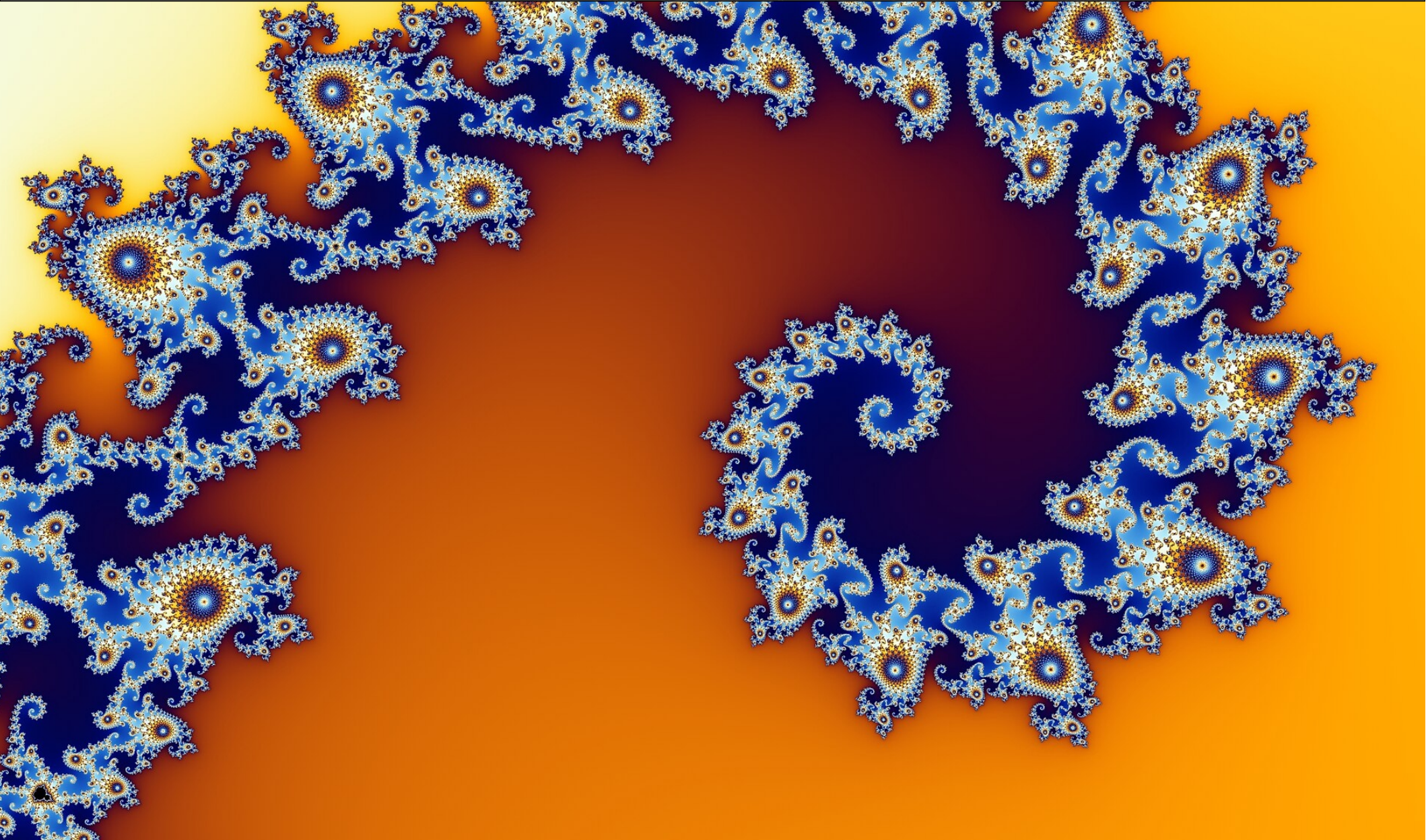


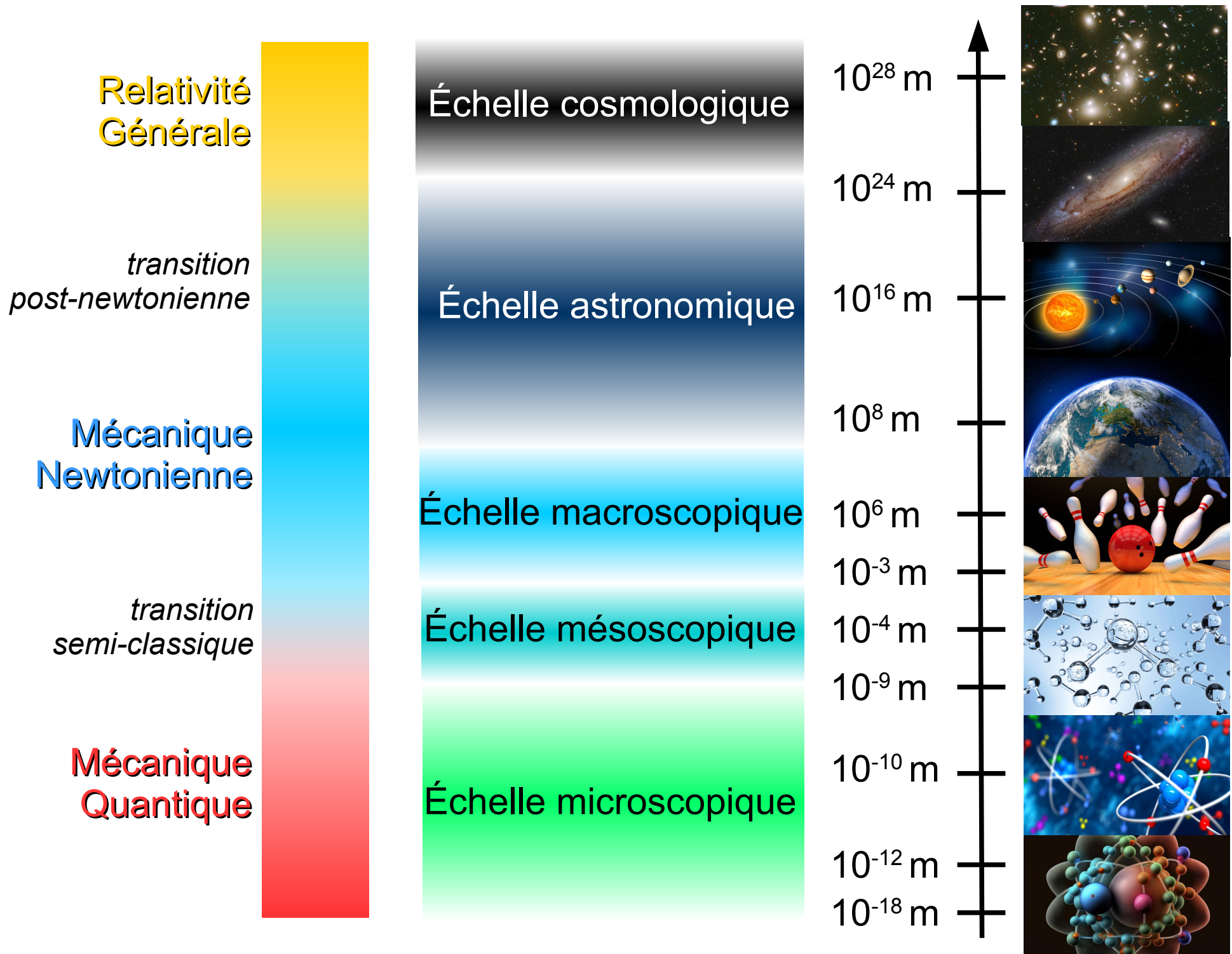
Les mystères de la physique :

1. L'échelle mésoscopique

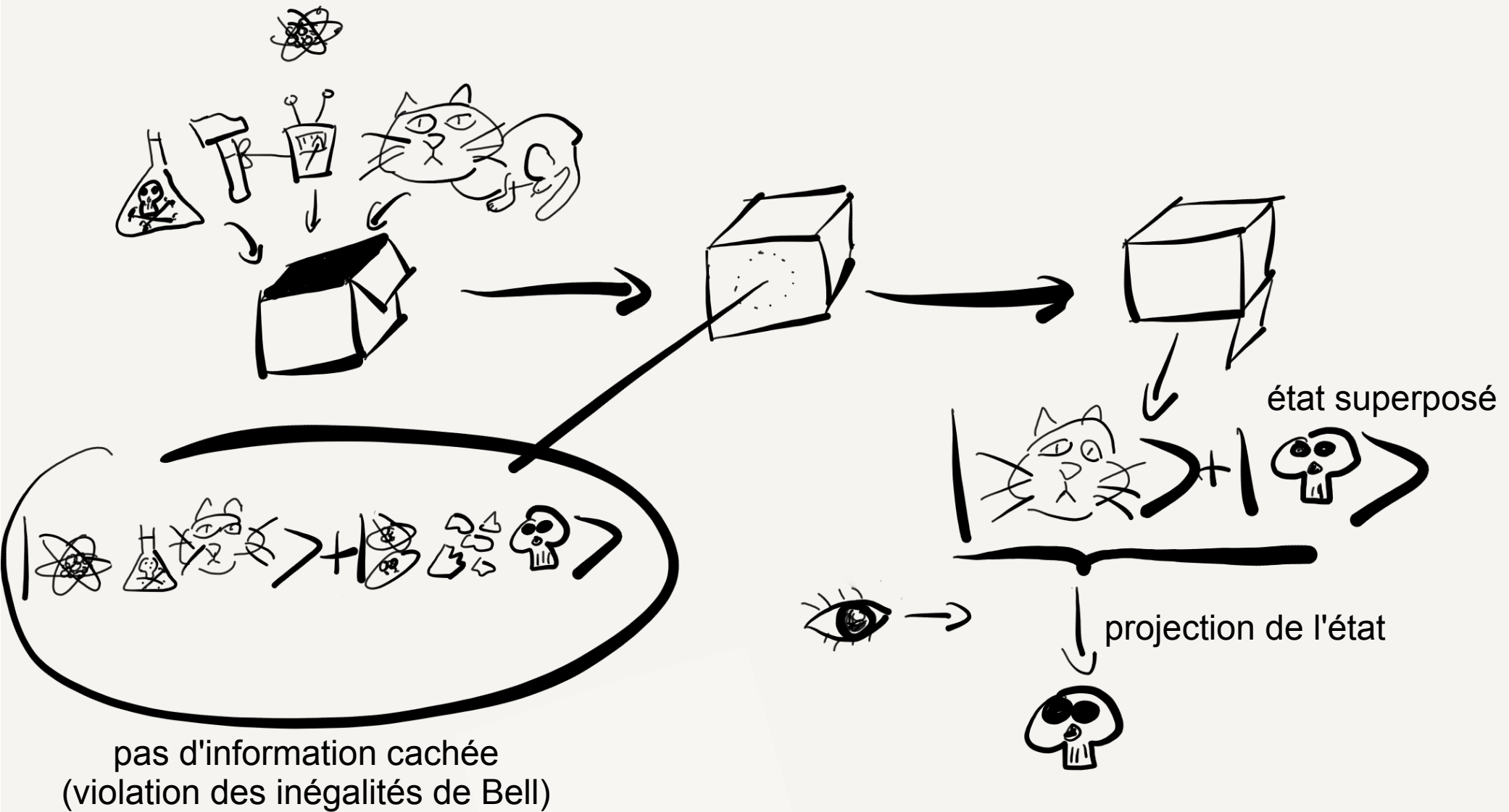
David Viennot – Maître de Conférences

Institut UTINAM (CNRS) / Observatoire de Besançon / UFC





Mécanique Quantique : La parabole du chat de Schrödinger



À l'échelle macroscopique : logique « classique » avec **principe du tiers exclu** (vrai exclut faux et réciproquement)

À l'échelle microscopique : logique quantique sans principe du tiers exclu :

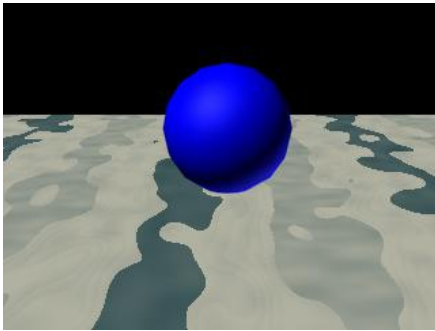
- * vrai et faux ne s'excluent pas mutuellement
- * la véracité de deux propositions A et B (relatives à des mesures expérimentales) dépend de l'ordre dans laquelle elles sont évaluées.

/pas de logique mathématique unique/

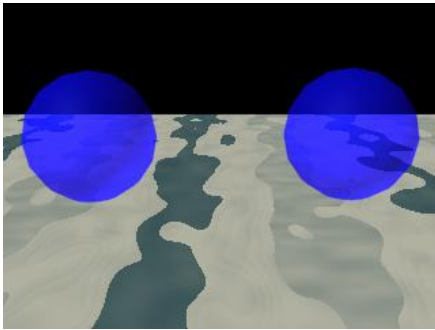
(théorème d'incomplétude de Gödel : tout système formel suffisant pour inclure les fondements de l'arithmétique présente nécessairement des énoncés indécidables)

Mécanique Quantique : La non-localité

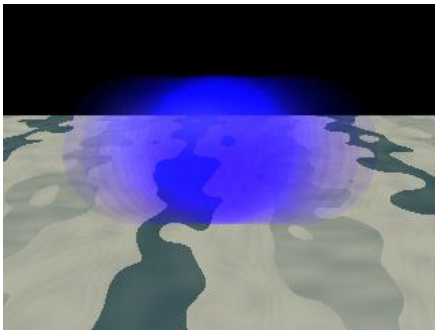
De la même façon que le chat peut être à la fois vivant et mort, une particule quantique peut se trouver en plusieurs lieux.



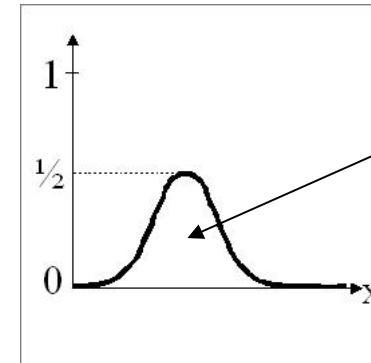
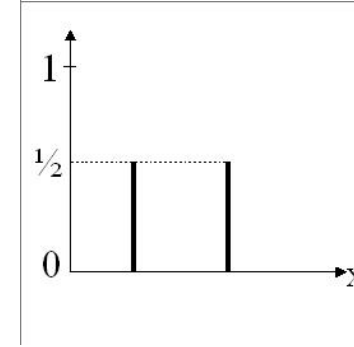
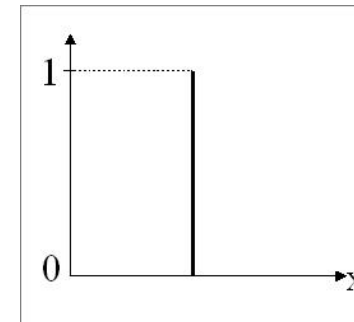
particule localisée
(mécanique classique)



particule 'localisée'
en deux sites avec une
superposition
à 50%-50%



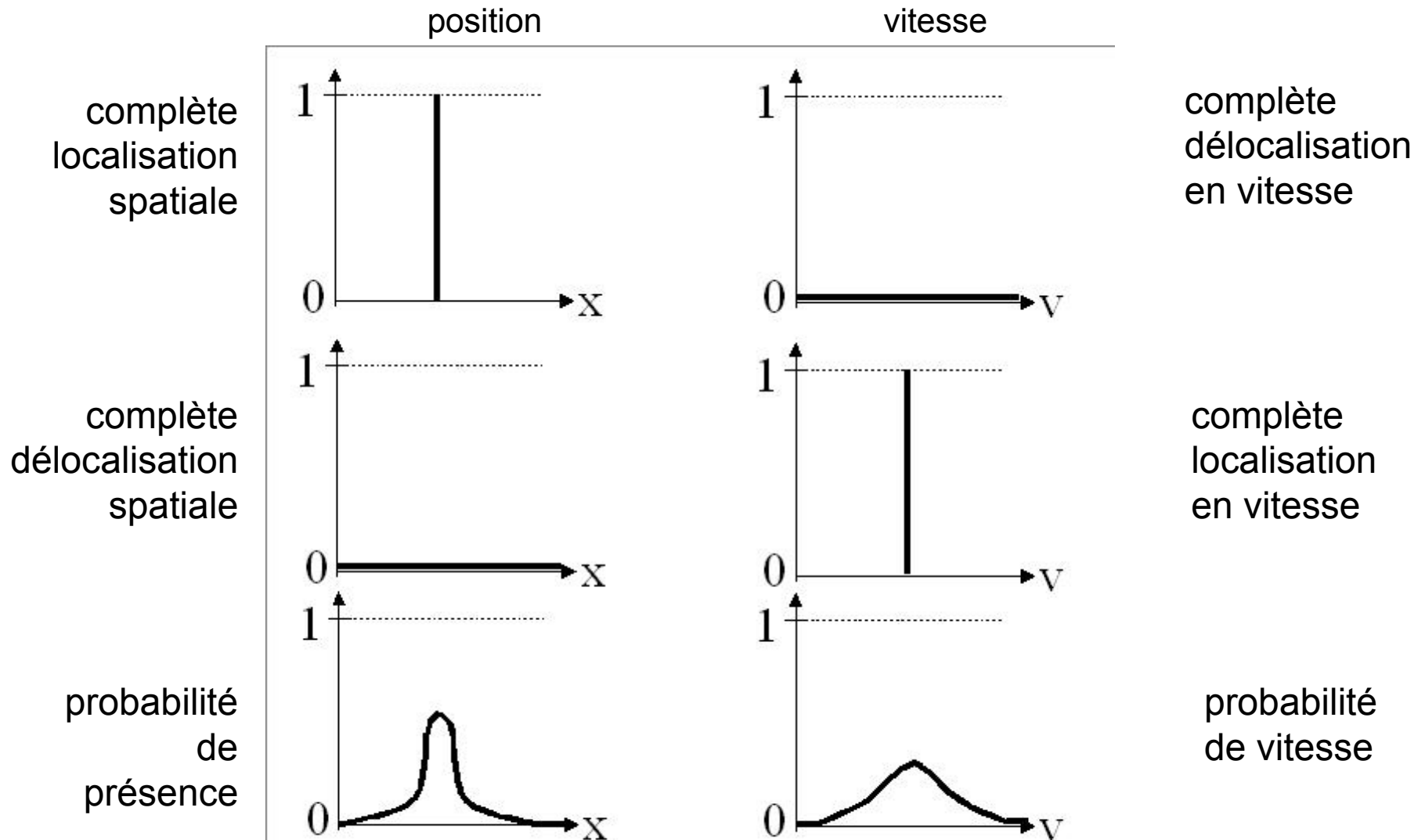
particule quantique
qui se trouve 'partout
à la fois'



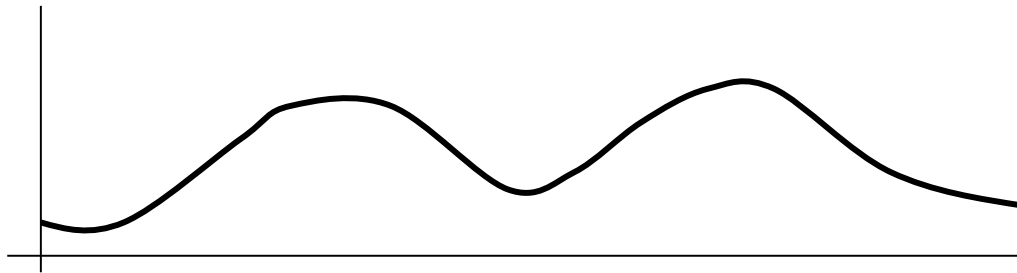
aire = 1

Mécanique Quantique : Le principe d'incertitude de Heisenberg

Principe d'incertitude de Heisenberg : on ne peut pas mesurer simultanément à la fois la position et la vitesse d'une particule avec une précision infinie.



La non-localité induit une non-séparabilité



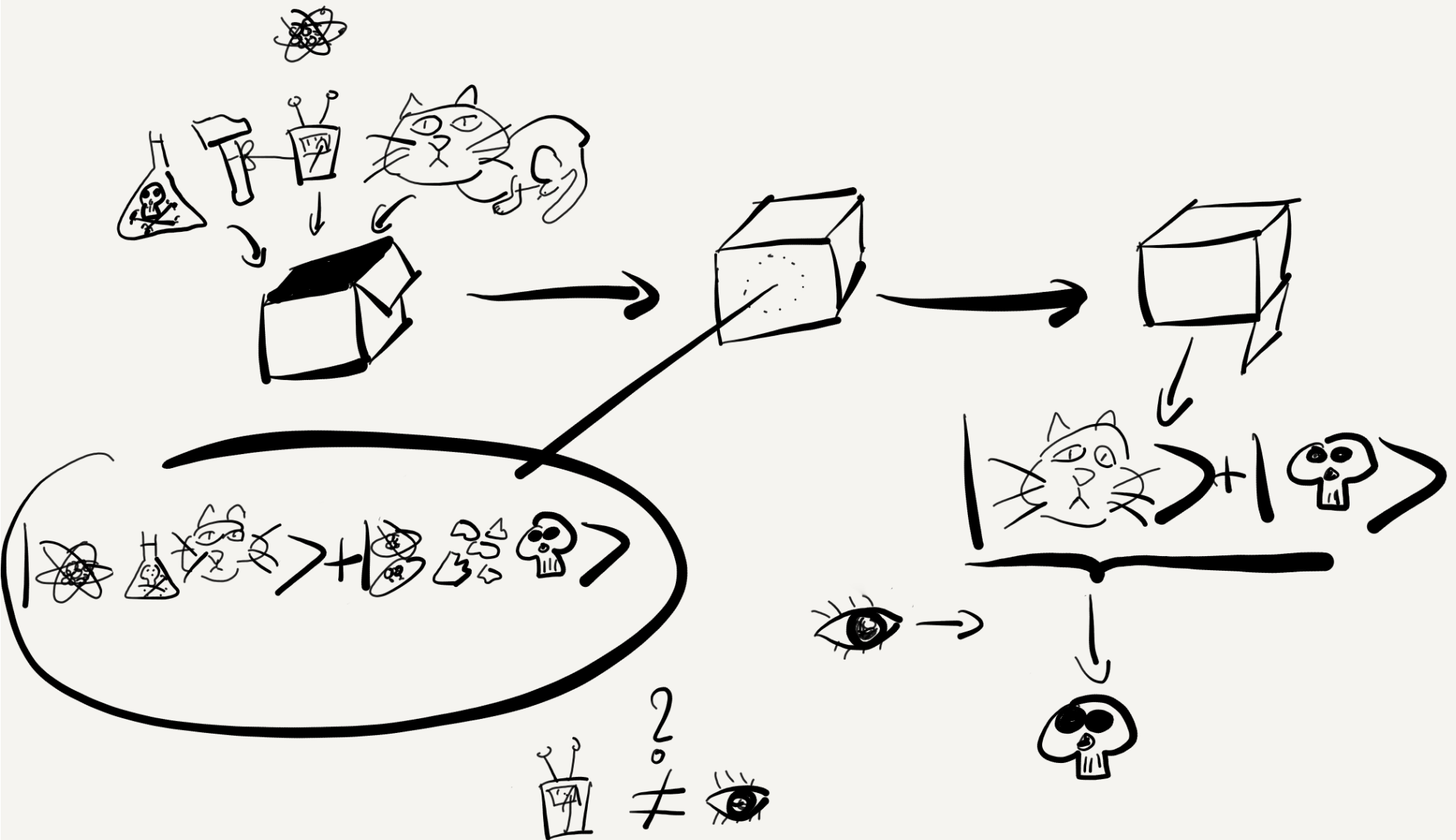
une fonction d'onde
observable nombre
de particules $N=2$

On ne peut pas séparer les deux particules.

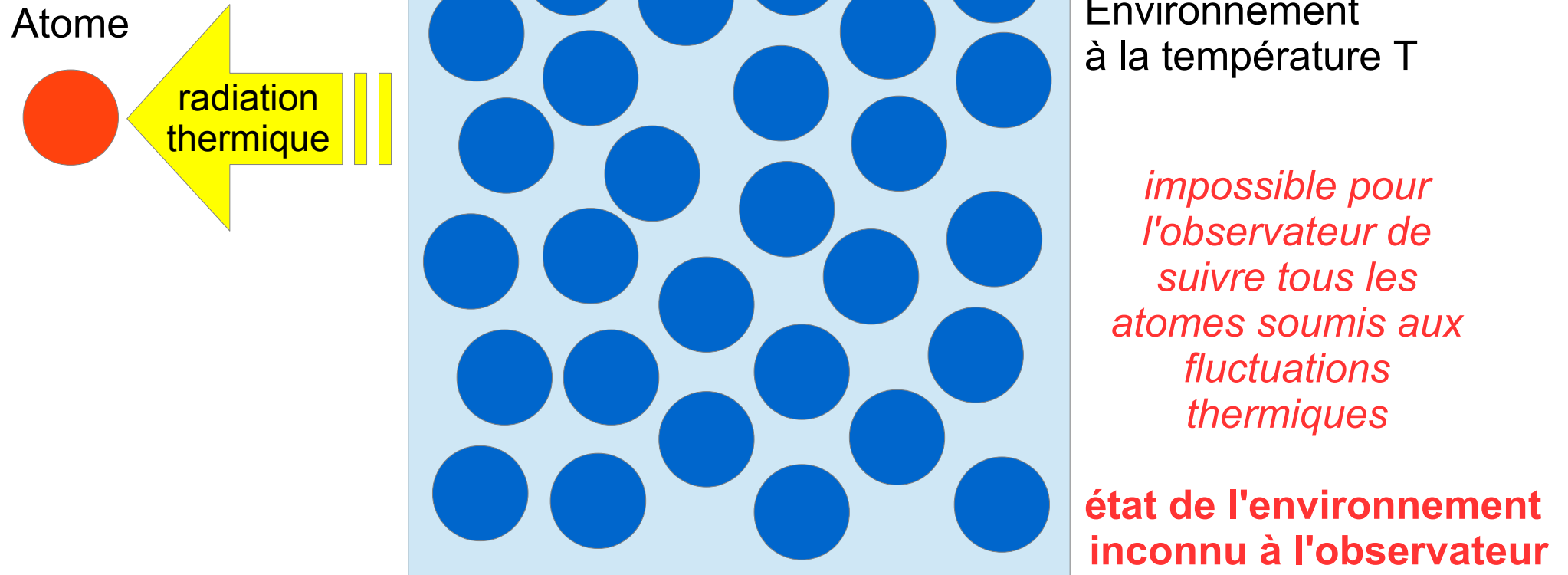
La notion même de particules (ou d'objet en général) n'est pas claire en mécanique quantique.

$$\begin{aligned} & |\text{😊}, \text{😊}\rangle + |\text{😱}, \text{😱}\rangle \\ & \neq |\text{😊}, \text{😱}\rangle \\ & \neq (|\text{😊}\rangle + |\text{😱}\rangle)(|\text{😊}\rangle + |\text{😱}\rangle) \end{aligned}$$

Mécanique Quantique : Le problème de la mesure



Mécanique Quantique : La décohérence



atome à $t=0$

$t>0$

atome à $t \rightarrow \infty$

$|\text{😊}\rangle + |\text{☠}\rangle$

intrication atome-environnement ↗

😊 OU ☠

information sur l'atome ↘

mécanique quantique

mécanique newtonienne

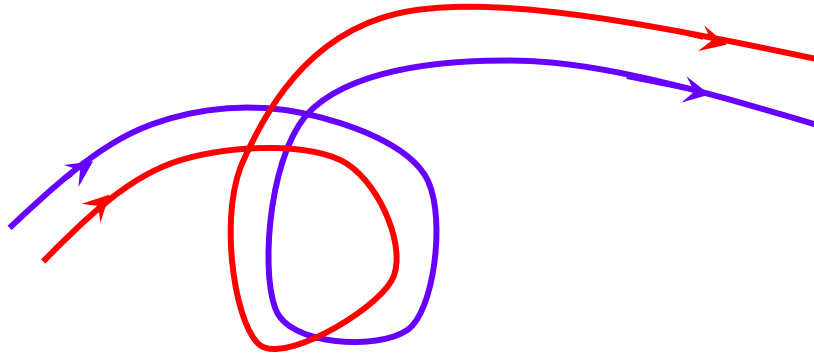
Hypothèse : mesure \sim décohérence très rapide

mais

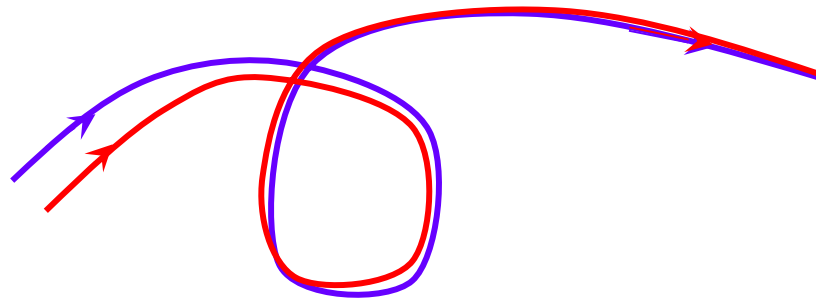
- rôle de l'observateur toujours présent (car c'est son manque d'information sur les atomes de l'instrument de mesure qui « induit » la projection de l'état de l'atome)
- l'équation qui décrit la décohérence est mathématiquement connue (équation de Lindblad), mais en pratique ses paramètres doivent être ajustés sur l'expérience dans la plupart des cas (modèles purement empiriques).

Mécanique Newtonienne: La sensibilité aux conditions initiales

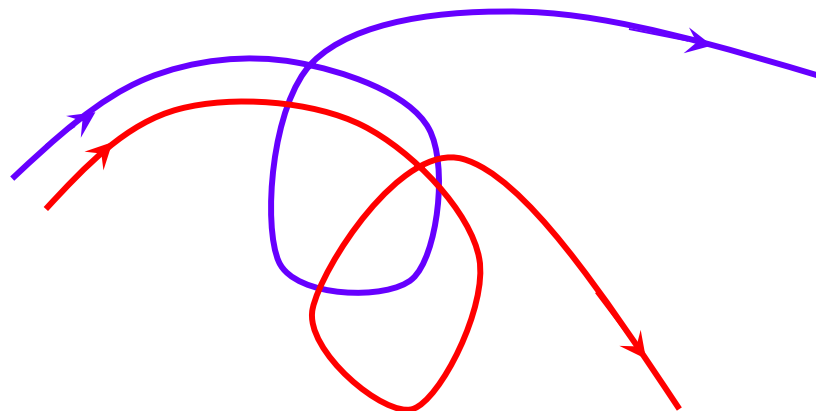
Systemes conservatifs



Systemes dissipatifs

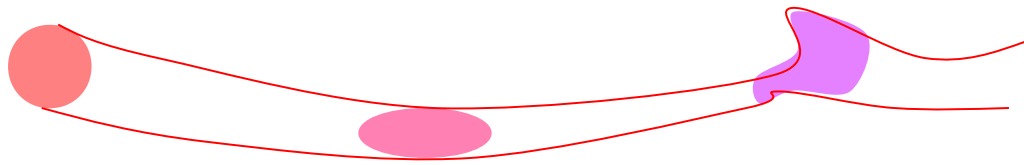


Systemes sensibles
aux conditions initiales

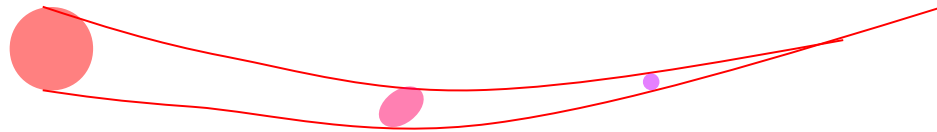


Mécanique Newtonienne: Le chaos

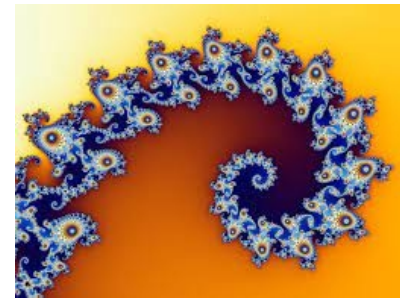
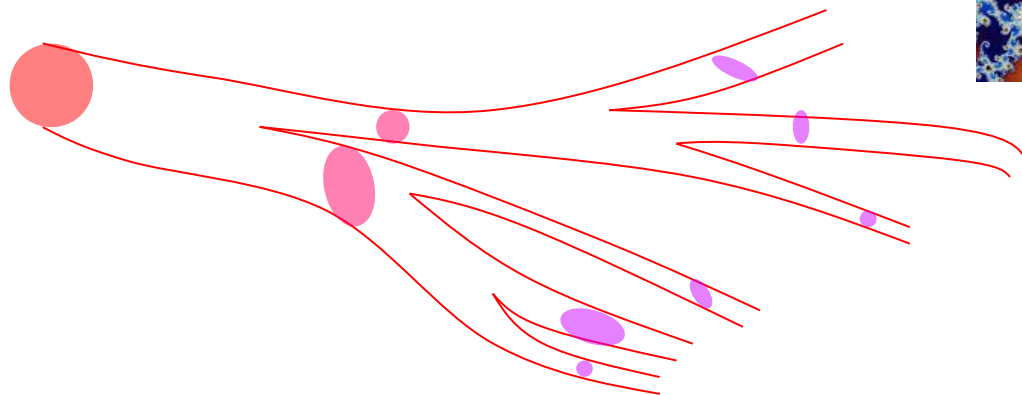
Systemes conservatifs



Systemes dissipatifs



Systemes chaotiques



Mécanique Newtonienne: Le chaos

On connaît position et vitesse à un instant donné t_0 avec une certaine précision

(x_0, v_0)

Δ_0

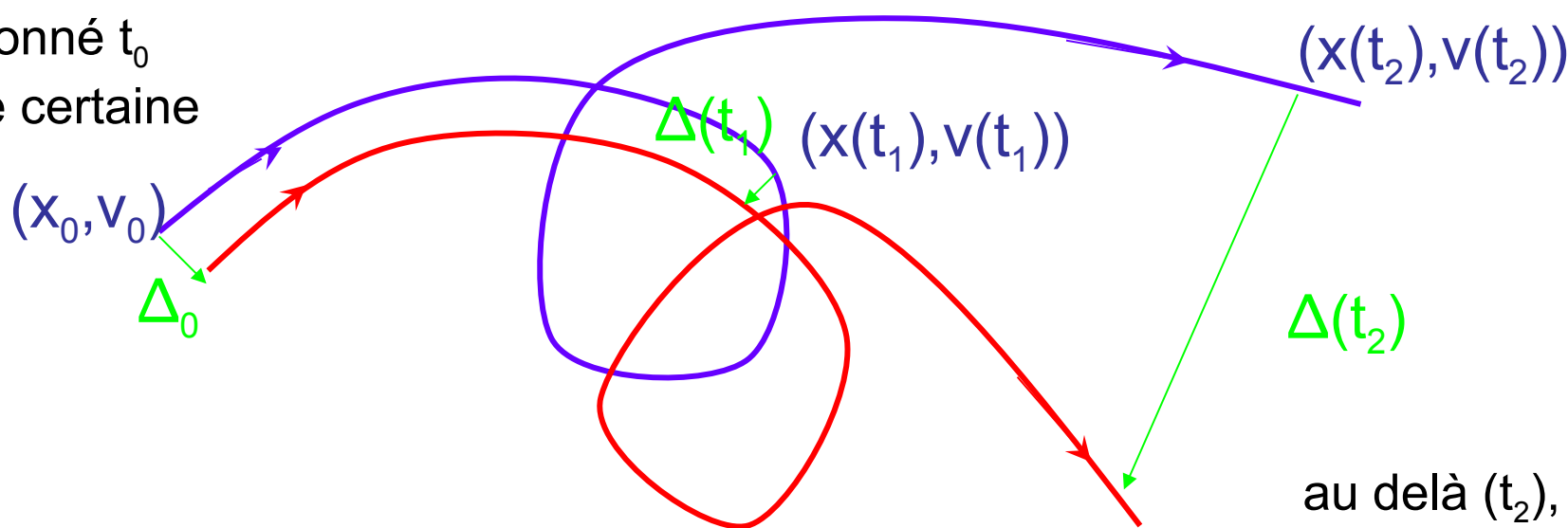
jusqu'à une certaine date t_1 , on peut prédire la position et la vitesse avec une bonne précision

$\Delta(t_1)$ $(x(t_1), v(t_1))$

$(x(t_2), v(t_2))$

$\Delta(t_2)$

au delà (t_2), l'erreur commise entre prédiction et réalité explose.



Le chaos quantique ?

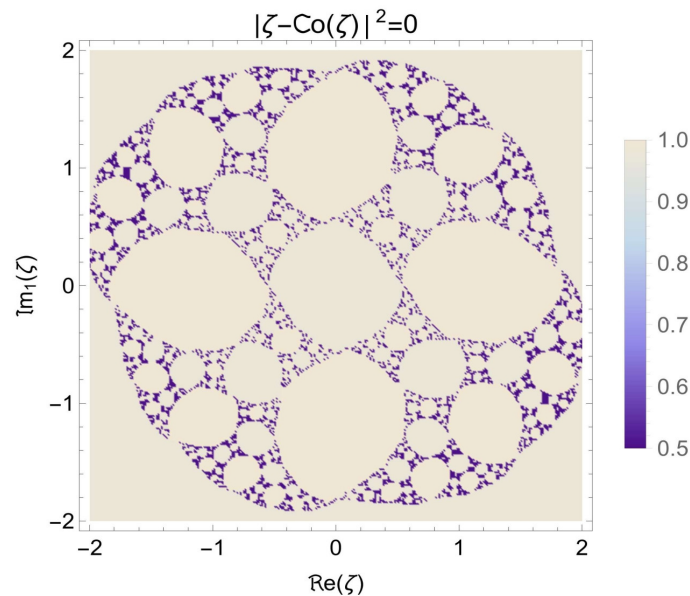
Relation d'incertitude de Heisenberg $\Delta x_0 \Delta v_0 \geq \hbar/2$

→ impossible de définir la sensibilité aux conditions initiales

→ impossible d'appliquer la conservation des aires

pas de définition claire du chaos quantique...

... mais de nombreux phénomènes à l'échelle mésoscopique qui semblent s'y rattacher.



*Exemple : compétition décohérence-
protocole de purification*