

Information quantique & paysages incohérents

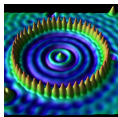
David Viennot



Séminaire interne
17 décembre 2013



Les thèmes de recherche de l'équipe PhAs



Information & contrôle quantique



Systèmes dynamiques, chaos & gravitation



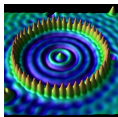
Galaxie, étoiles, milieu interstellaire
& temps-fréquence



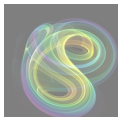
Méthodologie, physique mathématique,
physique numérique & observatoire virtuel



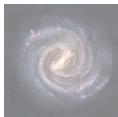
Les thèmes de recherche de l'équipe PhAs



Information & contrôle quantique



Systèmes dynamiques, chaos & gravitation



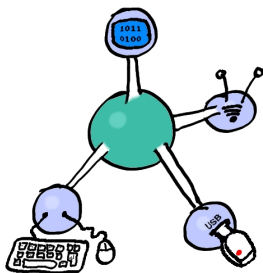
Galaxie, étoiles, milieu interstellaire
& temps-fréquence



Méthodologie, physique mathématique,
physique numérique & observatoire virtuel



L'information quantique

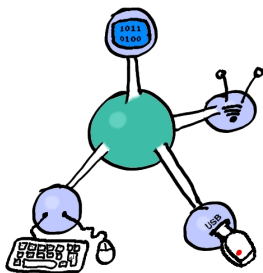


- Stockage...
- Transmission...
- Manipulation...
- Extraction...

... de l'information quantique



L'information quantique

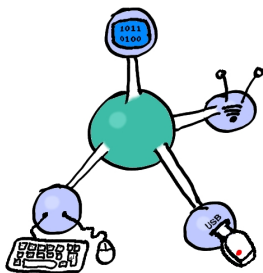


- Stockage...
- Transmission... *transport dans les structures finies ou (quasi)périodiques*
- Manipulation... *contrôle par champs laser, ordinateurs de spins*
- Extraction... *diagnostic optique*

... de l'information quantique



L'information quantique



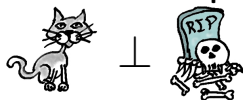
- Stockage...
- Transmission... *transport dans les structures finies ou (quasi)périodiques*
- **Manipulation...** *contrôle par champs laser, ordinateurs de spins*
- Extraction... *diagnostic optique*

... de l'information quantique



Pourquoi étudier l'information quantique ?

Le chat classique



L'informatique classique

$$0 \oplus 0 = 0 \mapsto \boxed{\text{bit}_1}$$

$$0 \oplus 1 = 1 \mapsto \boxed{\text{bit}_2}$$

$$1 \oplus 0 = 1 \mapsto \boxed{\text{bit}_3}$$

$$1 \oplus 1 = 0 \mapsto \boxed{\text{bit}_4}$$

\Rightarrow 4 opérations avec 4 bits de mémoire

Le chat de Schrödinger



L'informatique quantique

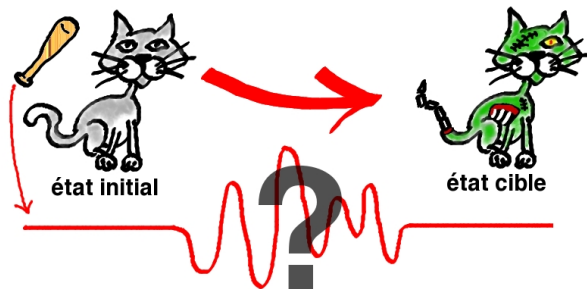
$$\begin{aligned} & (|0\rangle + |1\rangle) \oplus (|0\rangle + |1\rangle) \\ &= |0 \oplus 0\rangle + |0 \oplus 1\rangle + |1 \oplus 0\rangle + |1 \oplus 1\rangle \end{aligned}$$

$$\mapsto \boxed{\text{qubit}_1}$$

\Rightarrow 1 opération avec 1 qubit de mémoire



Le contrôle quantique

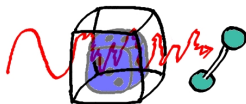


Problème de contrôle = trouver comment agir sur le système pour atteindre un état cible prédéterminé (correspondant à l'effet d'une porte logique)



La décohérence (l'environnement gêne le contrôle quantique)

- distorsion



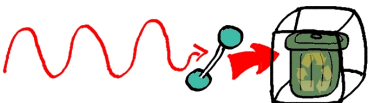
- intrication



- thermalisation



- dissipation



Les effets de la décohérence

- déviation du contrôle



- perte de la cohérence d'ensemble



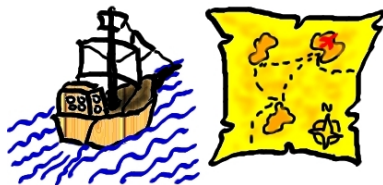
- perte de la cohérence individuelle



- relaxation



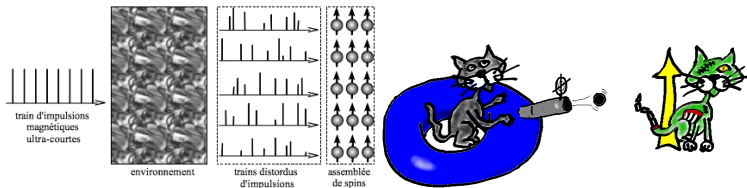
Démarche méthodologique



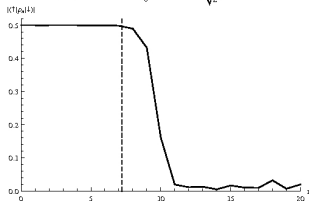
- ① modéliser l'environnement et ses processus de décohérence
- ② géométriser le problème de contrôle
- ③ dresser la "cartographie" du paysage de contrôle et la "topographie" des courants de décohérence
- ④ élaborer des stratégies pour atteindre le but du contrôle en louvoyant avec la décohérence



Un chat de Schrödinger frappé par un chat d'Arnold



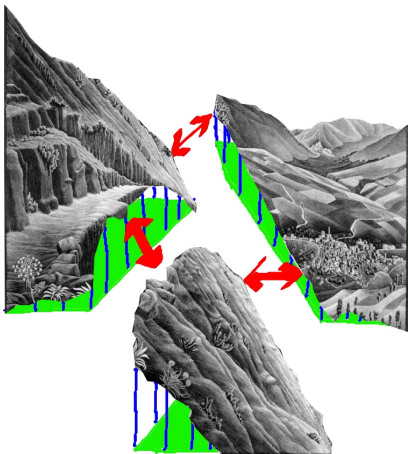
$$\left\{ \phi = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} |w\rangle = |1\rangle, \frac{\omega_1}{\omega_0} = 0.5, |\psi_0\rangle = \frac{|1\rangle + |4\rangle}{\sqrt{2}}, d_0 = 10^{-3} \right\}$$



D. Viennot & L. Aubourg, Phys. Rev. E 87, 062903 (2013).



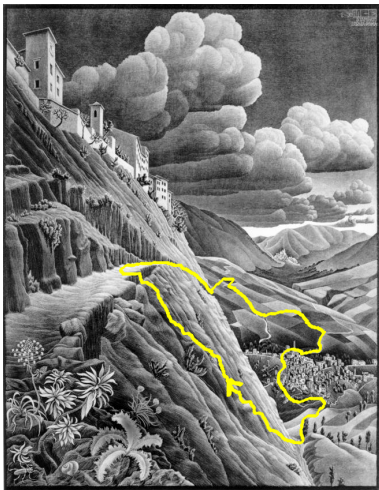
Géométrisation du contrôle (sans décohérence)



- espace en morceaux des paramètres de contrôle (bon recouvrement d'ouverts de la variété de contrôle)
- réponses locales du système quantique (fibration)
- espace en morceaux du système quantique sous contrôle (sections locales trivialisantes)
- recollements



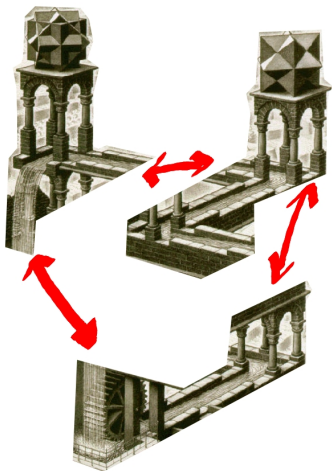
Géométrisation du contrôle (sans décohérence)



- espace courbe du système quantique sous contrôle (espace fibré équipé d'une connexion)
- chemin "solution" du contrôle
- contrôle \iff transport d'une particule sur le chemin
- résultat du contrôle \simeq courbure rencontrée



Géométrisation du contrôle avec décohérence



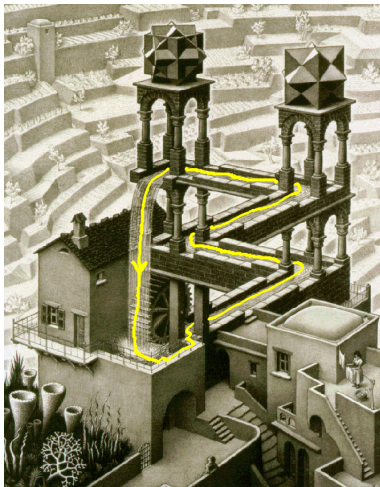
- espace en morceaux du système quantique sous contrôle (sections locales trivialisantes)
- **recolléments**



D. Viennot & J. Lages, *J. Phys. A* 44, 365301 (2011).



Géométrisation du contrôle avec décohérence



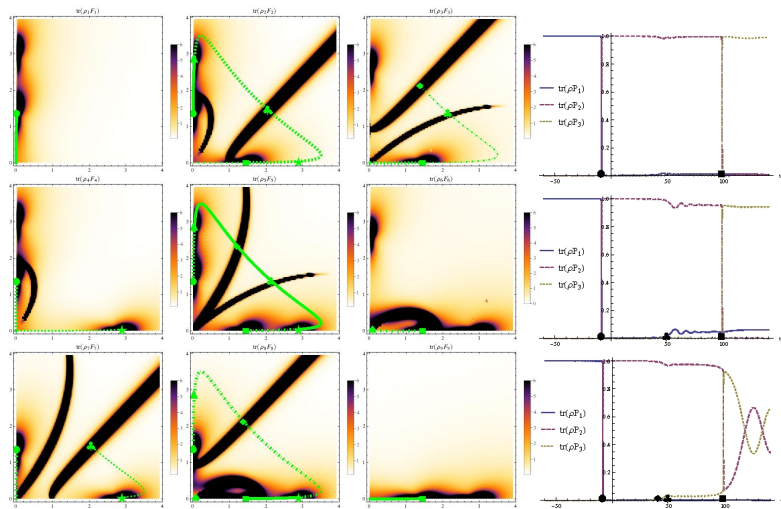
- espace courbe et “tordu” du système quantique sous contrôle (fibré catégorique équipé d’une 2-connexion)
- chemin “solution” du contrôle
- contrôle \iff transport d’une particule sur le chemin
- résultat du contrôle \simeq fausse courbure rencontrée
- effet de la décohérence \simeq “torsion” (cambrure) rencontrée



D. Viennot & J. Lages, *J. Phys. A* 44, 365301 (2011).



Cartographie



D. Viennot, arXiv :1310.4095 (2013).



État des recherches

✓ : on sait faire...

● : on sait en partie faire...

✗ : on ne sait pas faire...

... pour les problèmes de contrôle
aux objectifs les plus simples

	modélisation	géométrisation	cartographie	classification	“universalisation”	simulations numériques	résolutions du contrôle
sans décohérence	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
décohérence par distorsion	●	✓	✗	✗	✗	●	✗
décohérence par intrication	●	✓	●	●	✗	●	✗
décohérence par thermalisation	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
décohérence par dissipation	✓	✓	✓	✗	●	✓	●

