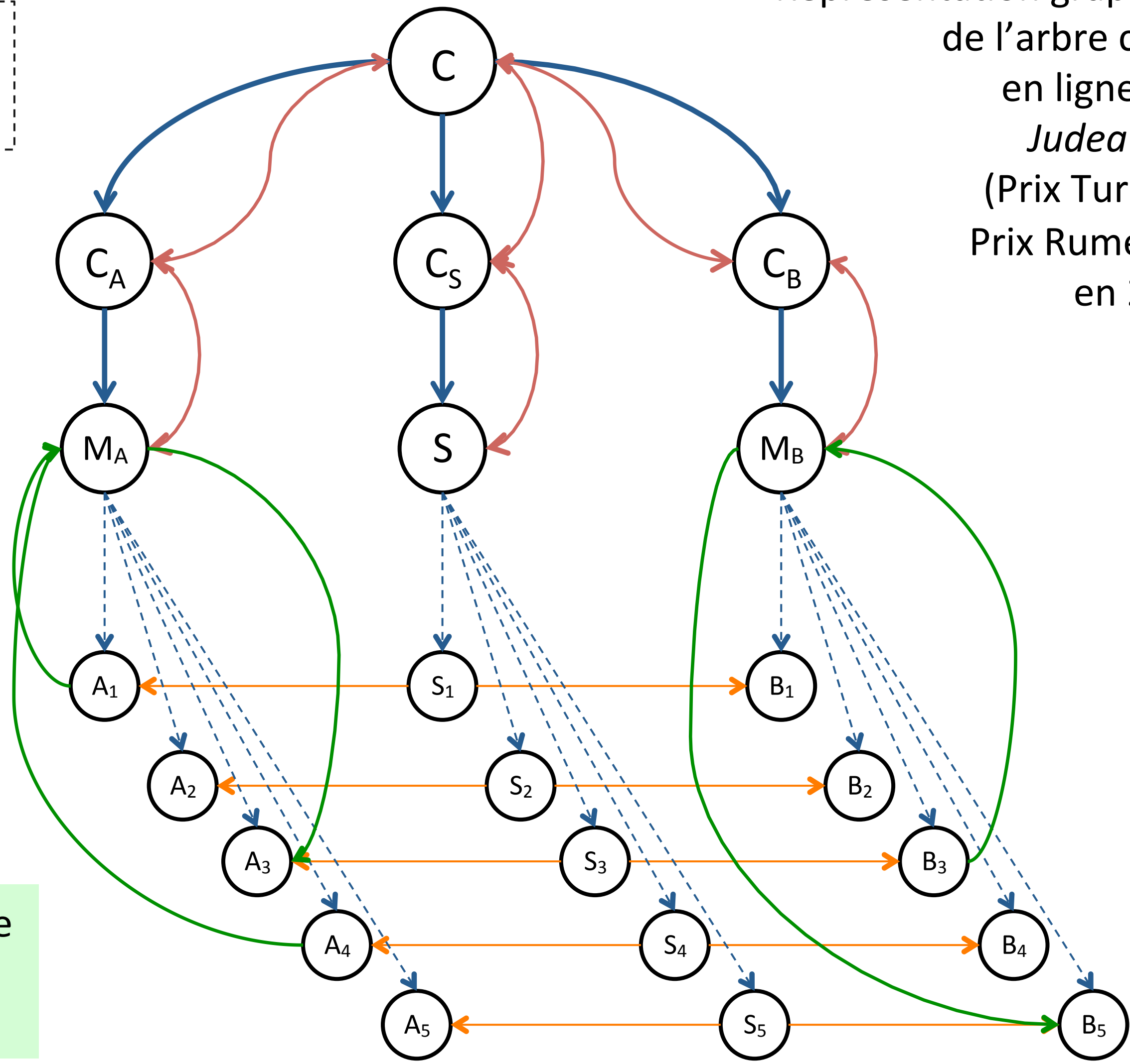
Représentation graphique
de l'arbre causal
en ligne avec
Judea Pearl
(Prix Turing et
Prix Rumelhart
en 2011)

Calibration globale:
macroscopique (exemple, support
d'alignement en commun)

Calibrations locales:
macroscopique
(example, individual aligning
bolts)

Local macroscopic
measuring or source system

Local microscopic events
building up the sampling process



Il faut une définition non-statique
du concept du **libre arbitre**
différente de Conway-Kochen

Conditional controlled de-randomization

Procès légèrement (bi)non-markovien : rigidité par persistance de la calibration et lois de conservation pendant l'échantillonnage que extrait la statistique de Born

(Constance de la calibration) + (lois de conservation)

1) *Gaz SQ* → ψ → $i\hbar\partial_t$ → $E(\psi)$ *énergie extractible* du gaz

2) *Système borné* → ψ_n → E_n avec $\psi = \Sigma_n c_n \psi_n$ $\Sigma_n |c_n|^2 = 1$

3) *Un-zipping + re-zipping* → $\Delta E_{particule} = E(\psi) - E_f$

soit >0 (libéré par le système de mesure/calibration) ou <0 (absorbé)

4) *Loi de conservation* → $\Delta E_{particule} + \Delta E_{instrument} = 0$

5) *Echantillonnage* → $\text{Cumulé}\{\Delta E_{instrument}\} + \Sigma_{particules} \Delta E_{particule} = 0$

6) *Produit des 2 probabilités* par *un-zipping* et *re-zipping* → $P(\psi_f) = |c_n|^2$

7) *Constance de la calibration* → $\text{Cumulé}\{\Delta E_{instrument}\} = 0$

8) $\Sigma_{particules} \Delta E_{particule} = 0 = \Sigma_f |c_f|^2 (E(\psi) - E_f)$

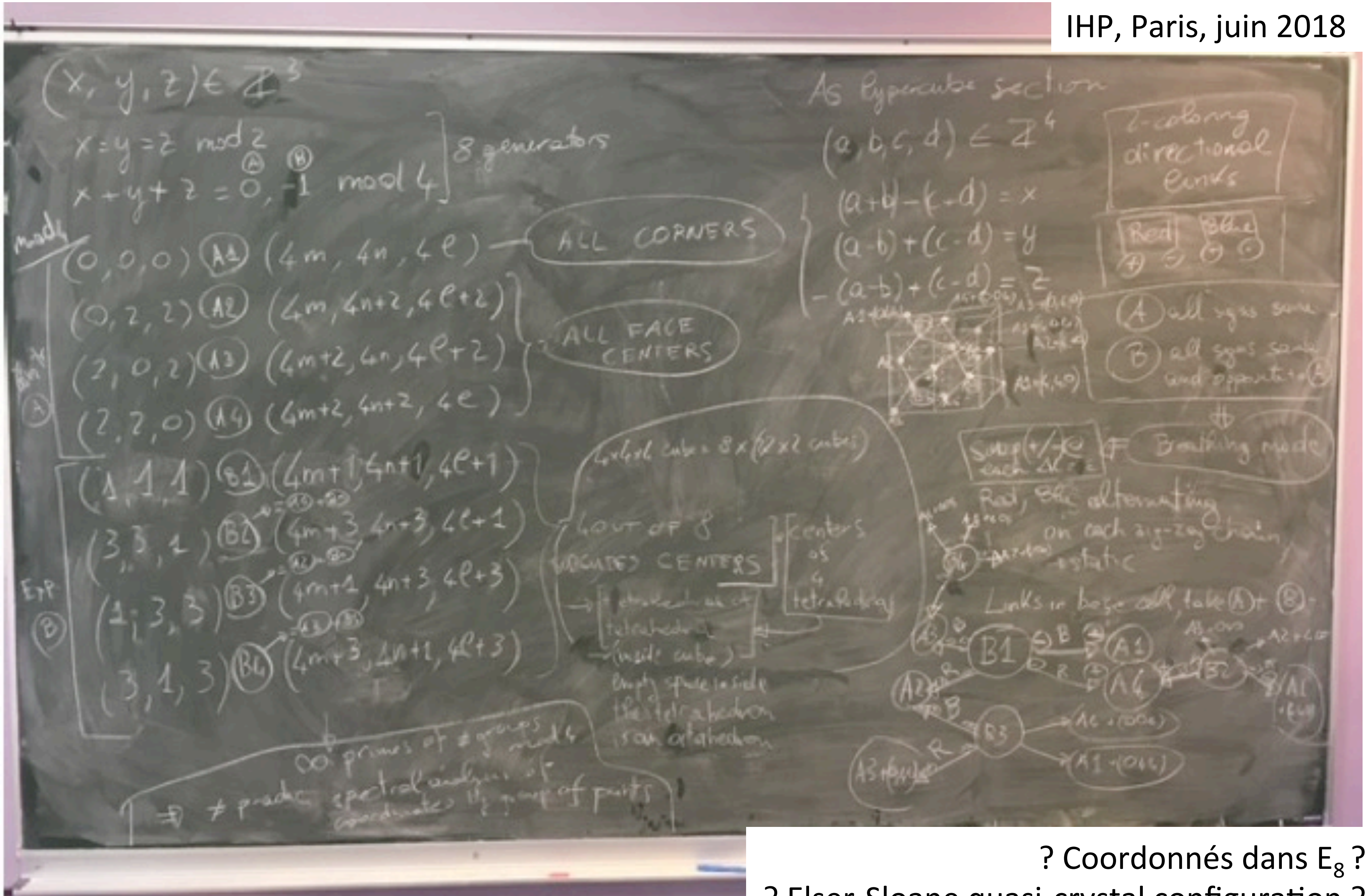
→ $E(\psi) = \Sigma_f |c_f|^2 E_f$

En cas de perte de calibration, l'échantillonnage va montrer un écart par rapport à la règle de Born qui dépendra du niveau de de-calibration

L'énergie extractible totale par le processus de répétition (échantillonnage)
du un-zipping *et* re-zipping *est apportée par le gaz et le réseau à la fois*

(Bi)comptabilité double du réseau isotrope

IHP, Paris, juin 2018



? Coordonnés dans E_8 ?

? Elser-Sloane quasi-crystal configuration ?

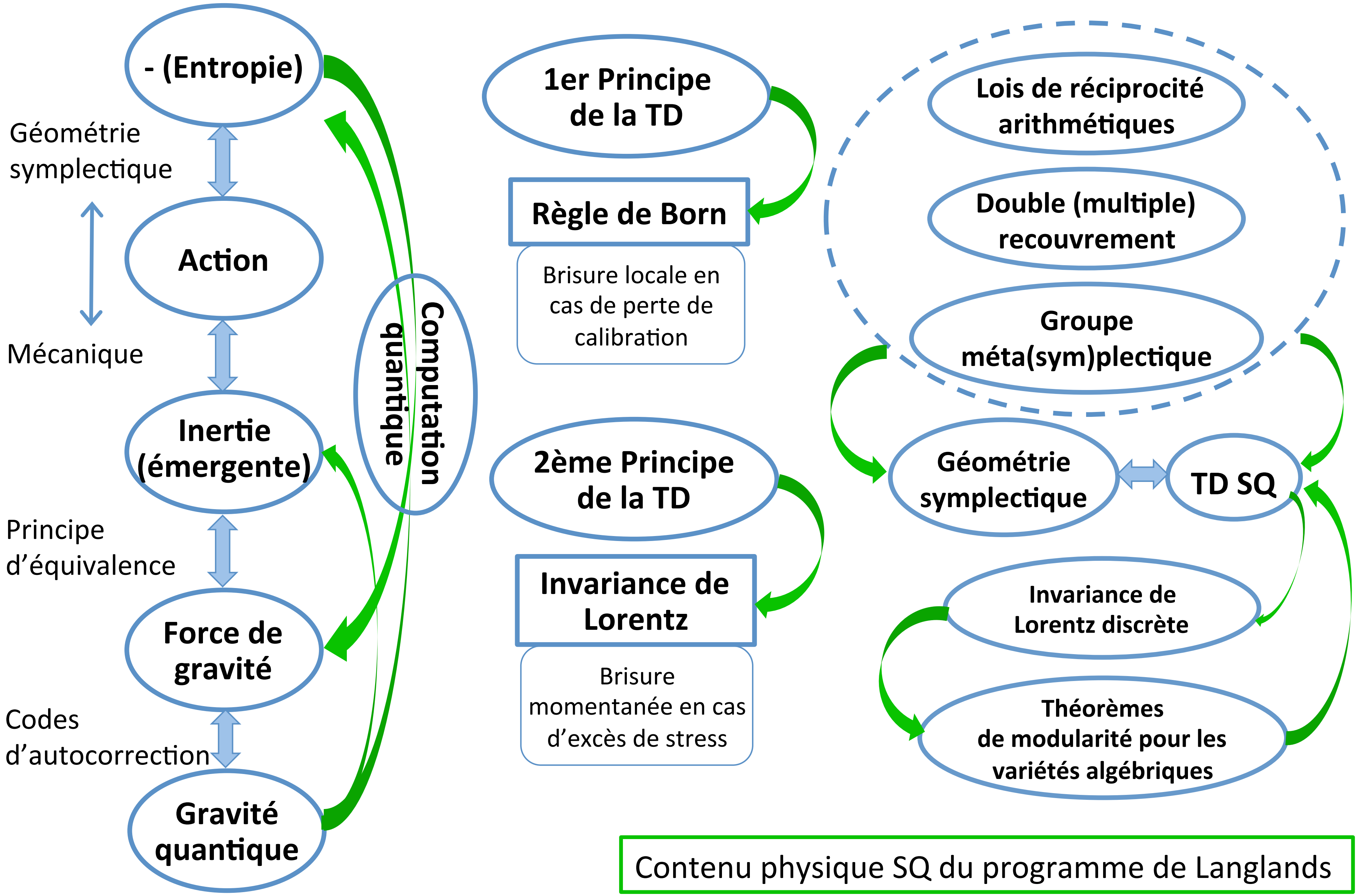
Structure type du réseau centre-symétrique

- Cage fullerènes concentriques, reliées par liens intra-cage, alternés vers l’extérieur et l’intérieur, de façon à garder la coordination quadripolaire à chaque nœud
- Structure proche: sculpture en métal dans le petit jardin du Département des Mathématiques de l’Université de Bristol au Royaume Uni: Coxeter-group-like structure

Potentiel de démystification: exemples

Effet entre particules	Interférence quantique	Cohérence arithmétique des deux procès partageant un seul réseau (contextualité)
Plusieurs particules	Composition par multiplication	Arithmétique multiplicative dans la composition correspondante de la dynamique combinatoire. Jeux des nombres premiers pour avoir coexistence des configurations en conflit sans se rencontrer
Statistiques quantiques	Principe de Pauli	Double recouvrement de la même configuration combinatoire: coexistence en 2 variantes opposés
Hyperbolicité pour la vitesse de la lumière	Principe de Einstein/invariance de Lorentz	Le réseau est un *agent facilitateur* pour la transmission de la lumière qui aligne la vitesse de propagation (pas de moyen de transmission)
Force de gravité	Relativité Générale et corrections semi-classiques	Ondes d'hélicité transmises par le réseau: la transmission de la gravité est différente des autres forces. Corrections dans les cas extrêmes
Inflation	Accélération de l'expansion de l'univers	Condensation du réseau similaire à l'expansion de volume en cas de sublimation inverse de la glace, ayant aussi une structure quadripolaire (VdW)
Cordes et boucles	Unifications / problème hiérarchique	Structures à échelles intermédiaires, cordes pour le gaz, boucles pour le réseau: complémentarité des deux groupes de théories

Passerelles implicites



Mentions

- Cadre développé pour comprendre les possibles raisons physiques d'une souhaitée unification formelle et synthétique pour toutes les procédures mathématiques de régularisation des singularités Lagrangienne en géométrie symplectique (géodésiques brisées, viscosité nulle, capacités symplectiques, limite semi-classique, aires-égales de Maxwell, etc.)

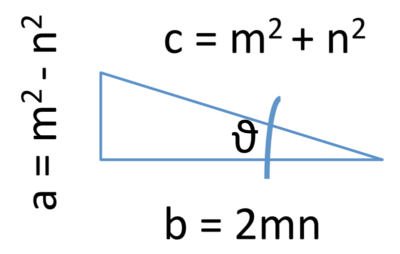
- Pour donner un contexte physique cohérent à une activité de recherche d'une réponse à une question posée par Claude Viterbo, en 1992, à moi même, dans le cadre de mon Diplôme d'Etudes Approfondis de Mathématique Pures, à Orsay

- La question était claire du point de vue des Mathématiques, mais horriblement difficile et surprenante du point de vue de la Physique. Presque hérétique pour un physicien. Plutôt interdite. Mais fort pertinente. Trop pertinente pour réussir à l'oublier

Possible exercice de *reverse engineering*

Formule de Balmer vue en triplet pythagoricien

$$\frac{1}{\lambda\ R_{ydberg}} = \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) = \frac{4(m^2 - n^2)}{(2mn)^2} = 4\frac{a}{b^2} = \frac{4}{b}\tan\theta$$



Exploration :

- Utilisons *a=(m²-n²)* et *b=2mn* pour bâtir une courbe elliptique: $y^2=x(x-a^2)(x-b^2)$. Elle existe sur **Q** et est modulaire. Ces courbes ont été étudiés; par exemple le groupe de torsion est (**Z**/2**Z**) x (**Z**/2**Z**). Pour des rang pas élevés les solutions sont connues
- Il s'agit aussi d'une équation à la Van der Waals: il faudrait identifier le système dynamique sous-jacent
- Il faudrait identifier le contenu dynamique du fait que les paramètres de VdW soient ici reliés à des entiers
- La comparaison entre la forme fonctionnelle des états liés de l'atome d'hydrogène quantique et la structure des solutions de la courbe elliptique pourrait aider à structurer quelque forme de correspondance pour modéliser l'émission et absorption en ligne avec la transition vers la phase liquide du gaz réel

À la recherche d'un langage

- ? Mapping entre oscillateurs harmoniques de la Mécanique Combinatoire et *courbes elliptiques sur champs finis*
- ? *Variétés abéliennes* sur champs finis / schémas comme modèles pour la Mécanique Combinatoire d'évolution des champs d'oscillateurs
- ? *Boucles en LQG* (par rapport au réseau SQ) et *Quantum-Strings* (par rapport au gaz SQ) par différents limites semi-quantiques partiels d'oscillateurs harmoniques en Mécanique Combinatoire
- ? Théorèmes de modularité comme source d'invariance relativiste discrète
- ? Les L-fonctions de Dirichlet sont les transformées de Laplace discrètes pour lier la structure combinatorique au processus radiatif, à la Heaviside
- ? Approximations à la Birch/Shwinnerton-Dyer interprétés comme des approximations analogues à celles du type Born-Sommerfeld
- ? *Moonshine* et dénombrabilité bornée des groupes finis, en correspondance d'une table périodique SubQuantique bornée des particules du modèle standard
- ? Contenu physique du lien formel entre groupes de Galois et de Lie

Je vous remercie pour votre attention

- **Alberto OTTOLENGHI**
- alberto.ottolenghi@hotmail.com

- https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01881980 (projet du Chapitre 2)
  - *An Introductory Course in SubQuantum Mechanics*
  - Version non-censurée sous mon profil *Research Gate (plusieurs pages de considérations interdisciplinaires)*
- https://arxiv.org/pdf/1111.5215.pdf (projet du Chapitre 1)
  - *About a Possible Path Towards the Reverse Engineering of Quantum Mechanics*

possédant toutes les caractéristiques d'un animal, « animé »

Inside joke
60 = 30 + 30
≠
30 x 30 = 900

Principe Holozoïque
reliant les mathématiques et la nature
=> **Néo-Bourbakisme**