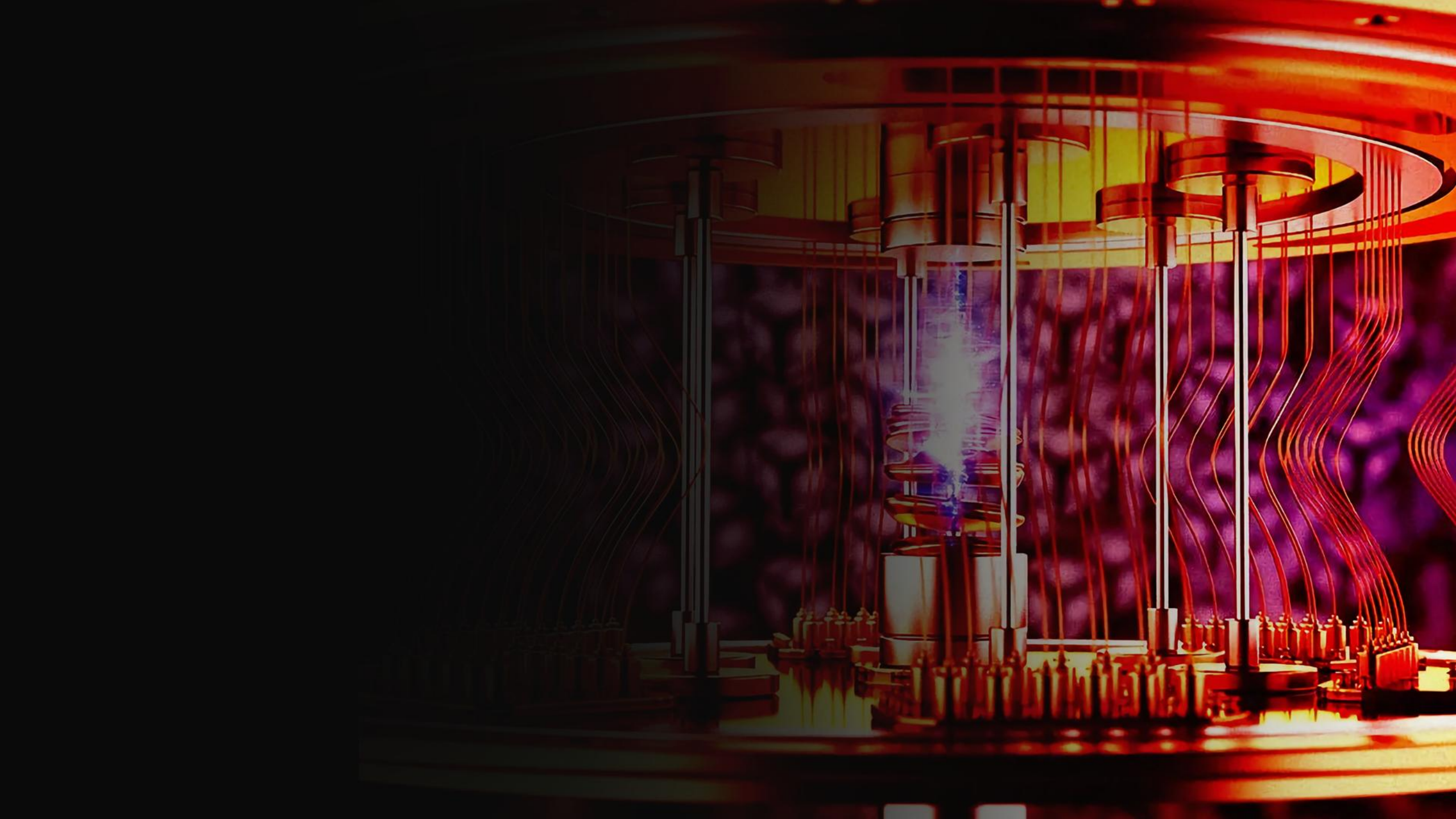
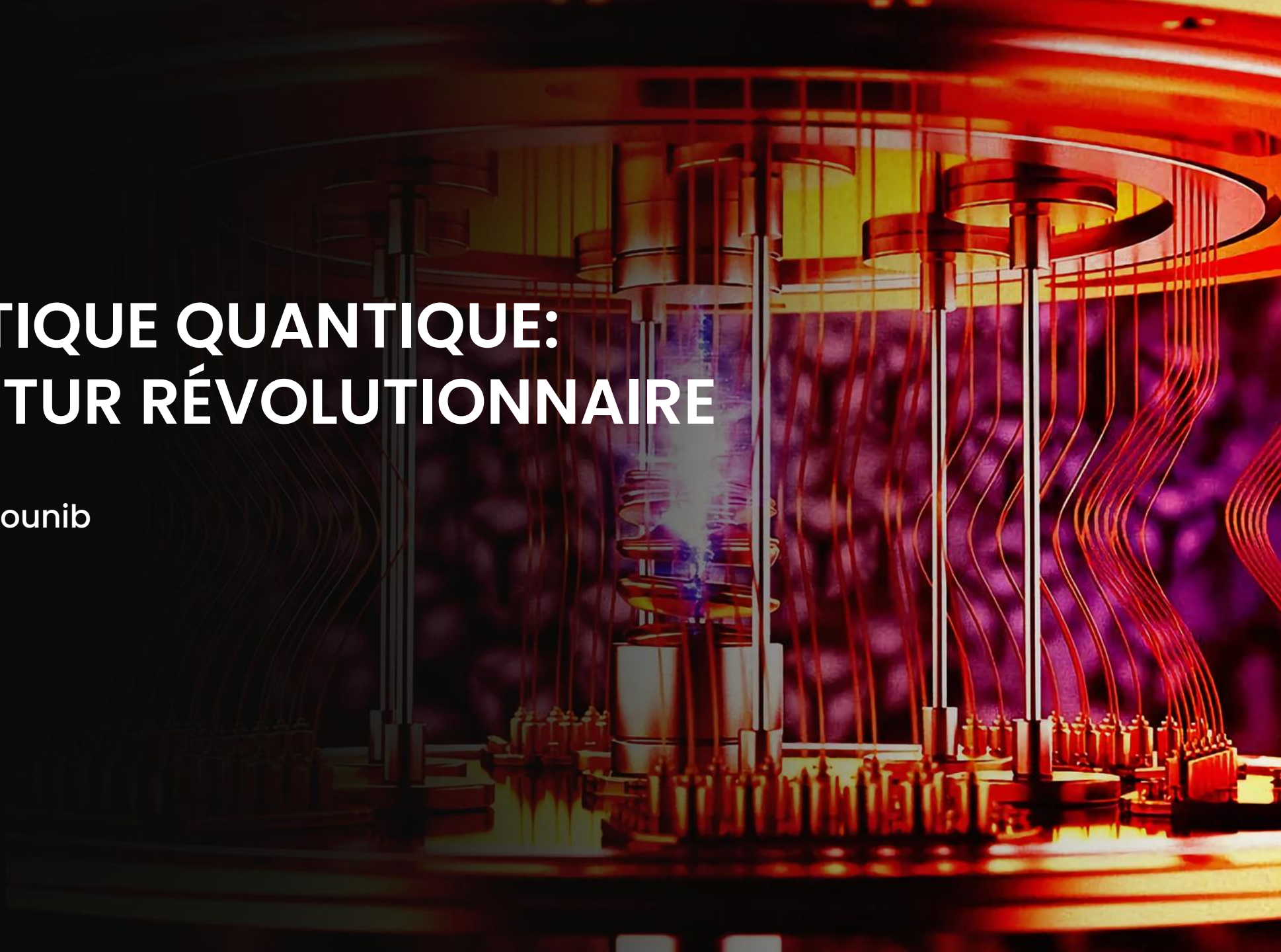


L'INFORMATIQUE QUANTIQUE: VERS UN FUTUR RÉVOLUTIONNAIRE

Boudjaoui Badis
Adjeroud Mohamed Mounib
Sahali Maria



L'INFORMATIQUE QUANTIQUE: VERS UN FUTUR RÉVOLUTIONNAIRE

Boudjaoui Badis
Adjeroud Mohamed Mounib
Sahali Maria

1CP – Groupe 12

Encadré par : professeur Iken

ESTIN

L'INFORMATIQUE QUANTIQUE: VERS UN FUTUR RÉVOLUTIONNAIRE

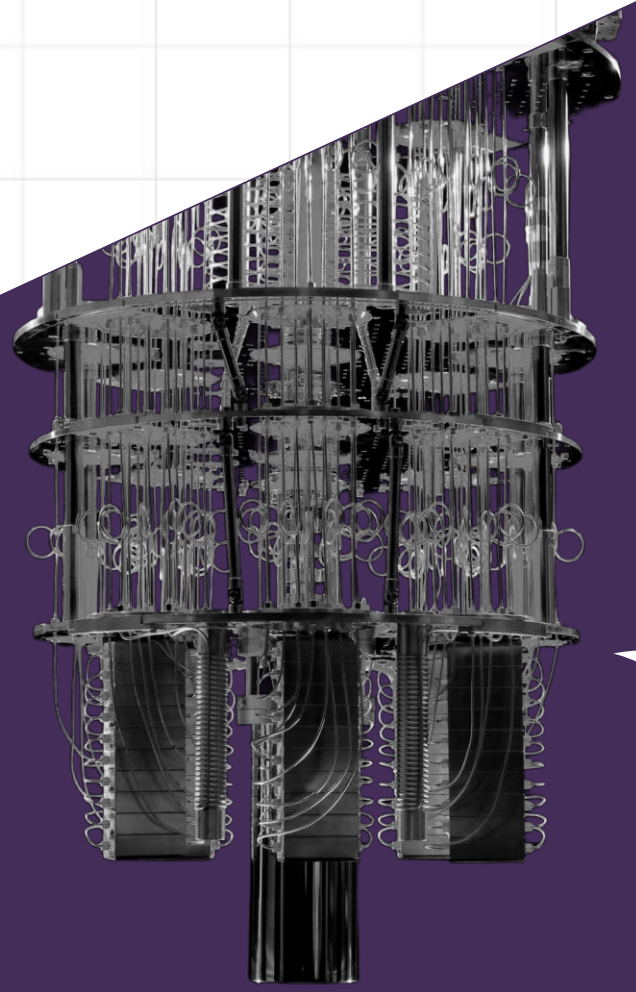
Boudjaoui Badis
Adjeroud Mohamed Mounib
Sahali Maria

1CP – Groupe 12

Encadré par : professeur Iken

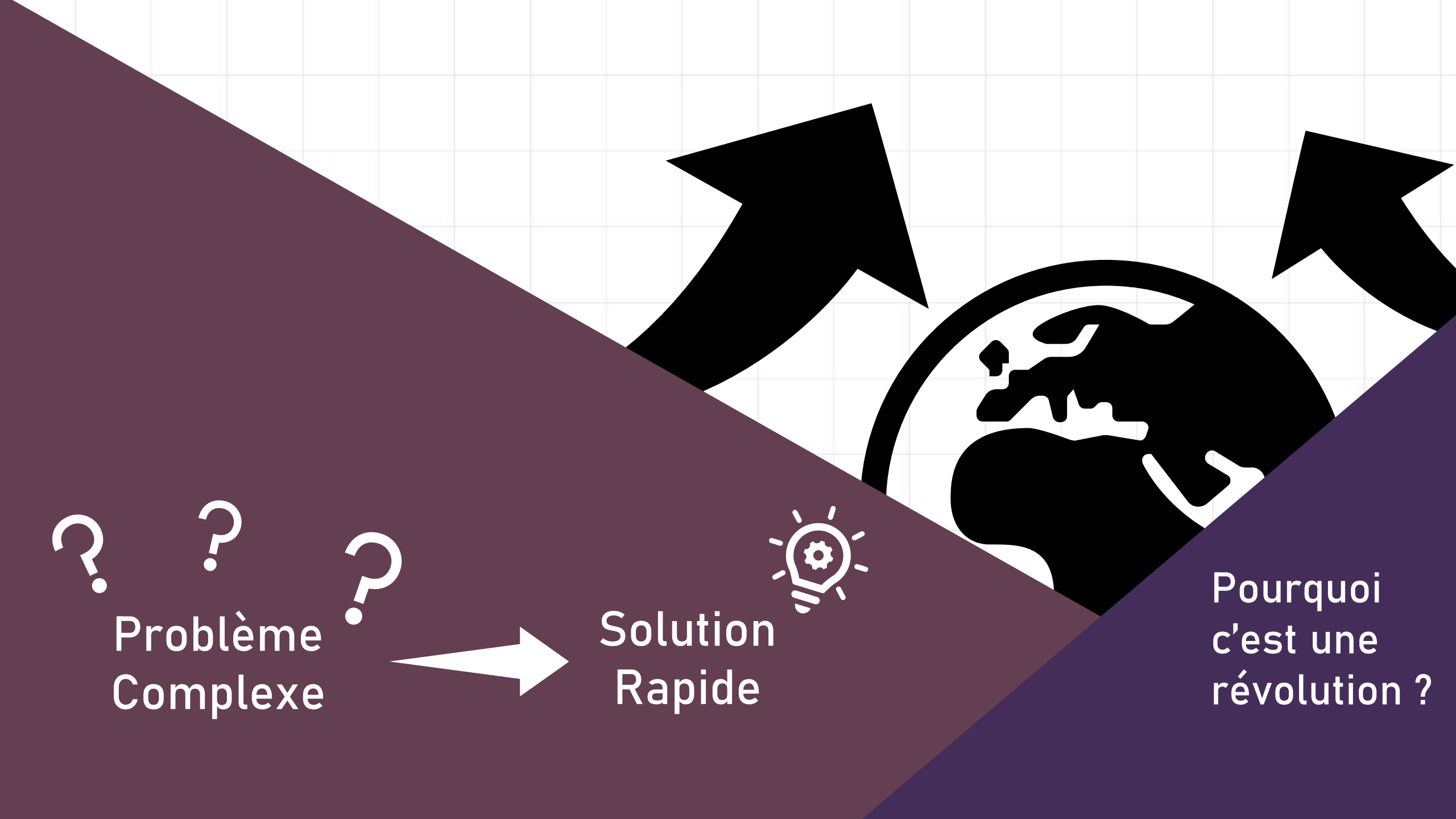
2024/2025

C'est quoi l'informatique Quantique ?



Physique Quantique

Qubit


Problème
Complexe
Solution
Rapide
Pourquoi
c'est une
révolution ?

Le plan de l'exposé

L'évolution de l'ordinateur quantique

Les débuts théoriques

David Deutsch

Physicien israélo-britannique, professeur de physique à l'université d'Oxford. a ensuite introduit le concept d'un ordinateur quantique universel, jetant ainsi les bases de cette nouvelle approche.

Richard Feynman

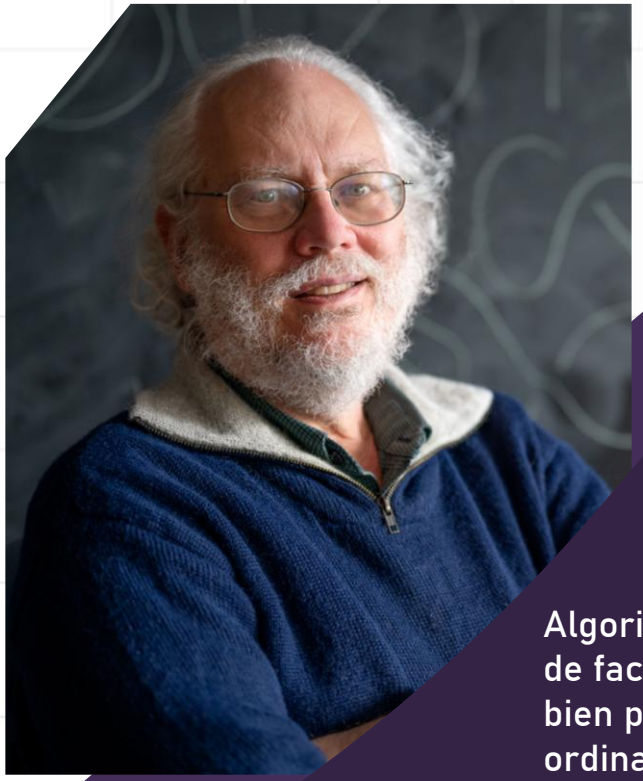
Physicien américain et pionnier de l'informatique quantique, il a suggéré en 1981 que seuls des ordinateurs quantiques pourraient simuler efficacement les systèmes quantiques.

Les débuts théoriques

David Deutsch

L'algorithme de Lov Grover

Algorithme quantique qui accélère la recherche dans une base de données non structurée

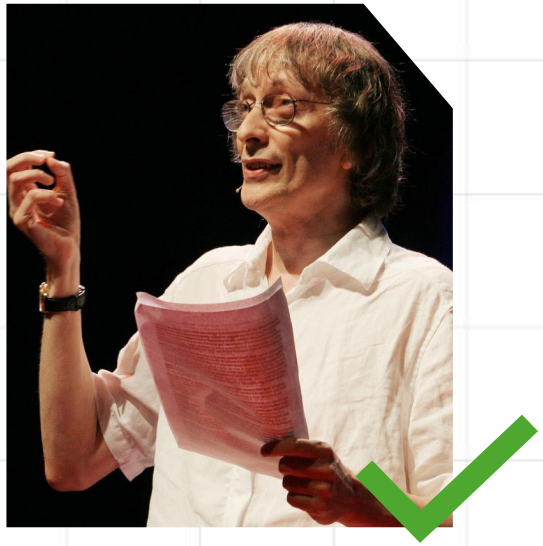


Richard Feynman

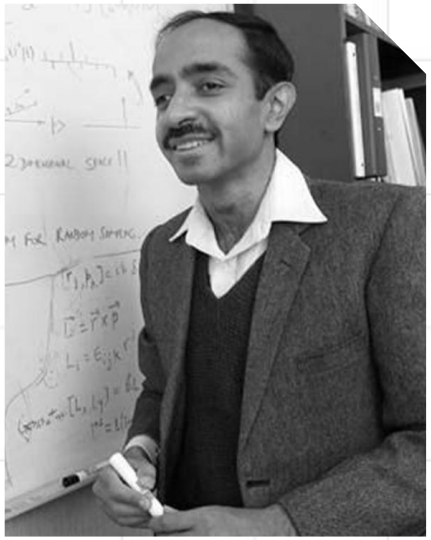
L'algorithme de Peter Shor

Algorithme quantique qui permet de factoriser les grands nombres bien plus rapidement qu'un ordinateur classique

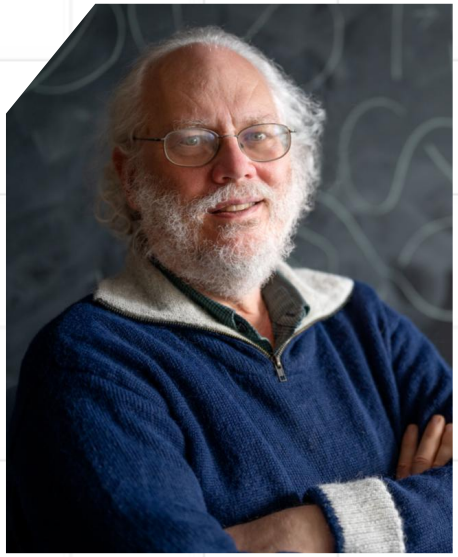
Premiers prototypes et suprématie quantique



David Deutsch

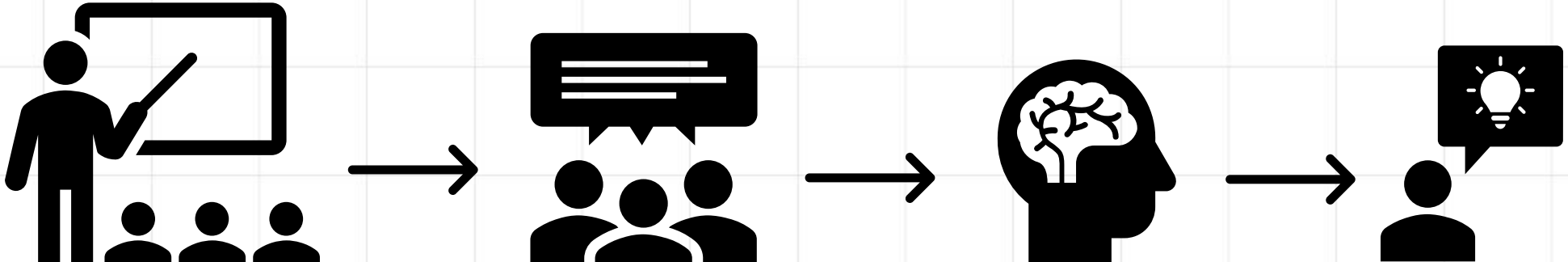


L'algorithme de Lov Grover



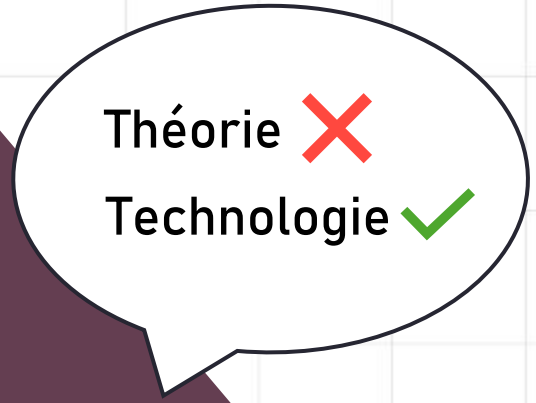
L'algorithme de Peter Shor

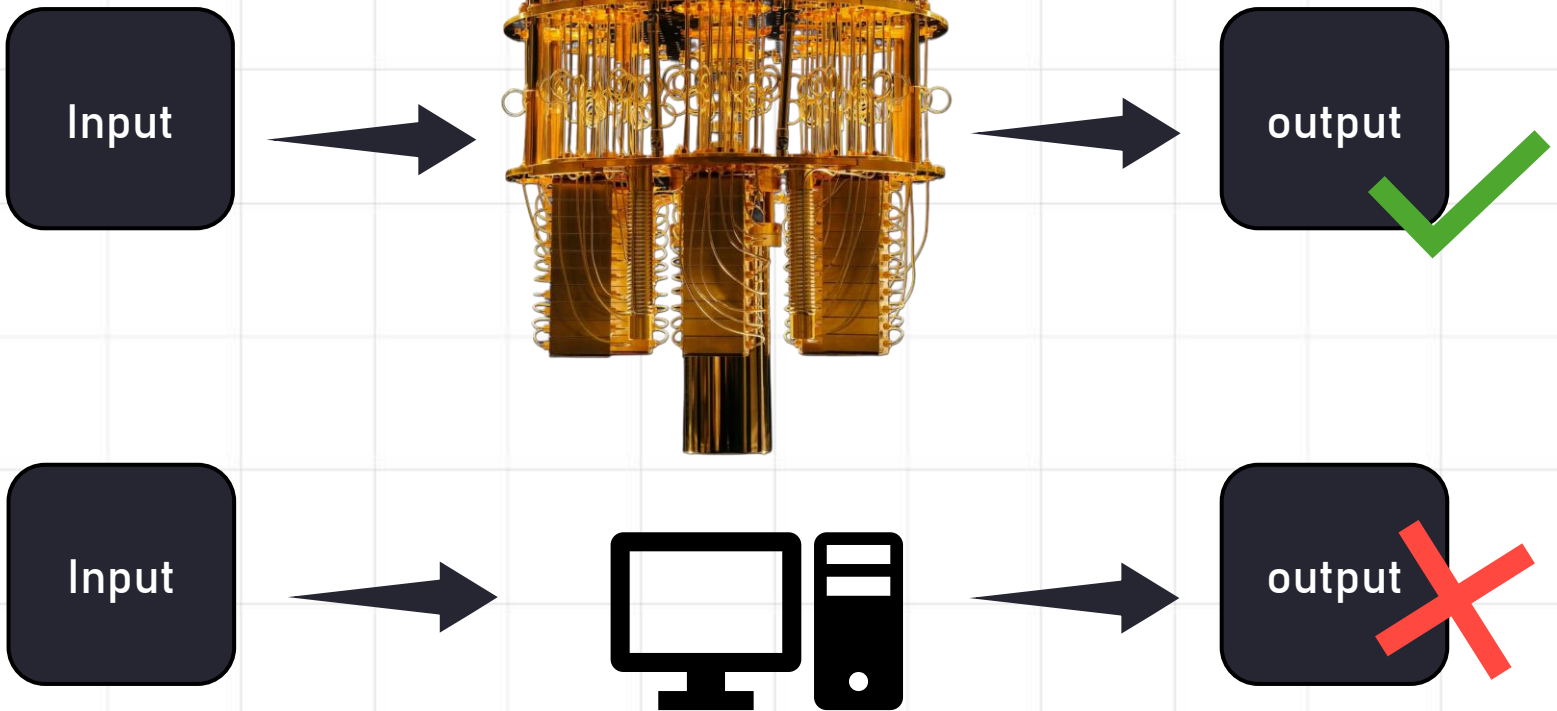
Richard Feynman



Premiers prototypes et suprématie quantique

Suprématie Quantique





Avancées récentes

Aujourd'hui, l'informatique quantique progresse grâce aux efforts de plusieurs acteurs majeurs

Avancées récentes

Dévoile en : 2010

IBM Q – Programme d'informatique quantique d'IBM visant à développer des processeurs quantiques plus puissants et accessibles via le cloud, permettant aux chercheurs et développeurs d'explorer de nouvelles applications.

IBM Q

Avancées récentes

Google

IBM

Google

Microsoft

Dévoile en :
9/12/2024

Google Willow – Processeur quantique de 105 qubits développé par Google, intégrant des technologies de correction d'erreurs pour améliorer la fiabilité et la stabilité des calculs quantiques.

Willow

Avancées récentes

Microsoft

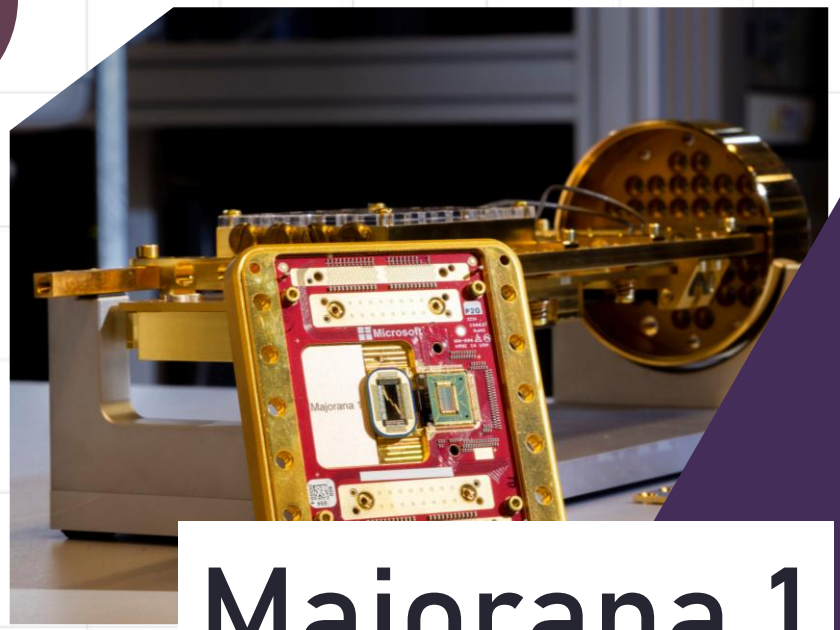
IBM

Google

Microsoft

Dévoile le :
02/2025

Majorana 1 – Processeur quantique basé sur des qubits topologiques utilisant un matériau innovant, le "topoconducteur", offrant plus de stabilité et ouvrant la voie à des ordinateurs quantiques évolutifs.



Majorana 1

Avancées récentes

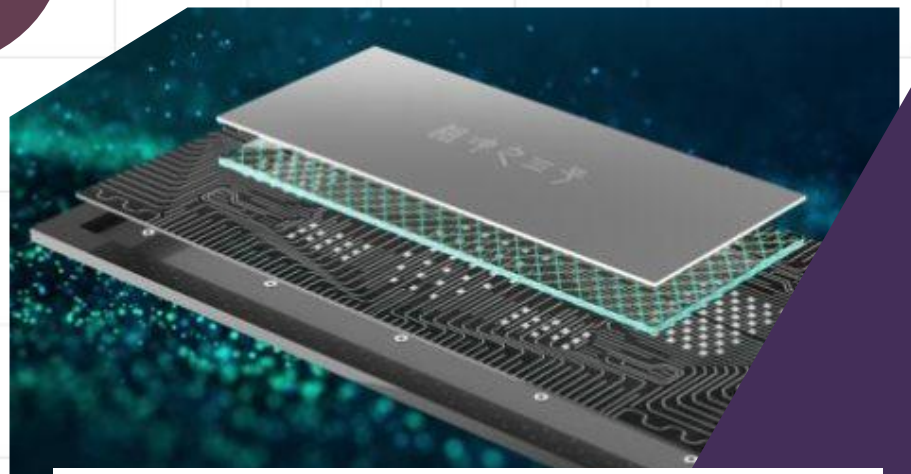
IBM

Google

Microsoft

Dévoile le :
03/03/2025

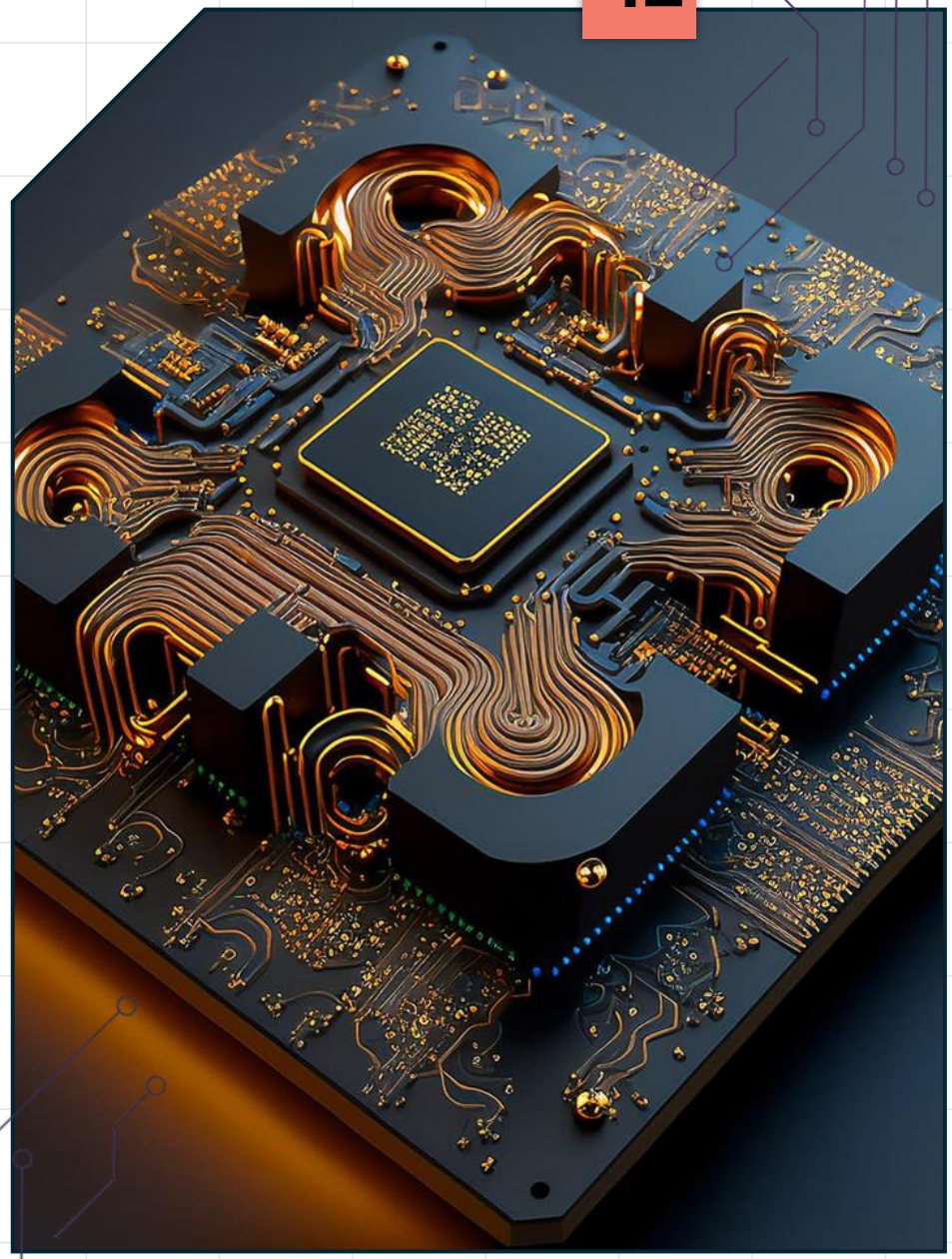
Zuchongzhi-3 – Processeur quantique chinois dévoilé en 2025, surpassant les supercalculateurs classiques en vitesse de calcul et marquant une avancée majeure vers la suprématie quantique.



Zuchongzhi-3

LE FONCTIONNEMENT DE L’ORDINATEUR QUANTIQUE

Plongez au cœur du fonctionnement d’un ordinateur quantique et explorez ses composants clés ainsi que ses défis technologiques.



PRINCIPES FONDAMENTAUX DE L'INFORMATIQUE QUANTIQUE

DES BITS AUX QUBITS : La Magie Quantique

BITS CLASSIQUES :

0 ou 1

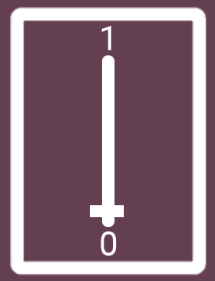
QUBITS :

Combinaison simultanée de 0 et 1

DES BITS AUX QUBITS : La Magie Quantique

BITS CLASSIQUES :

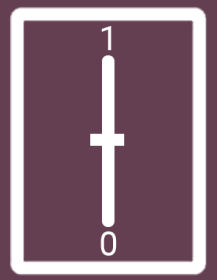
QUBITS :



DES BITS AUX QUBITS : La Magie Quantique

BITS CLASSIQUES :

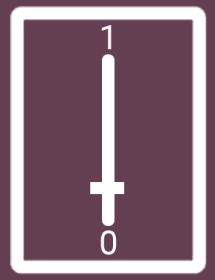
QUBITS :



DES BITS AUX QUBITS : La Magie Quantique

BITS CLASSIQUES :

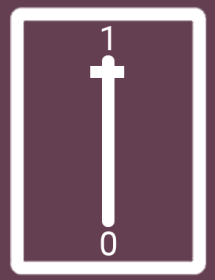
QUBITS :



DES BITS AUX QUBITS : La Magie Quantique

BITS CLASSIQUES :

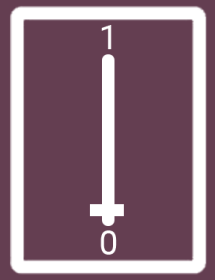
QUBITS :



DES BITS AUX QUBITS : La Magie Quantique

BITS CLASSIQUES :

QUBITS :



L’État du Qubit et la Superposition

L’État du Qubit et la Superposition

L’État du Qubit et la Superposition

Formule

L'État du Qubit et la Superposition

Formule

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Tel que :

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

L'État du Qubit et la Superposition

Formule

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Tel que :

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$|\psi\rangle$ représente un état quantique. Il appartient à **l'espace de Hilbert**, un espace mathématique où vivent les états quantiques

L'État du Qubit et la Superposition

Formule

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Tel que :

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$|\psi\rangle$ représente un état quantique. Il appartient à **l'espace de Hilbert**, un espace mathématique où vivent les états quantiques

Exemple

L'État du Qubit et la Superposition

Formule

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Tel que :

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$|\psi\rangle$ représente un état quantique. Il appartient à **l'espace de Hilbert**, un espace mathématique où vivent les états quantiques

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

L'État du Qubit et la Superposition

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\alpha = \beta$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

L'État du Qubit et la Superposition

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\alpha = \beta$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

L'État du Qubit et la Superposition

Exemple	sphère de Bloch
$\lvert\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\lvert 0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\lvert 1\rangle$ $\alpha = \beta$ $= \frac{1}{\sqrt{2}}$ Cela signifie $\lvert 0\rangle$: 50% et $\lvert 1\rangle$: 50%	

L'État du Qubit et la Superposition

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

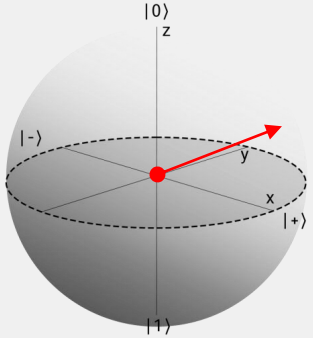
$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

sphère de Bloch

$$|\psi\rangle = \cos(\theta/2)|0\rangle + e^{i\phi}\sin(\theta/2)|1\rangle$$

$\theta = 2\arccos(|\alpha|)$

$\phi = \arg(\beta) - \arg(\alpha)$



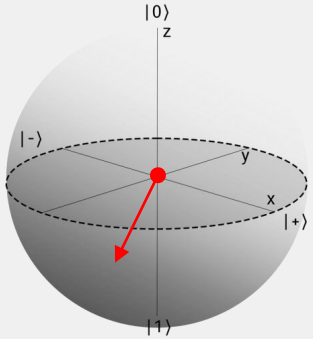
θ =64.9°°

ϕ =34.2°

$|0\rangle$:071%

$|1\rangle$:029%

$|\psi\rangle = \sqrt{71}.|0\rangle + e^{i0.19\pi}\sqrt{29}.|1\rangle$



θ =102.6°

ϕ = 295.2°

$|0\rangle$:039%

$|1\rangle$:061%

$|\psi\rangle = \sqrt{39}.|0\rangle + e^{i1.64\pi}\sqrt{61}.|1\rangle$

L'État du Qubit et la Superposition

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

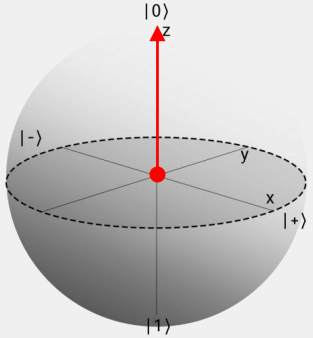
$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

sphère de Bloch

$$|\psi\rangle = \cos(\theta/2)|0\rangle + e^{i\phi}\sin(\theta/2)|1\rangle$$

$\theta = 2\arccos(|\alpha|)$

$\phi = \arg(\beta) - \arg(\alpha)$



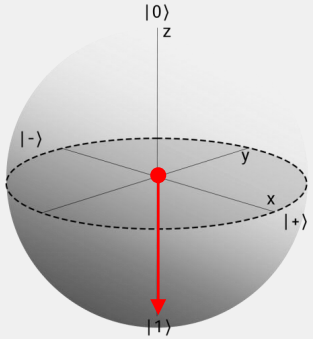
$\theta = 0^\circ$

$\phi = 0^\circ$

$|0\rangle$:100%

$|1\rangle$:000%

$|\psi\rangle = 1.|0\rangle + 0.|1\rangle$



$\theta = 180^\circ$

$\phi = 0^\circ$

$|0\rangle$:000%

$|1\rangle$:100%

$|\psi\rangle = 0.|0\rangle + 1.|1\rangle$

L'État du Qubit et la Superposition

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

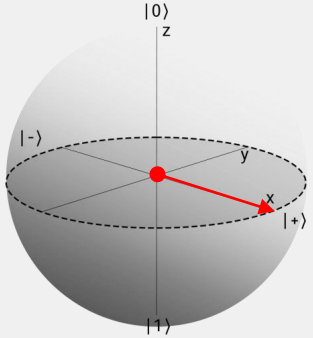
$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

sphère de Bloch

$|\psi\rangle = \cos(\theta/2)|0\rangle + e^{i\phi}\sin(\theta/2)|1\rangle$

$\theta = 2\arccos(|\alpha|)$

$\phi = \arg(\beta) - \arg(\alpha)$



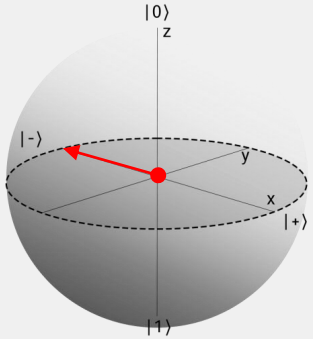
$\theta = 90^\circ$

$\phi = 0^\circ$

$|0\rangle$:050%

$|1\rangle$:050%

$|\psi\rangle = \sqrt{(1/2)}.|0\rangle + \sqrt{(1/2)}.|1\rangle$



$\theta = 90^\circ$

$\phi = 180^\circ$

$|0\rangle$:050%

$|1\rangle$:050%

$|\psi\rangle = \sqrt{(1/2)}.|0\rangle - \sqrt{(1/2)}.|1\rangle$

L'État du Qubit et la Superposition

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

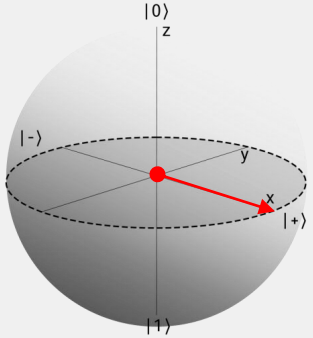
$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

sphère de Bloch

$|\psi\rangle = \cos(\theta/2)|0\rangle + e^{i\phi}\sin(\theta/2)|1\rangle$

$\theta = 2\arccos(|\alpha|)$

$\phi = \arg(\beta) - \arg(\alpha)$



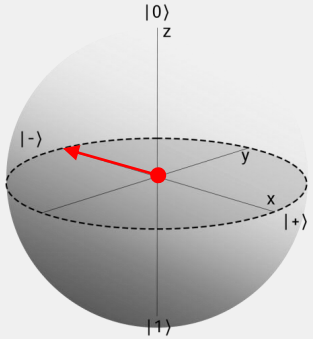
$\theta = 90^\circ$

$\phi = 0^\circ$

$|0\rangle$:050%

$|1\rangle$:050%

$|\psi\rangle = \sqrt{(1/2)}.|0\rangle + \sqrt{(1/2)}.|1\rangle$



$\theta = 90^\circ$

$\phi = 180^\circ$

$|0\rangle$:050%

$|1\rangle$:050%

$|\psi\rangle = \sqrt{(1/2)}.|0\rangle - \sqrt{(1/2)}.|1\rangle$

L'État du Qubit et la Superposition

Formule

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Tel que :

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$|\psi\rangle$ représente un état quantique. Il appartient à **l'espace de Hilbert**, un espace mathématique où vivent les états quantiques

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

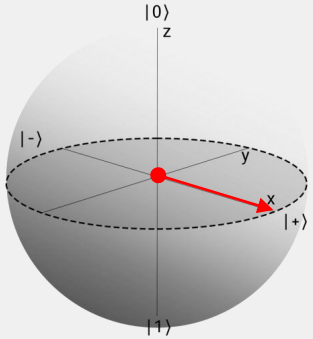
$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

sphère de Bloch

$$|\psi\rangle = \cos(\theta/2)|0\rangle + e^{i\phi}\sin(\theta/2)|1\rangle$$



$\theta = 90^\circ$

$\phi = 0^\circ$

$|0\rangle$:050%

$|1\rangle$:050%

$$|\psi\rangle = \sqrt{(1/2)}.|0\rangle + \sqrt{(1/2)}.|1\rangle$$

L'État du Qubit et la Superposition

Formule

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Tel que :

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$|\psi\rangle$ représente un état quantique. Il appartient à **l'espace de Hilbert**, un espace mathématique où vivent les états quantiques

Exemple

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

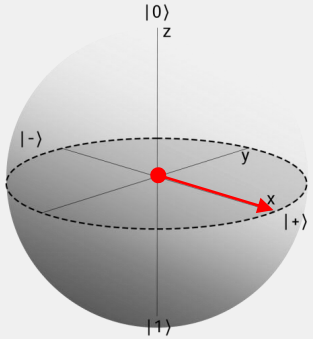
$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Cela signifie

$|0\rangle$: 50% et $|1\rangle$: 50%

sphère de Bloch

$$|\psi\rangle = \cos(\theta/2)|0\rangle + e^{i\phi}\sin(\theta/2)|1\rangle$$



$\theta = 90^\circ$

$\phi = 0^\circ$

$|0\rangle$:050%

$|1\rangle$:050%

$$|\psi\rangle = \sqrt{(1/2)}.|0\rangle + \sqrt{(1/2)}.|1\rangle$$

L’État du Qubit et la Superposition

Formule

Exemple

sphère de Bloch

L’État du Qubit et la Superposition

Formule

Exemple

sphère de Bloch

Exemple

Parallélisme Quantique

Parallélisme Quantique

Superposition

Parallélisme Quantique

Superposition

Parallélisme Quantique

Superposition

n QUBITS

↓

2^n ÉTATS SIMULTANÉS

Parallélisme Quantique

Superposition

n QUBITS

↓

2^n ÉTATS SIMULTANÉS

Parallélisme Quantique

Superposition

Parallélisme Quantique

Superposition

Parallélisme Quantique

Superposition

PAR EXEMPLE

Parallélisme Quantique

Superposition

Parallélisme Quantique

Superposition

Parallélisme Quantique

Superposition

3 QUBITS → 8 ÉTATS SIMULTANÉS

Parallélisme Quantique

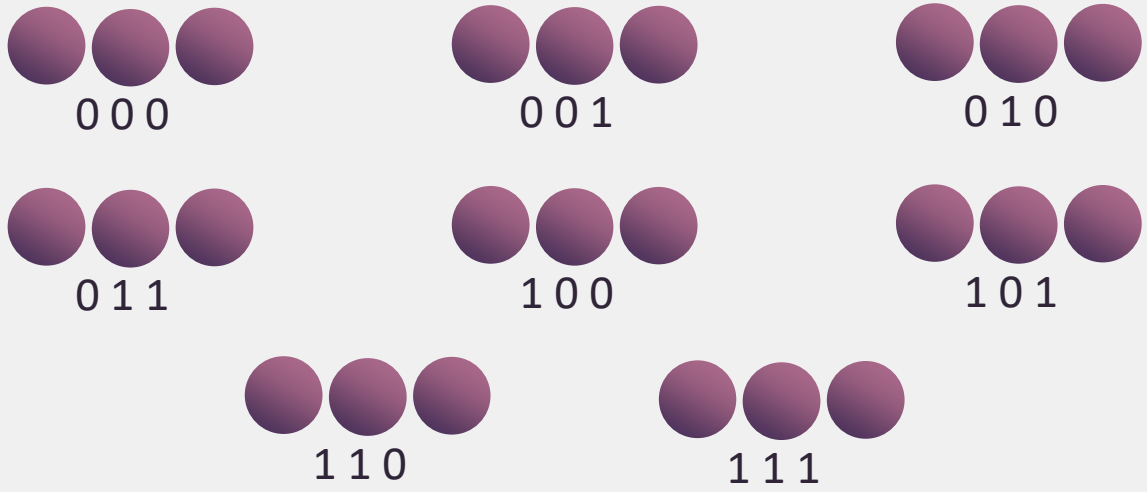
Superposition

3 QUBITS → 8 ÉTATS SIMULTANÉS

Parallélisme Quantique

Superposition

3 QUBITS → 8 ÉTATS SIMULTANÉS

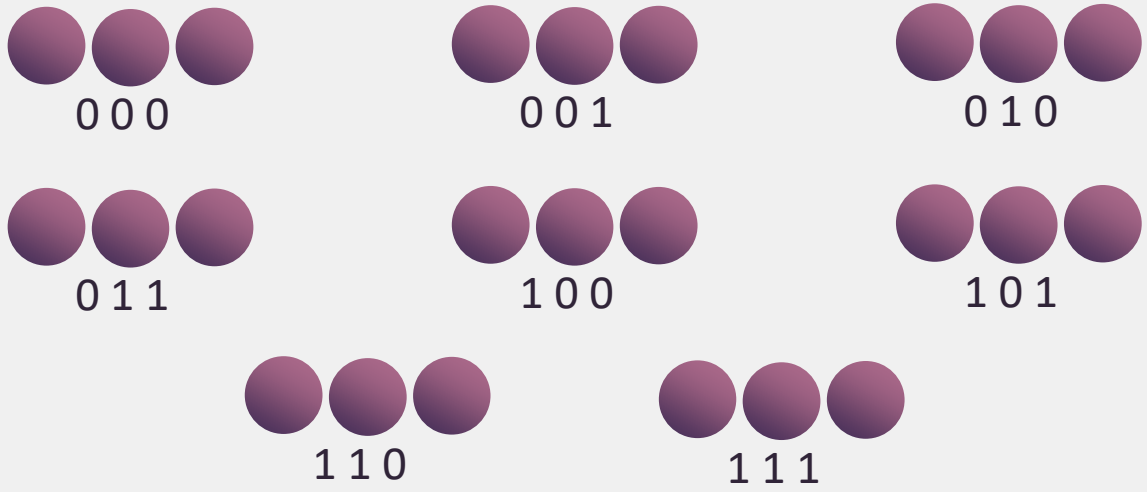


Les 3 qubits sont en **superposition** de tous ces états en même temps

Parallélisme Quantique

Superposition

3 QUBITS → 8 ÉTATS SIMULTANÉS



Les 3 qubits sont en **superposition** de tous ces états en même temps

Parallélisme Quantique

Parallélisme Quantique

L’intrication

L’intrication

L’intrication

Définition

L’intrication

Définition

L’intrication

Définition

exemple

L’intrication

Définition

exemple

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

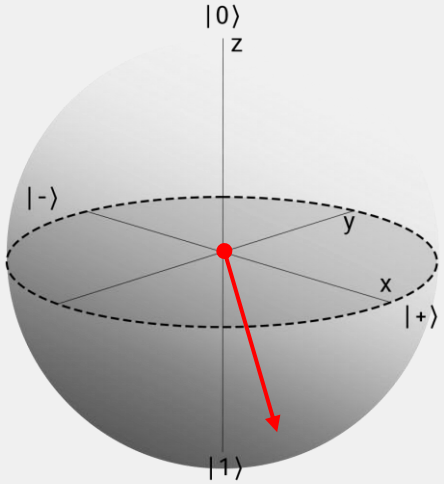
Illustration

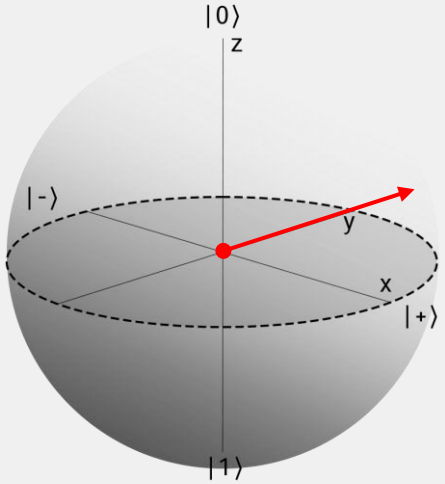
L'intrication

Définition

exemple

Illustration



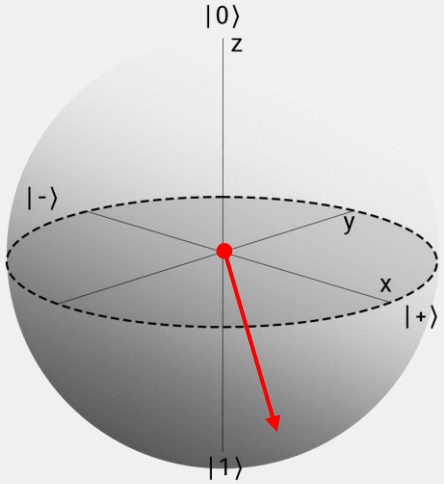


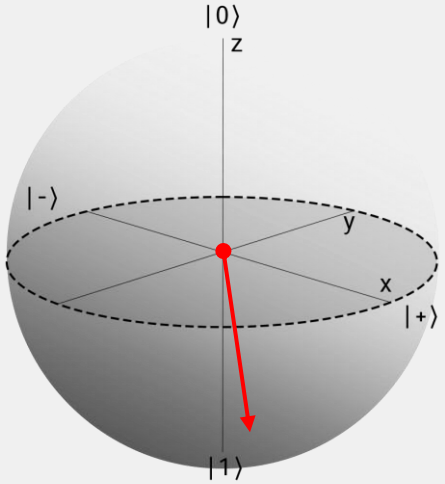
L'intrication

Définition

exemple

Illustration



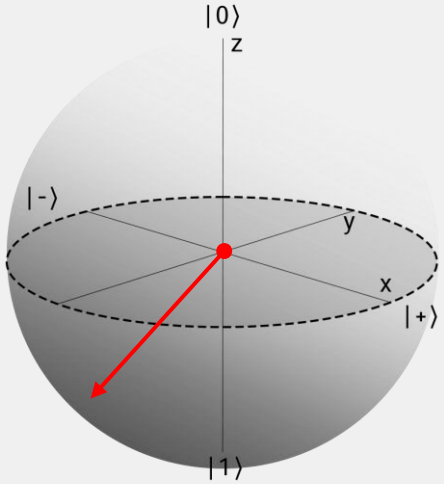


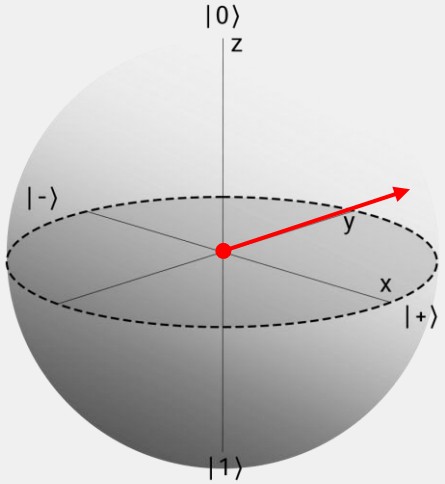
L'intrication

Définition

exemple

Illustration



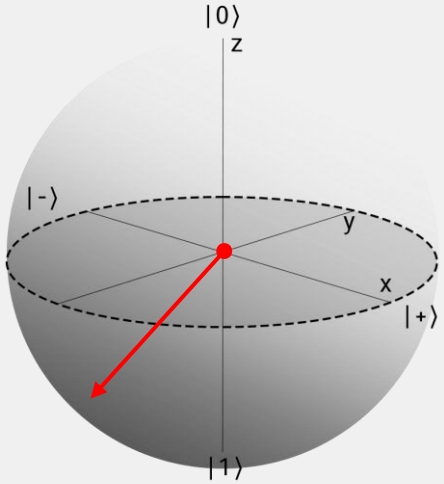


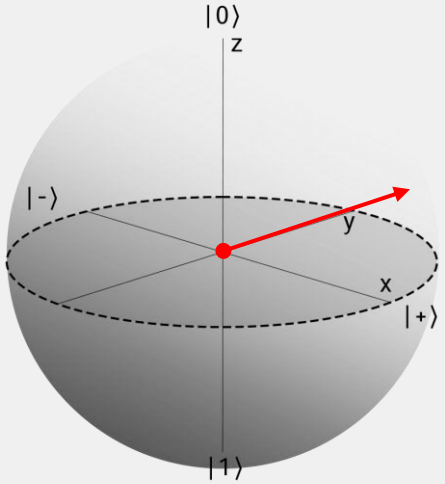
L'intrication

Définition

exemple

Illustration



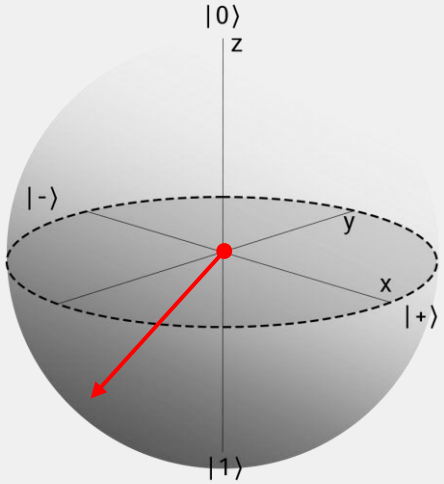


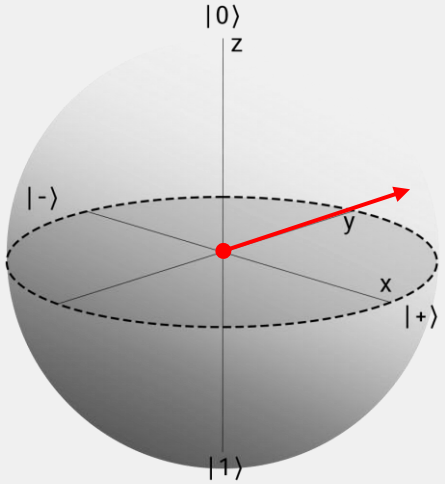
L'intrication

Définition

exemple

Illustration



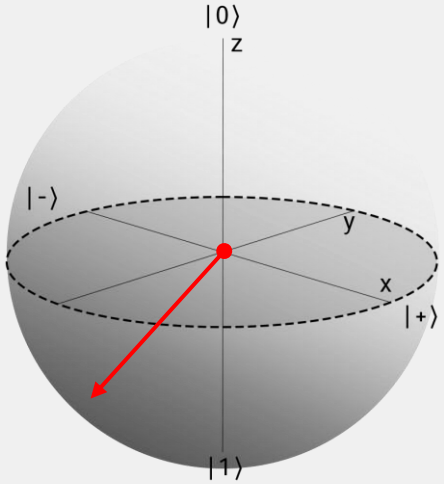


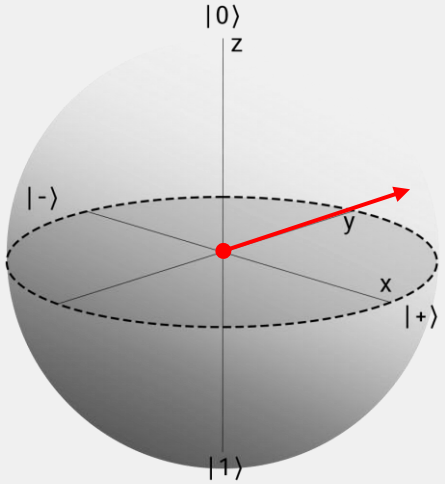
L'intrication

Définition

exemple

Illustration



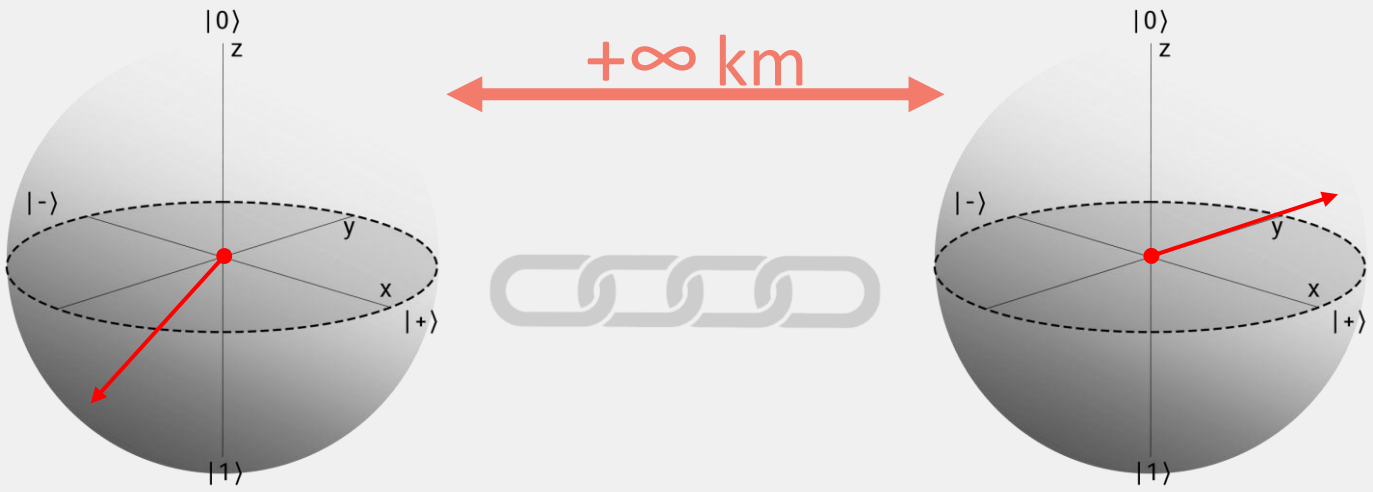


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

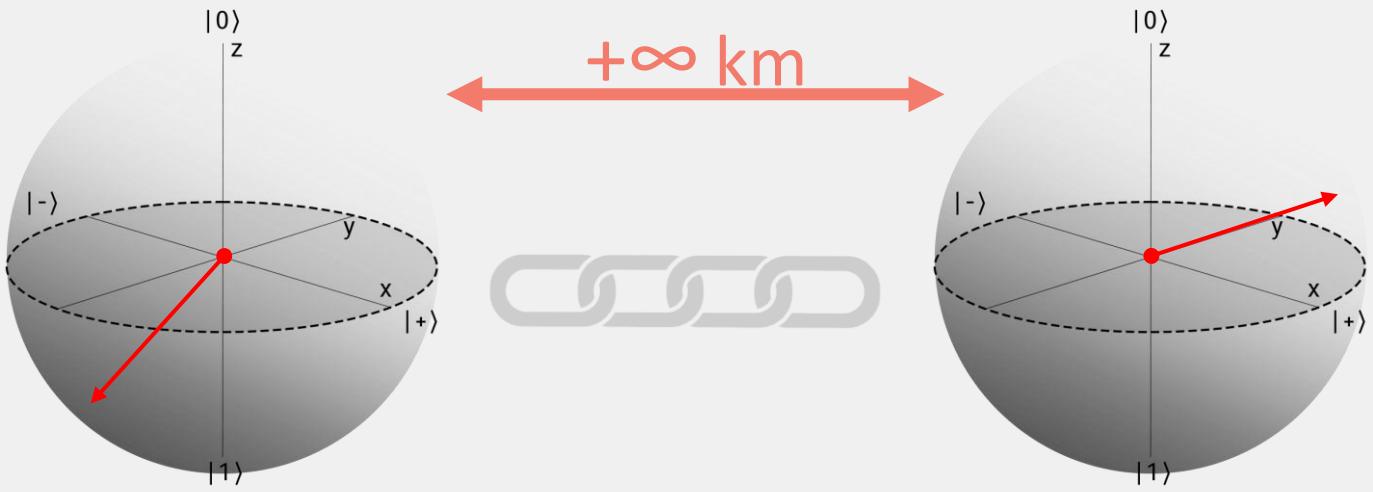


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

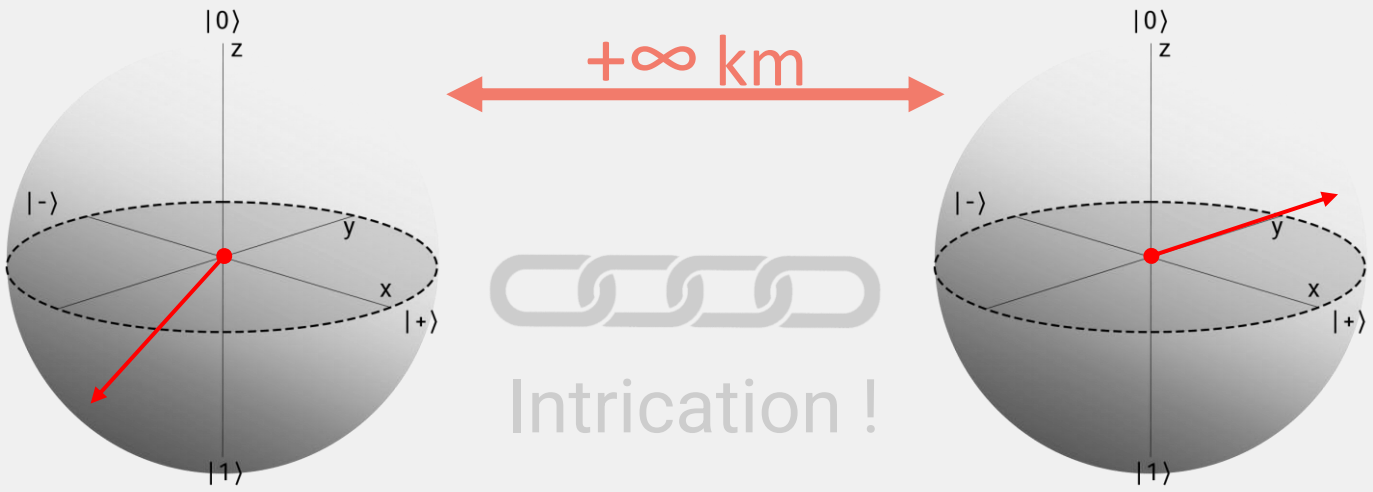


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

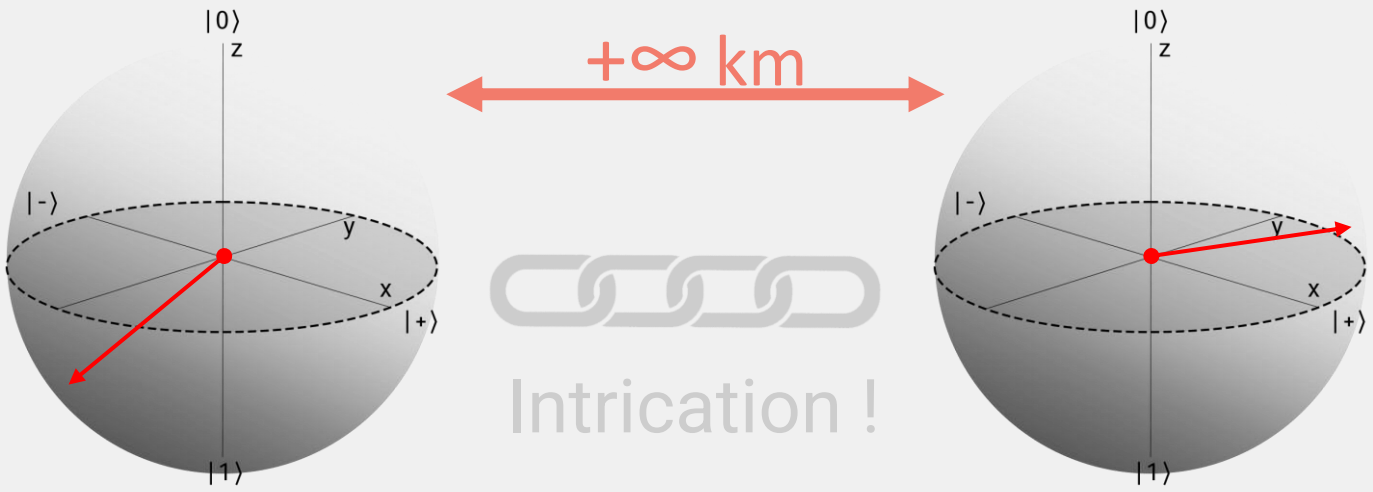


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

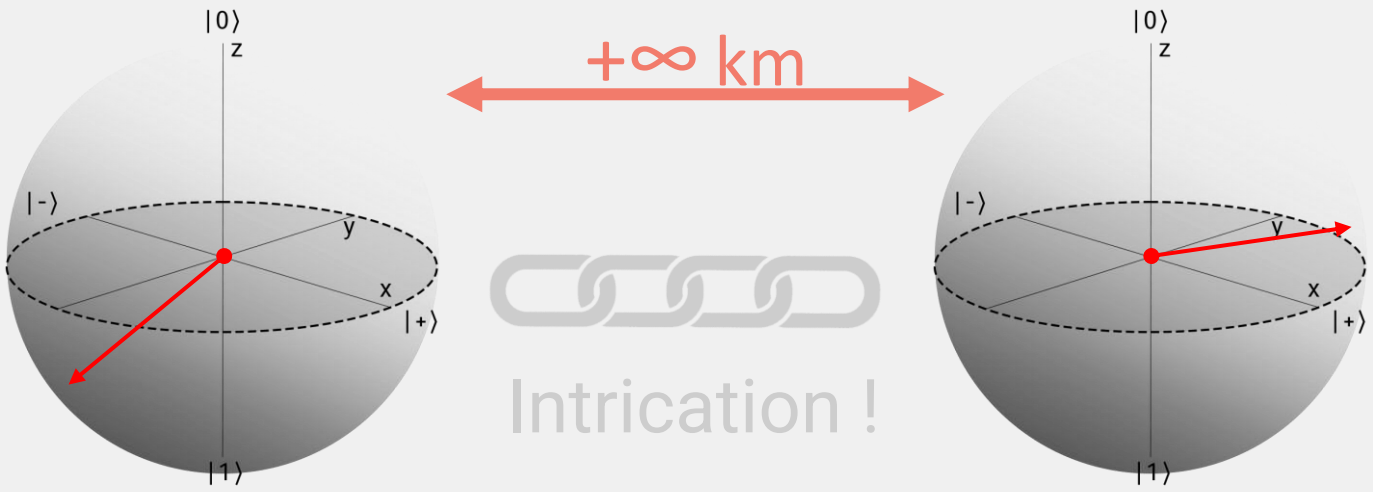


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

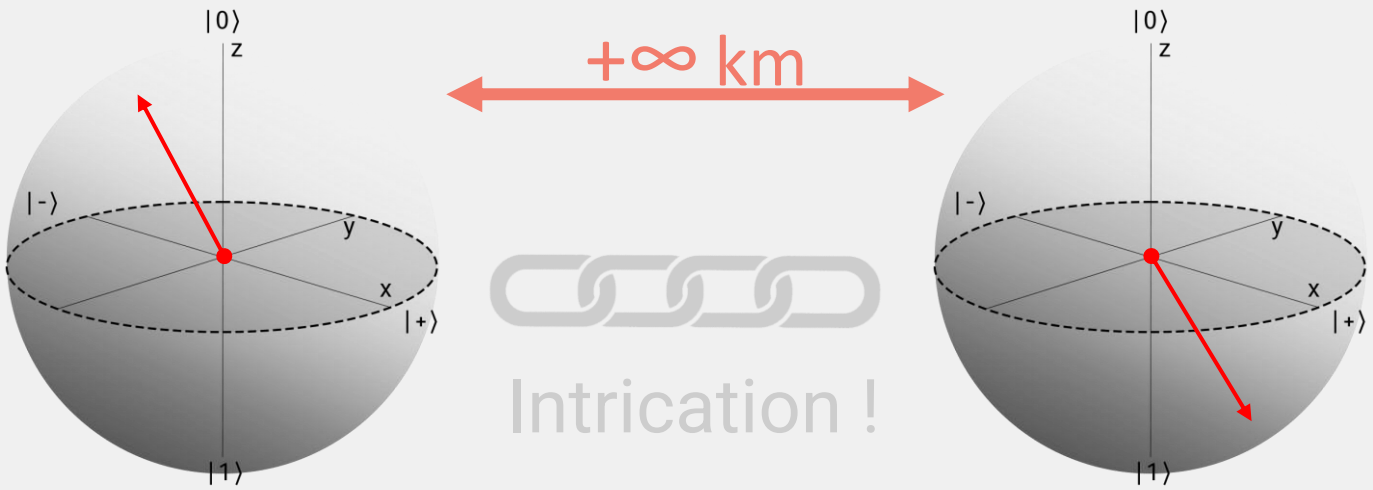


L'intrication

Définition

exemple

Illustration



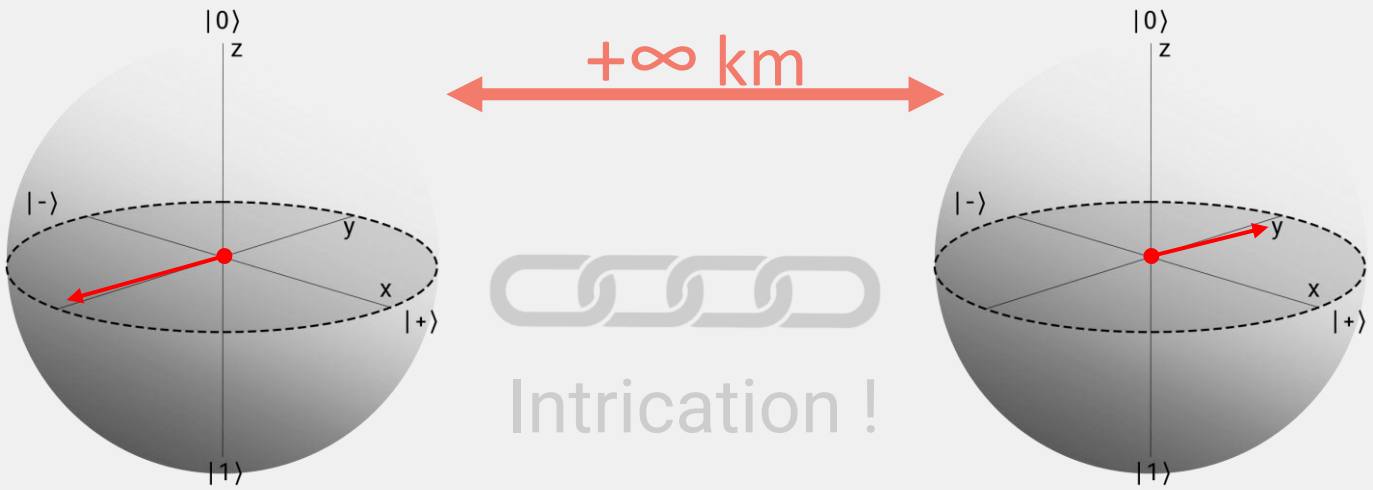
Dans cet état, les deux qubits sont intriqués

L'intrication

Définition

exemple

Illustration



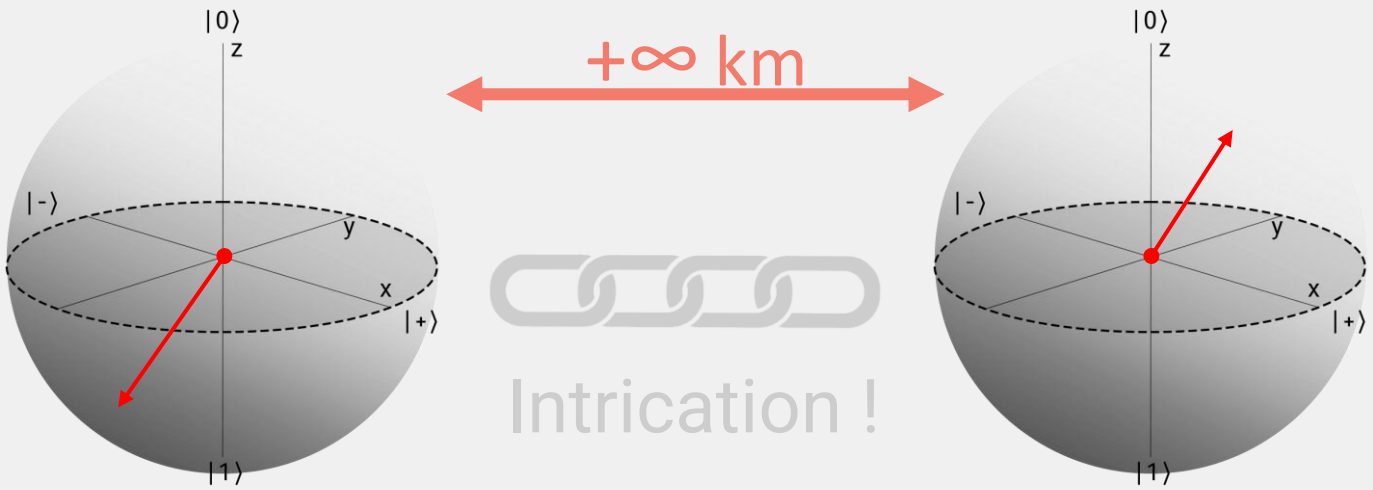
Dans cet état, les deux qubits sont intriqués

L'intrication

Définition

exemple

Illustration



Dans cet état, les deux qubits sont intriqués

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’état de Bell : $|\Phi^+\rangle = (1/\sqrt{2})\,(|00\rangle + |11\rangle)$,

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L'intrication

Définition

exemple

Illustration

L'état de Bell : $|\Phi^+\rangle = (1/\sqrt{2})\,(|00\rangle + |11\rangle)$,

On pose : $|\psi\rangle = \alpha_1|0\rangle + \alpha_2|1\rangle$ et $|\phi\rangle = \beta_1|0\rangle + \beta_2|1\rangle$,

$$|\psi\rangle \otimes |\phi\rangle = |\,\psi\,\phi\rangle = \alpha_1\beta_1|00\rangle + \alpha_1\beta_2|01\rangle + \alpha_2\beta_1|10\rangle + \alpha_2\beta_2|11\rangle$$

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L'intrication

Définition

exemple

Illustration

L'état de Bell : $|\Phi^+\rangle = (1/\sqrt{2})\,(|00\rangle + |11\rangle)$,

On pose : $|\psi\rangle = \alpha_1|0\rangle + \alpha_2|1\rangle$ et $|\phi\rangle = \beta_1|0\rangle + \beta_2|1\rangle$,

$$|\psi\rangle\otimes|\phi\rangle = |\,\psi\,\phi\rangle = \alpha_1\beta_1|00\rangle + \alpha_1\beta_2|01\rangle + \alpha_2\beta_1|10\rangle + \alpha_2\beta_2|11\rangle$$

En comparant avec $|\Phi^+\rangle$:

$$\alpha_1\beta_1 = 1, \quad \alpha_2\beta_2 = 1, \quad \text{et} \quad \alpha_1\beta_2 = 0, \quad \alpha_2\beta_1 = 0,$$

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L'intrication

Définition

exemple

Illustration

L'état de Bell : $|\Phi^+\rangle = (1/\sqrt{2})\,(|00\rangle + |11\rangle)$,

On pose : $|\psi\rangle = \alpha_1|0\rangle + \alpha_2|1\rangle$ et $|\phi\rangle = \beta_1|0\rangle + \beta_2|1\rangle$,

$$|\psi\rangle\otimes|\phi\rangle = |\,\psi\,\phi\rangle = \alpha_1\beta_1|00\rangle + \alpha_1\beta_2|01\rangle + \alpha_2\beta_1|10\rangle + \alpha_2\beta_2|11\rangle$$

En comparant avec $|\Phi^+\rangle$:

$$\underbrace{\underbrace{\alpha_1\beta_1 = 1, \quad \alpha_2\beta_2 = 1, \quad \text{et} \quad \alpha_1\beta_2 = 0, \quad \alpha_2\beta_1 = 0,}_{\text{un système impossible à satisfaire}}}$$

Donc les deux qubits sont intriqués dans l'état de Bell

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

Le produit tensoriel est une opération qui combine deux espaces vectoriels en un nouvel espace. En mécanique quantique, il permet de décrire l'état global d'un système multiparticule en associant les états individuels, facilitant ainsi l'analyse de l'intrication et des interactions.

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

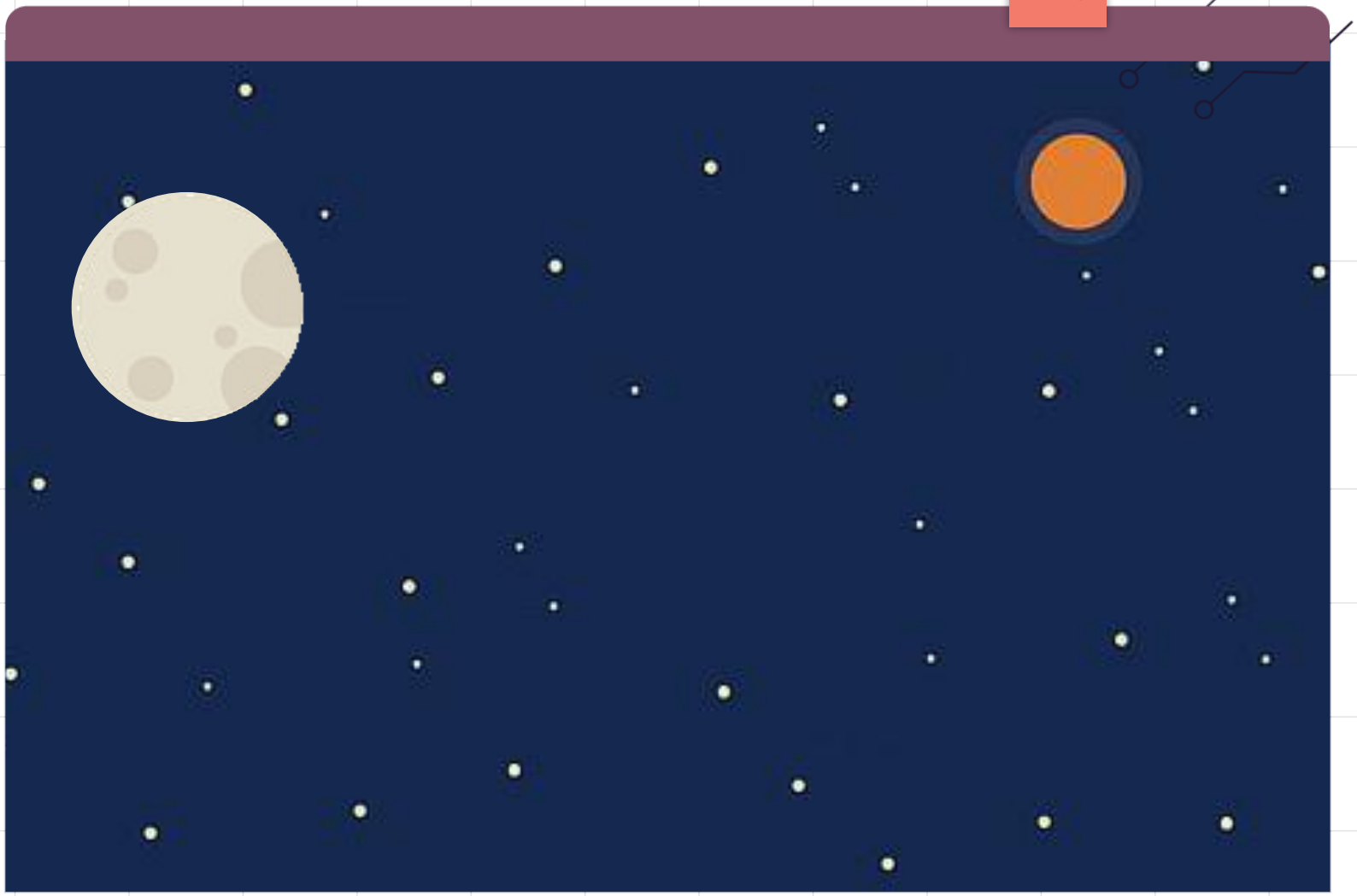
Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

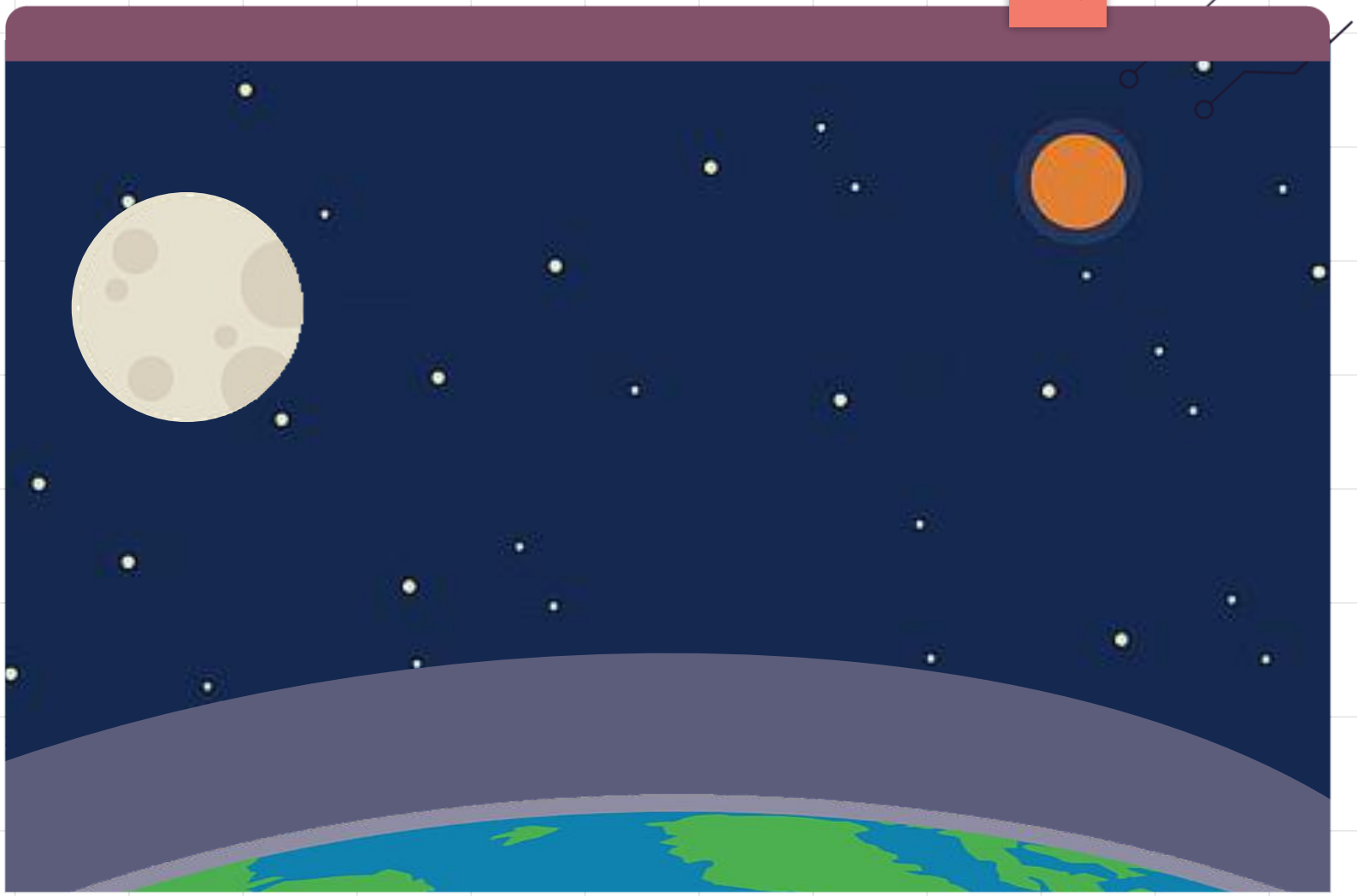


L’intrication

Définition

exemple

Illustration

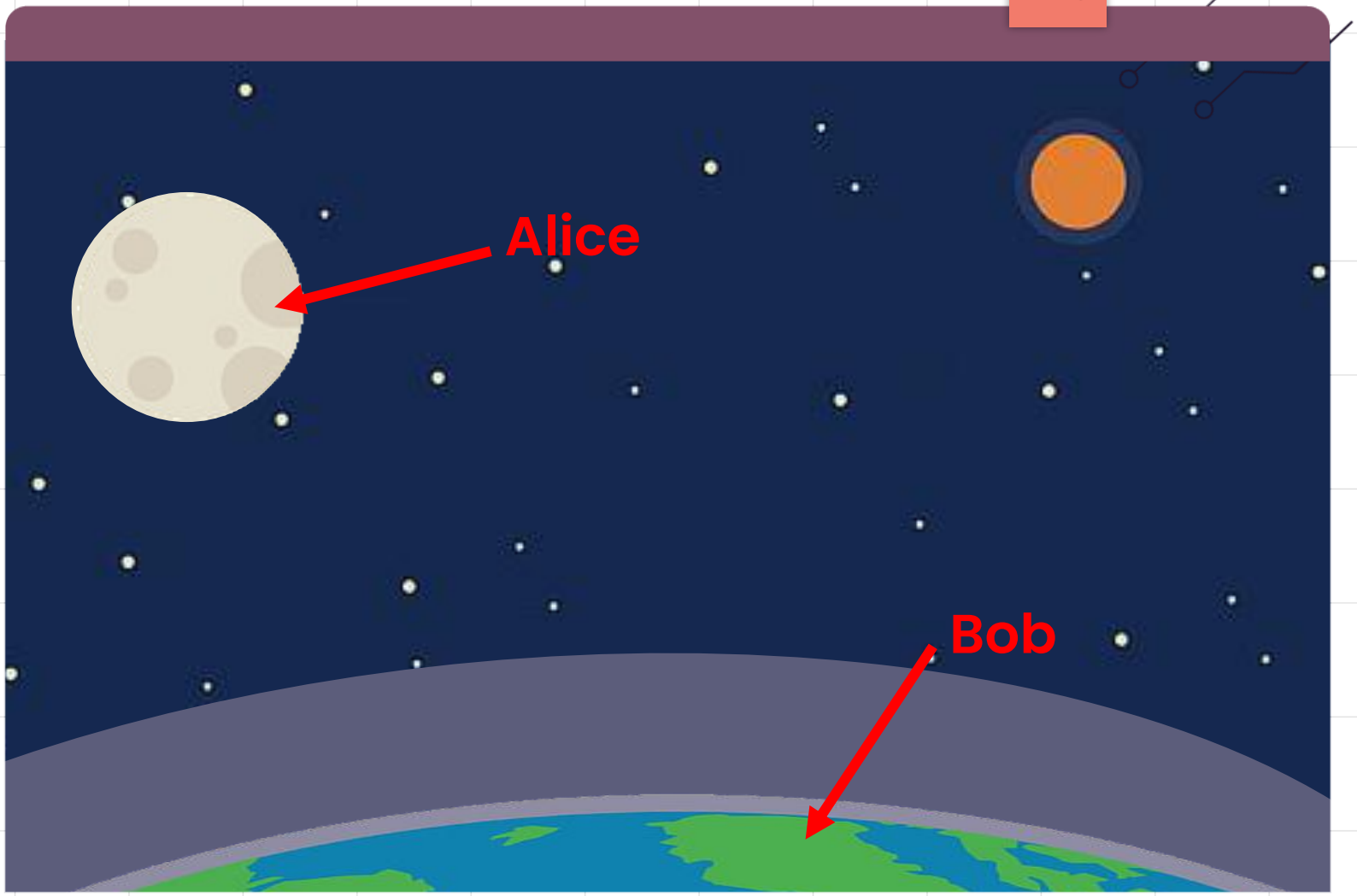


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

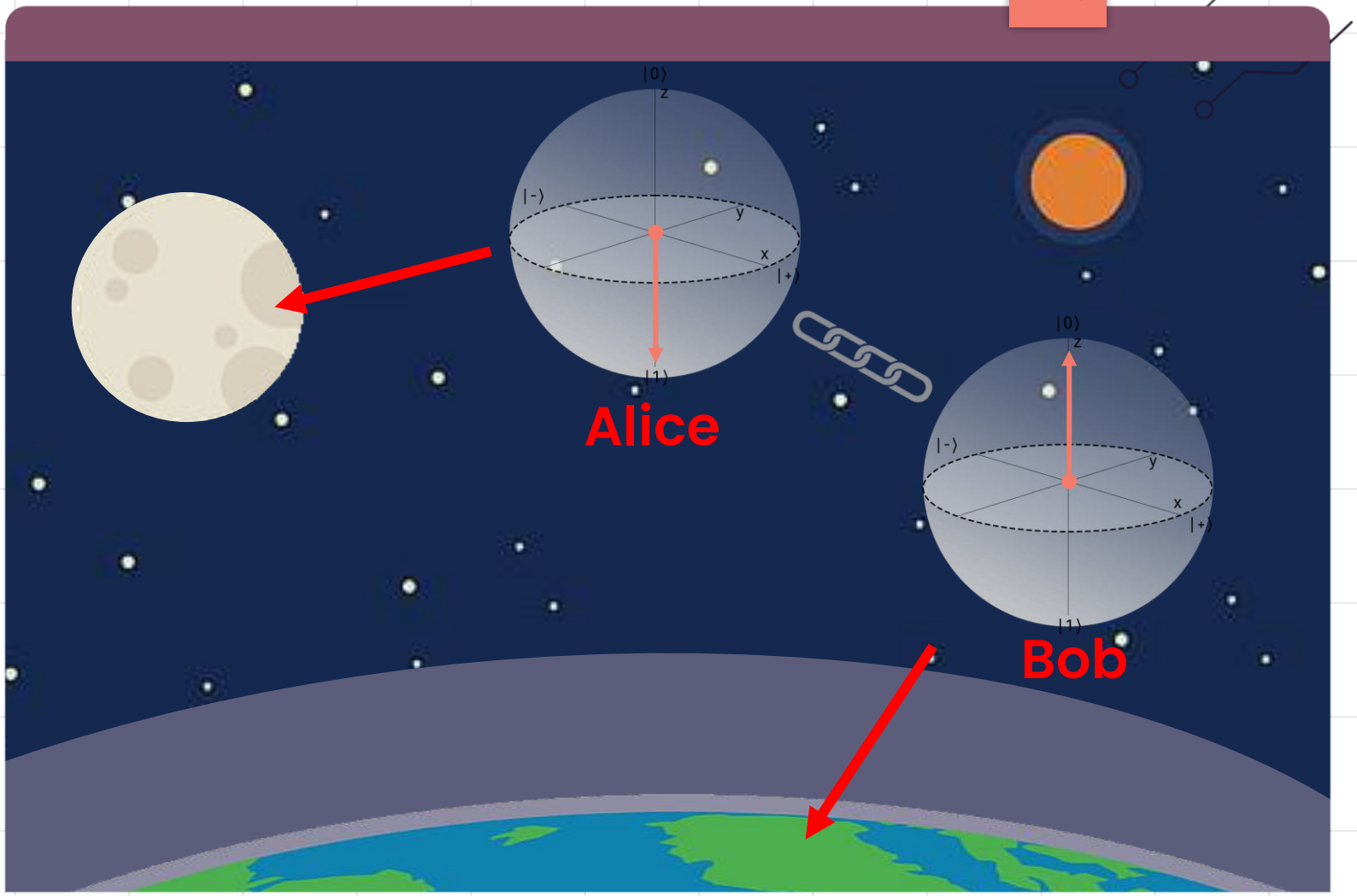


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

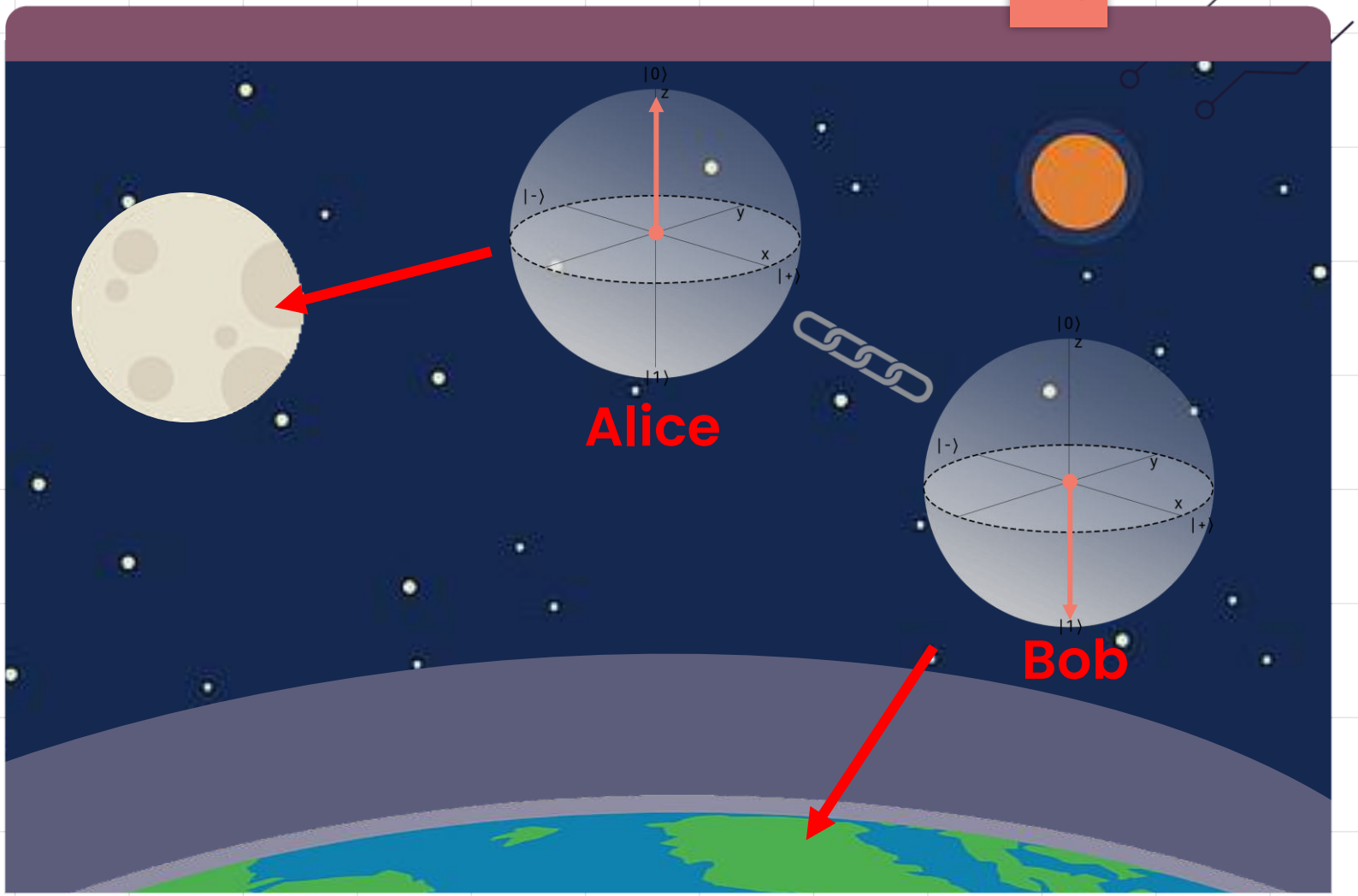


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

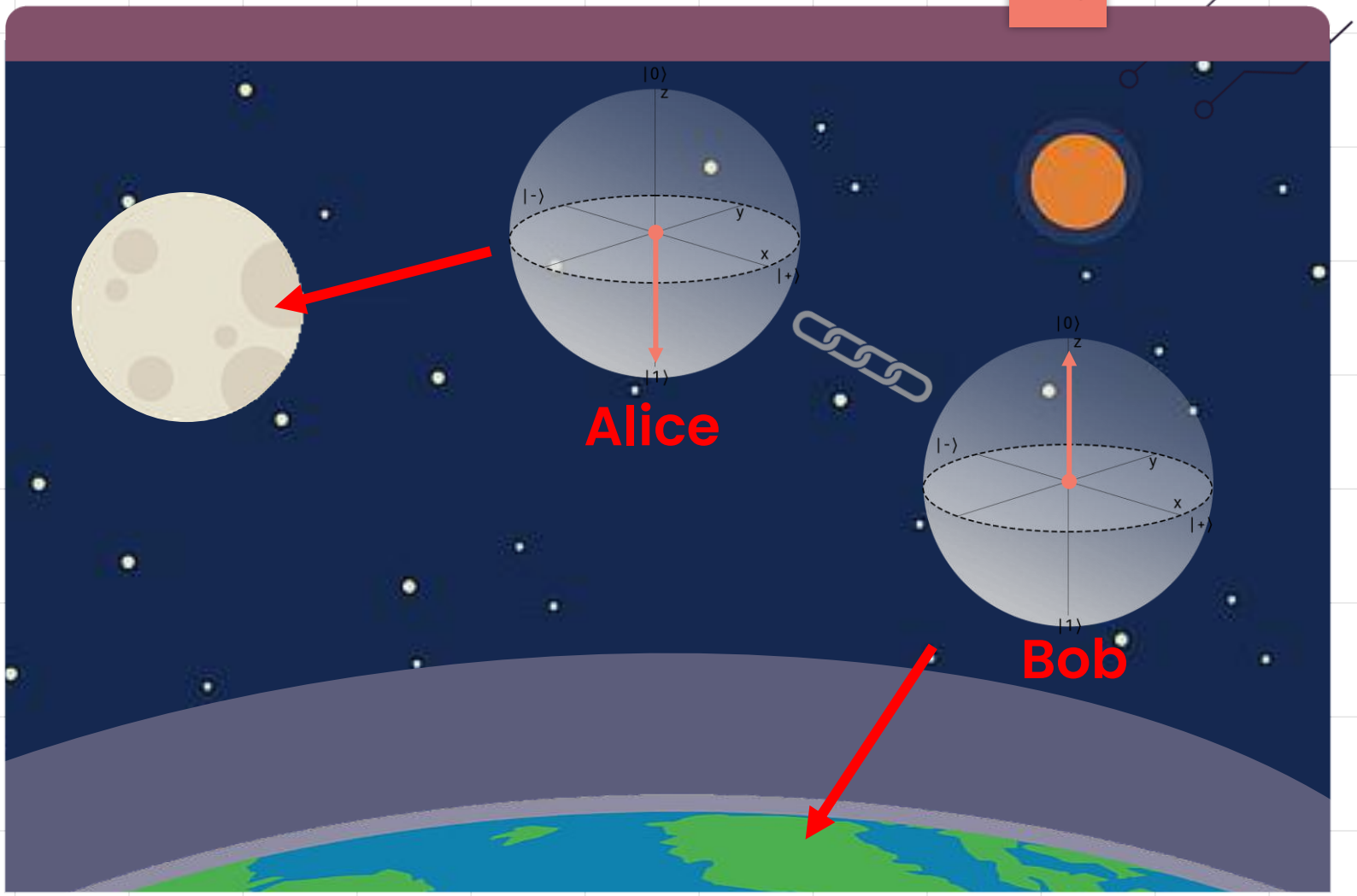


L'intrication

Définition

exemple

Illustration

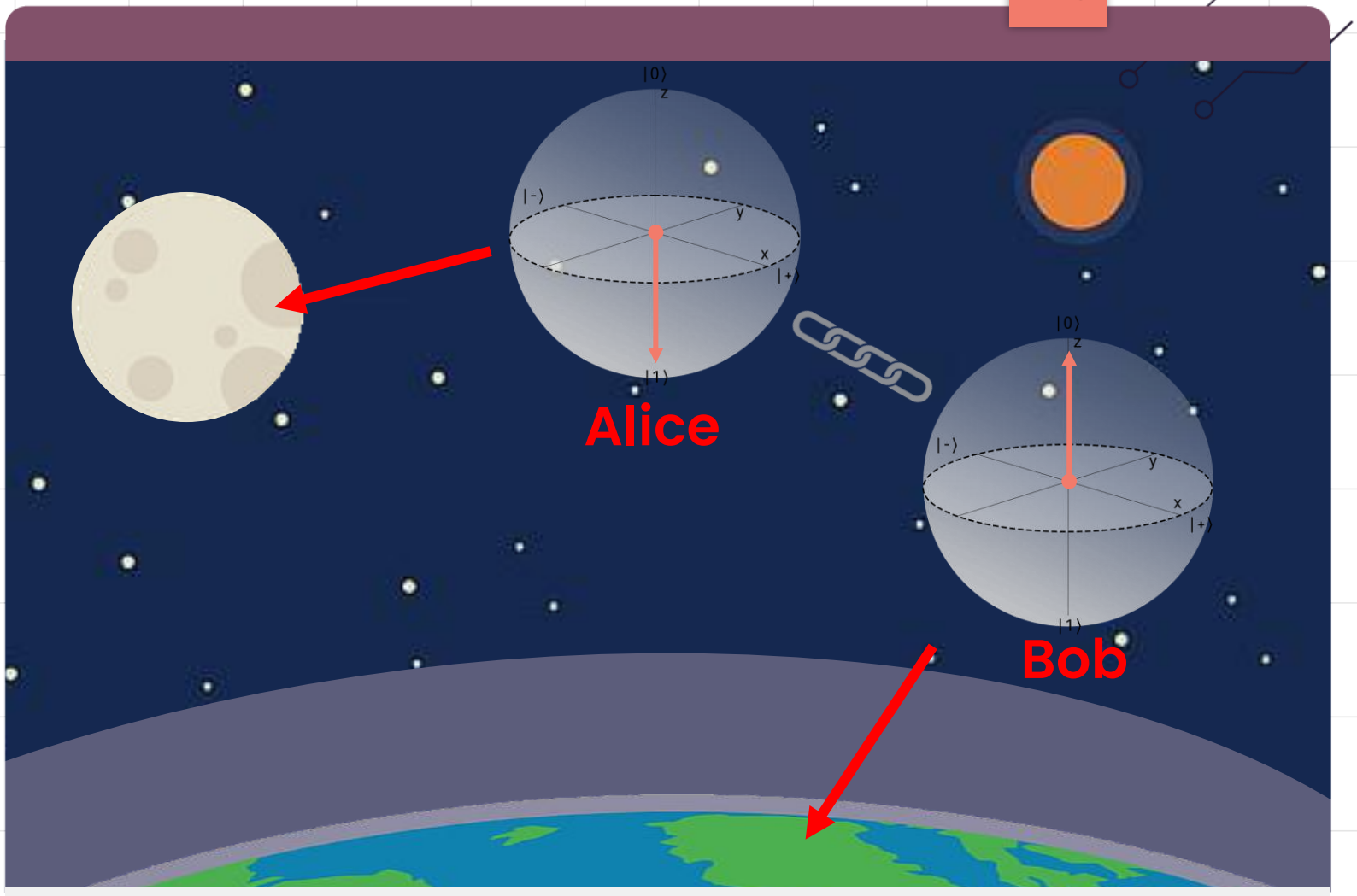


L'intrication

Définition

exemple

Illustration



L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

Définition

exemple

Illustration

L’intrication

L’intrication

L’intrication

L’intrication

En 1947, dans une lettre adressée au physicien Max Born, Einstein critiquait l'intrication quantique et l'idée que des particules puissent s'influencer instantanément, même à grande distance. Il écrivait alors : « Je ne peux pas y croire sérieusement, car la théorie ne peut pas être conciliée avec l'idée que la physique devrait représenter une réalité dans le temps et l'espace, libre d'actions fantomatiques à distance. »

L’intrication

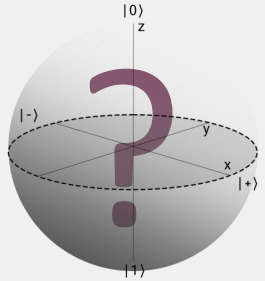
L’intrication

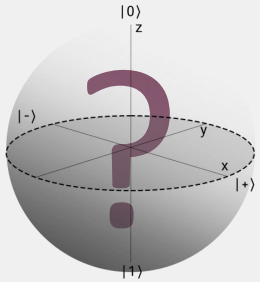
L’intrication

La Téléportation Quantique

La Téléportation Quantique

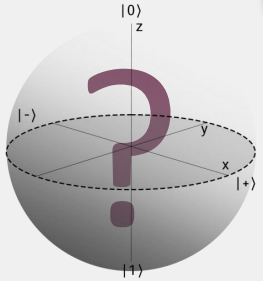
La Téléportation Quantique



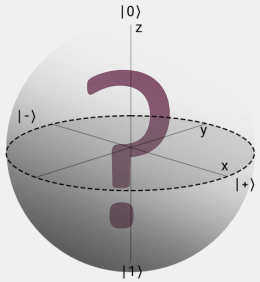


La Téléportation Quantique

La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.



Qubit distant

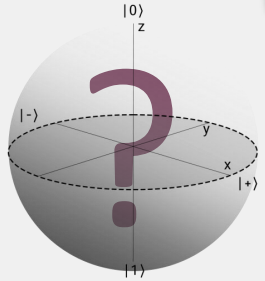


Qubit dans une superposition

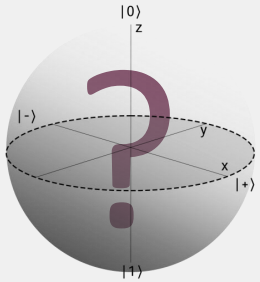
Station de mesure

La Téléportation Quantique

La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.



Qubit distant

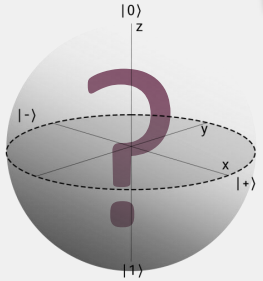


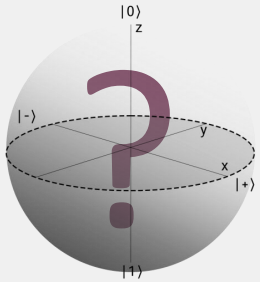
Qubit dans une superposition

Station de mesure

La Téléportation Quantique

La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.

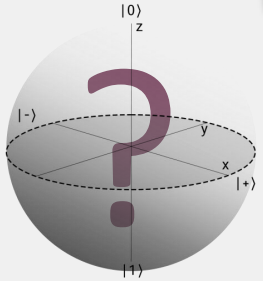


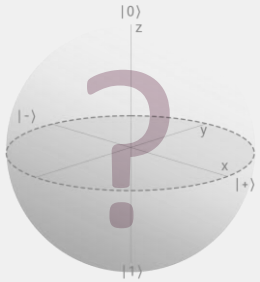


Station de mesure

La Téléportation Quantique

La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.

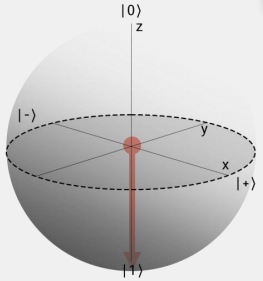


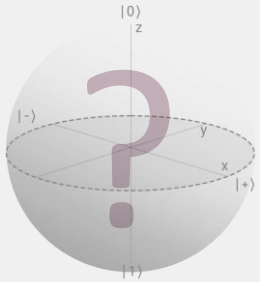


Station de mesure

La Téléportation Quantique

La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.

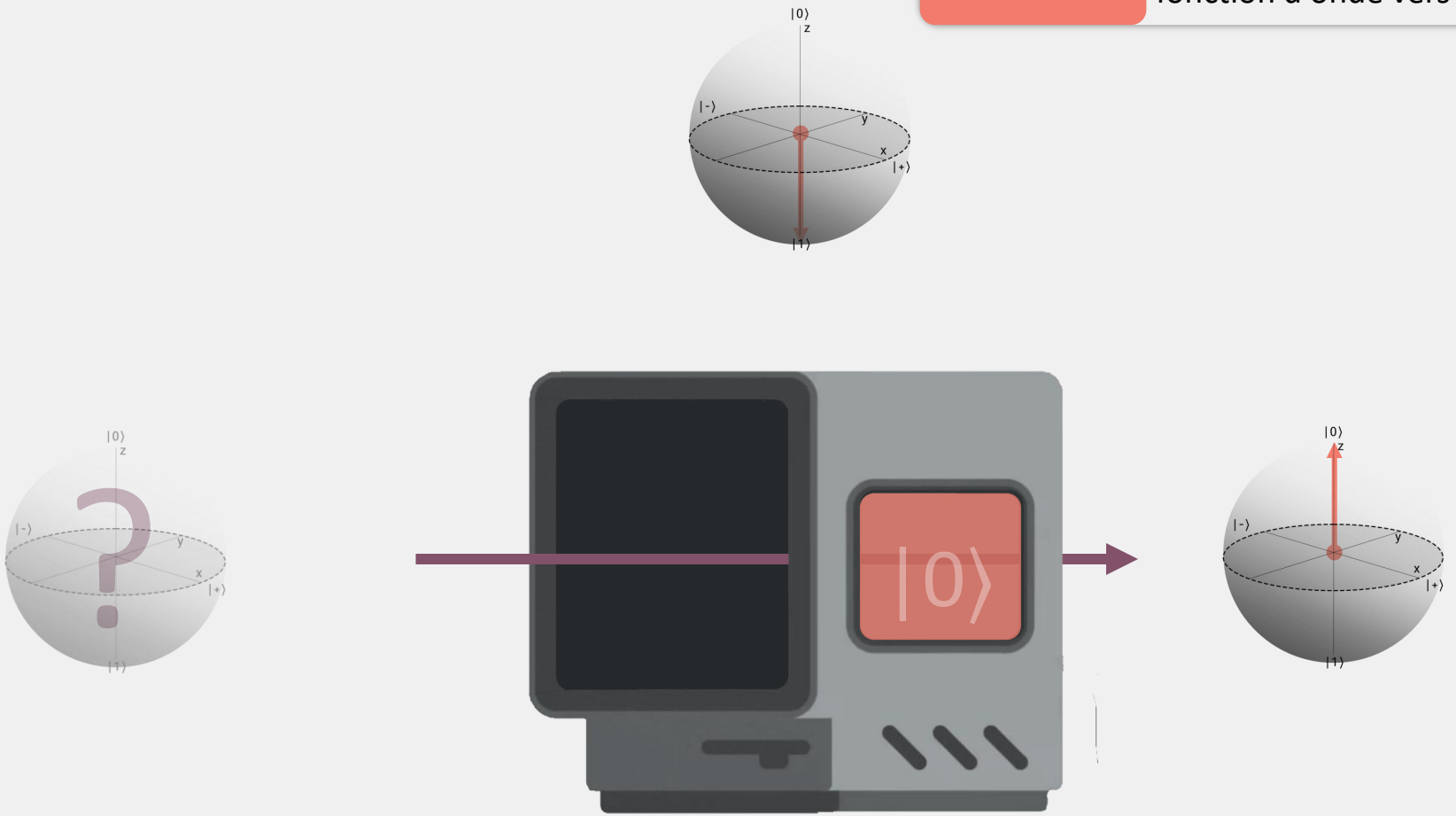




Station de mesure

La Téléportation Quantique

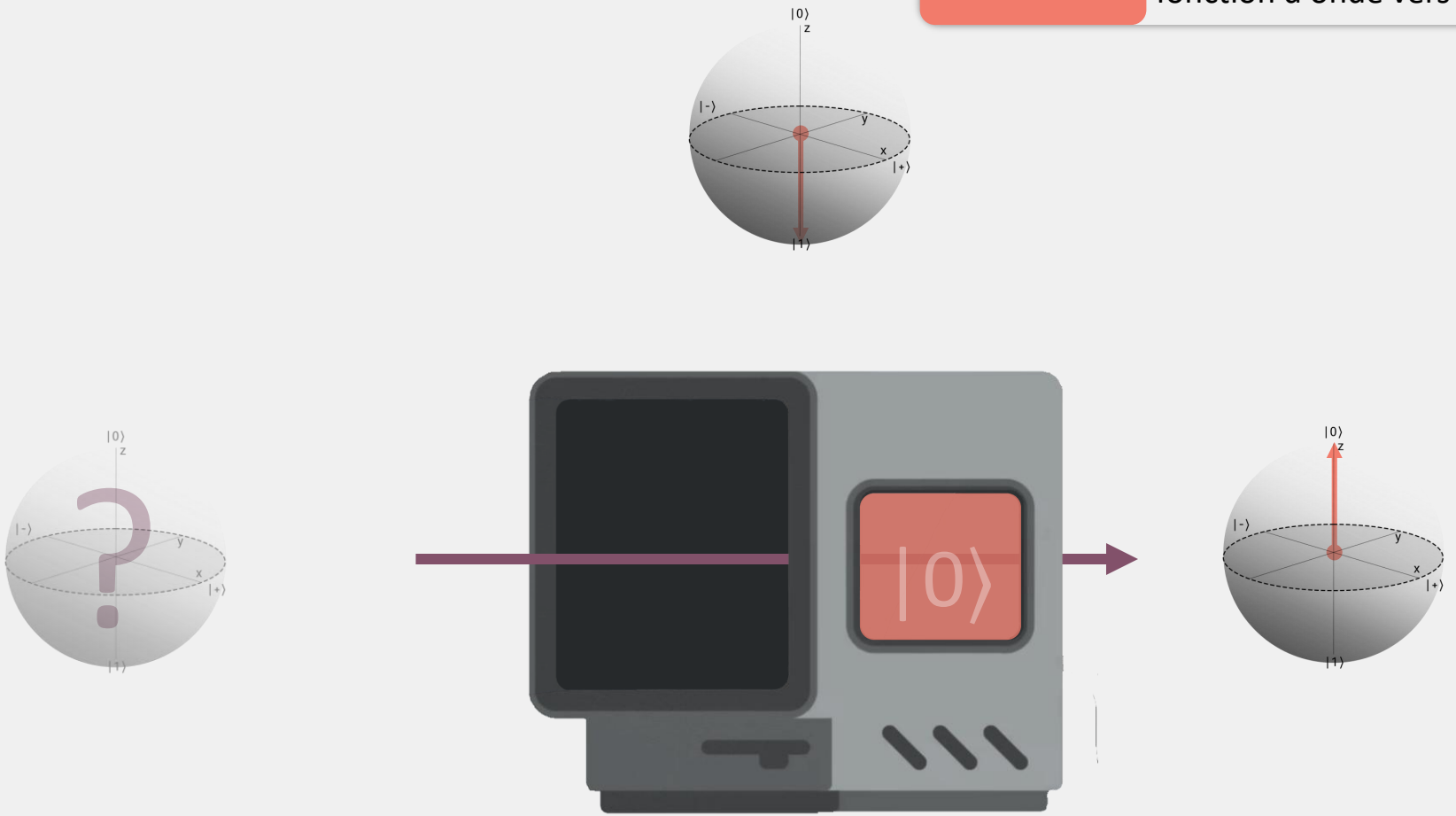
La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.



Station de mesure

La Téléportation Quantique

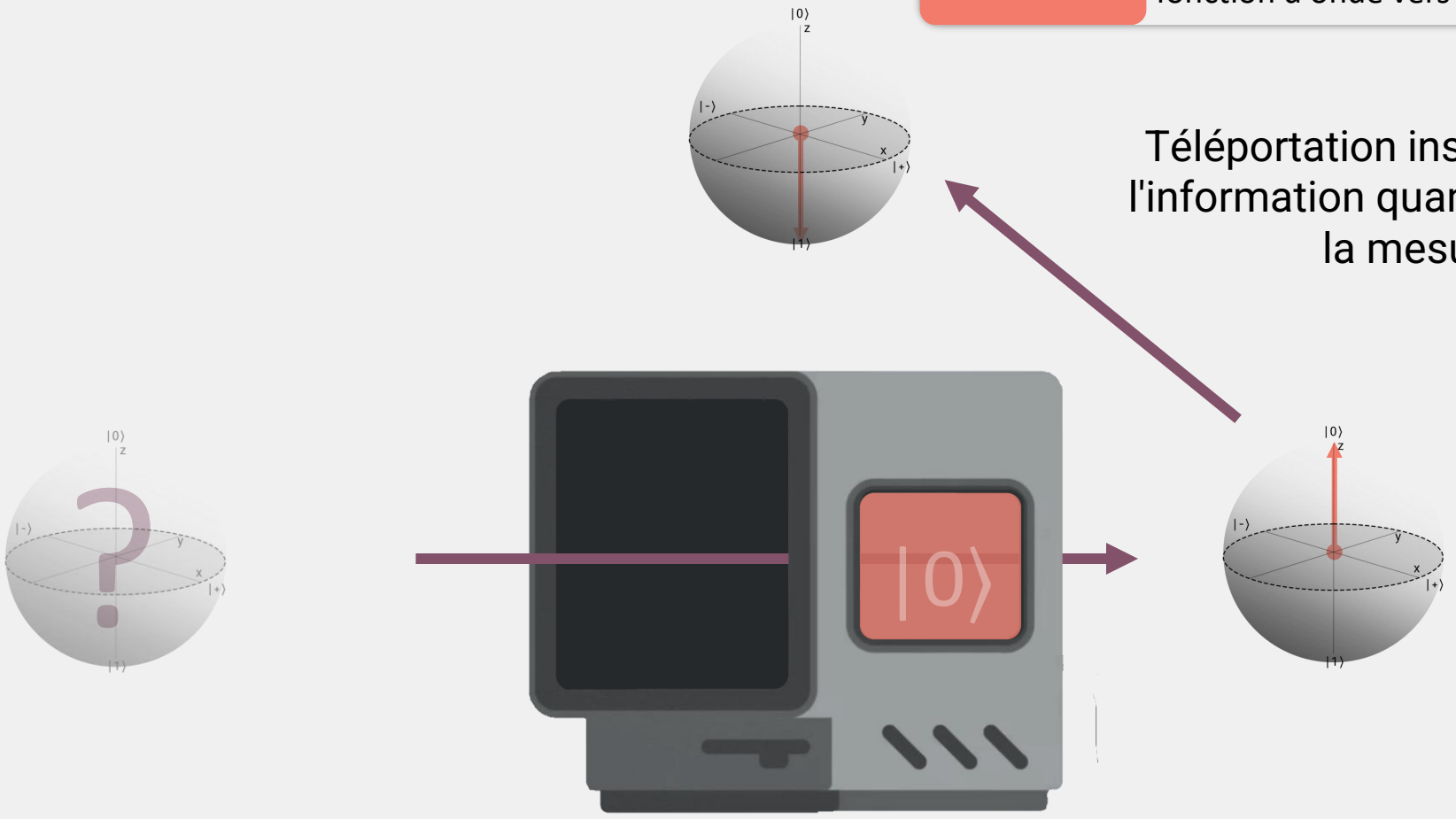
La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.



Station de mesure

La Téléportation Quantique

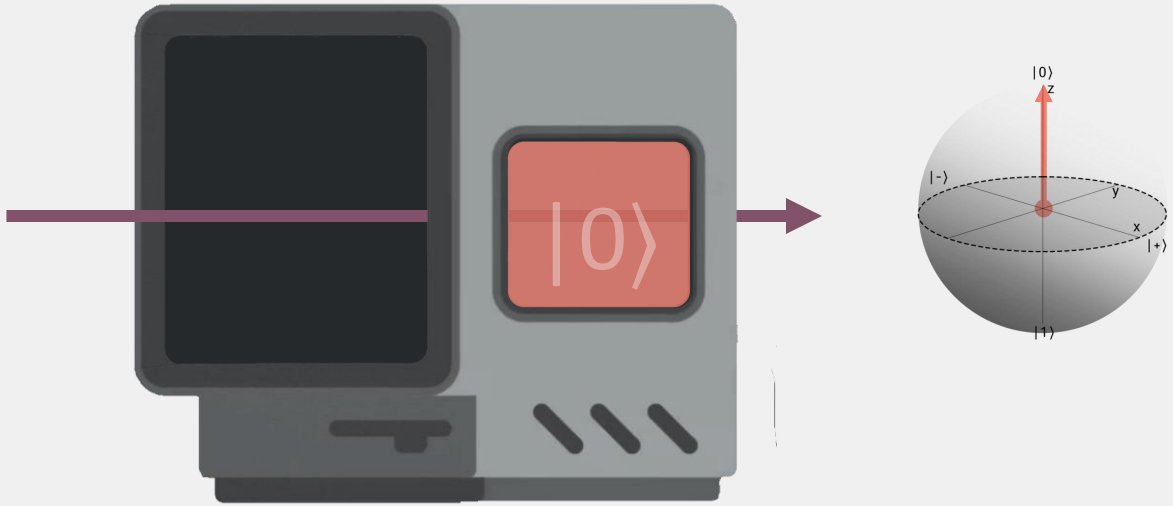
La mesure quantique est l'opération par laquelle on interroge un système quantique pour en extraire une valeur observée, provoquant l'effondrement de sa fonction d'onde vers un état déterminé.



Téléportation instantanée de l'information quantique lors de la mesure

Station de mesure

La Téléportation Quantique



La Téléportation Quantique

La Téléportation Quantique

LES PORTES QUANTIQUES

PORTES À UN QUBIT

PORTES À UN QUBIT

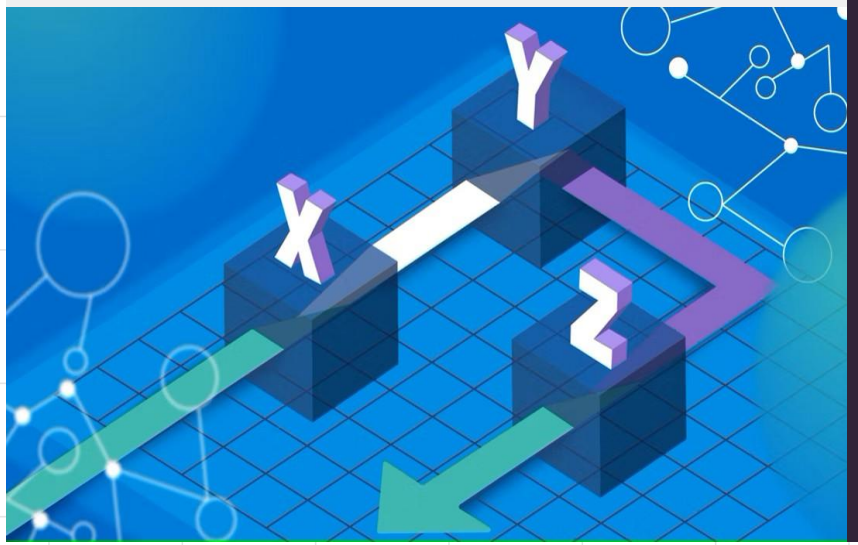
PORTES À UN QUBIT

PORTES À DEUX QUBITS

PORTES À UN QUBIT

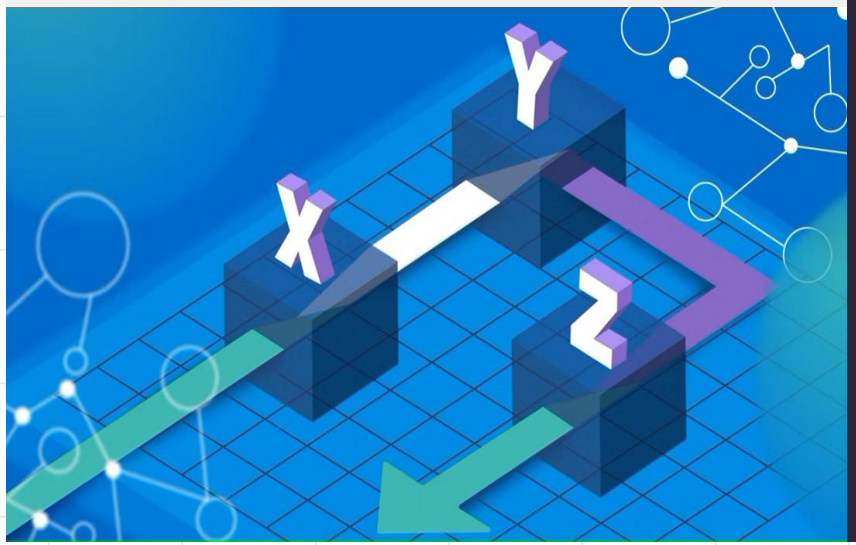
PORTES À DEUX QUBITS

PORTES À UN QUBIT



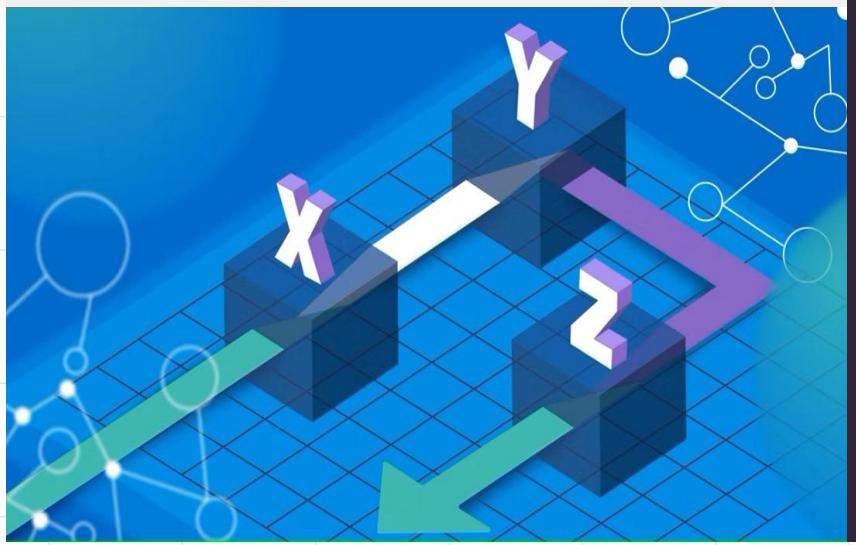
PORTES À DEUX QUBITS

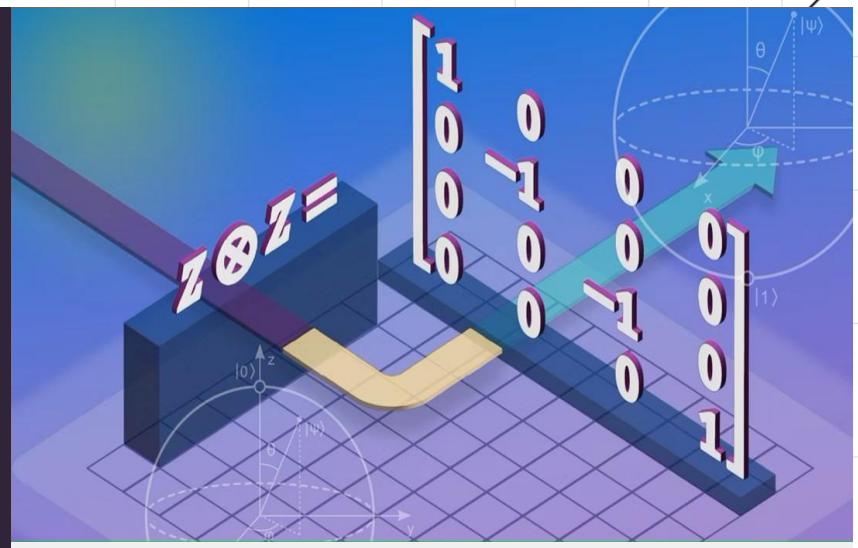
PORTES À UN QUBIT



PORTES À DEUX QUBITS

PORTES À UN QUBIT





PORTES À DEUX QUBITS

[redacted]

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À UN QUBIT

H

LES PORTES À UN QUBIT

H

X

LES PORTES À UN QUBIT

H

X

Y

LES PORTES À UN QUBIT

H

X

Y

Z

LES PORTES À UN QUBIT

H

X

Y

Z

R

LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

X

Y

Z

R

LES PORTES À UN QUBIT

H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	
Z	
R	

LES PORTES À UN QUBIT

H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	
R	

LES PORTES À UN QUBIT

H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z
R	

LES PORTES À UN QUBIT

H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z
R	Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

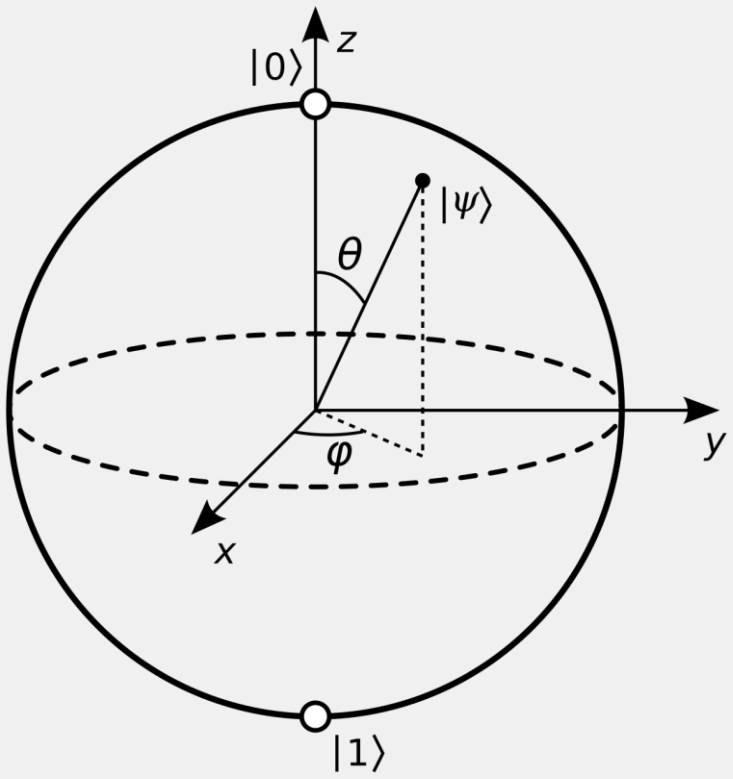
H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z
R	Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z
R	Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z
R	Rotation XYZ



LES PORTES À UN QUBIT

H	Hadamard
X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z
R	Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

Matrice unitaire : $H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$

LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

Matrice unitaire : $H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$

Effet: Crée une superposition équilibrée

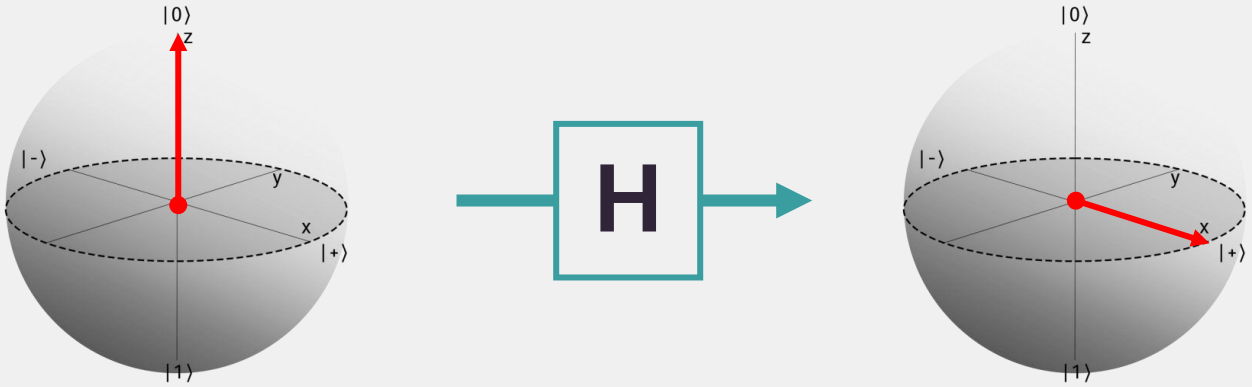
LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

Matrice unitaire : $H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$

Effet: Crée une superposition équilibrée

Exemple : $H|0\rangle = (1/\sqrt{2})(|0\rangle + |1\rangle)$



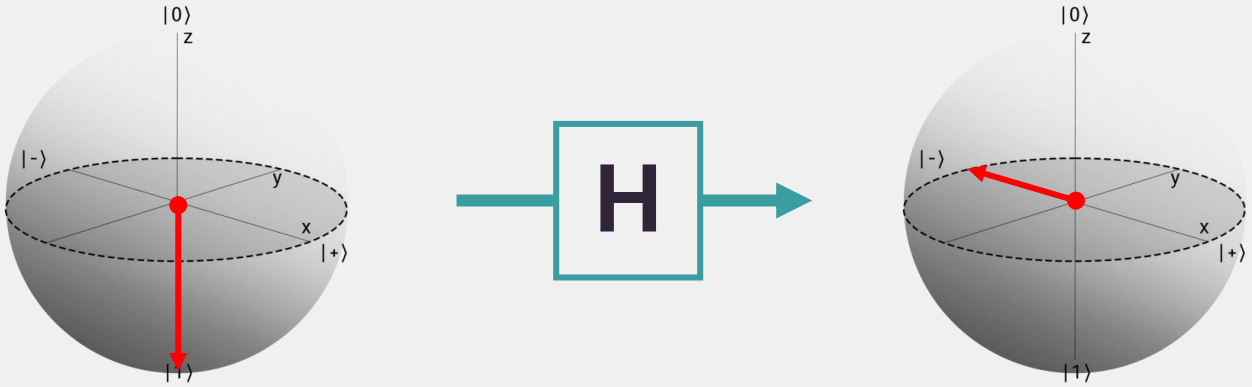
LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

Matrice unitaire : $H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$

Effet: Crée une superposition équilibrée

Exemple : $H|0\rangle = (1/\sqrt{2})(|0\rangle - |1\rangle)$



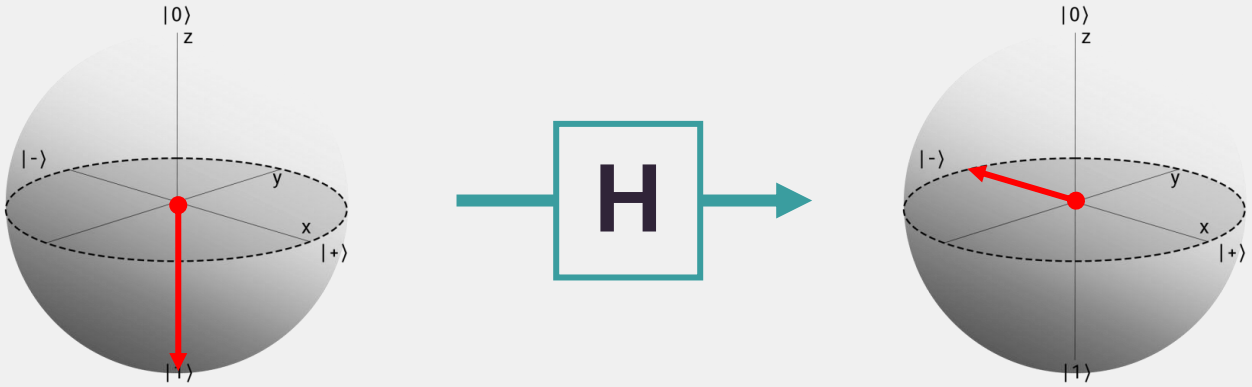
LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

Matrice unitaire : $H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$

Effet: Crée une superposition équilibrée

Exemple : $H|0\rangle = (1/\sqrt{2})(|0\rangle - |1\rangle)$



LES PORTES À UN QUBIT

H Hadamard

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À UN QUBIT

X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z

LES PORTES À UN QUBIT

X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z

Matrice unitaire :

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$$

LES PORTES À UN QUBIT

X Pauli-X

Y Pauli-Y

Z Pauli-Z

Matrice unitaire :

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$$

Effet:

X : Inverse $|0\rangle$ et $|1\rangle$ (rotation 180° autour de X).

Z : Laisse $|0\rangle$ inchangé, change la phase de $|1\rangle$ en $|1\rangle$ (rotation 180° autour de Z).

Y : Combine l'inversion de X et la modification de phase de Z, avec un facteur i (rotation 180° autour de Y).

LES PORTES À UN QUBIT

X	Pauli-X
Y	Pauli-Y
Z	Pauli-Z

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À UN QUBIT

R Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

Matrice unitaire :

$$R_X(\theta) = e^{-i\frac{\theta}{2}X} = \begin{bmatrix} \cos\frac{\theta}{2} & -i\sin\frac{\theta}{2} \\ -i\sin\frac{\theta}{2} & \cos\frac{\theta}{2} \end{bmatrix}$$

$$R_Y(\theta) = e^{-i\frac{\theta}{2}Y} = \begin{bmatrix} \cos\frac{\theta}{2} & -\sin\frac{\theta}{2} \\ \sin\frac{\theta}{2} & \cos\frac{\theta}{2} \end{bmatrix}$$

$$R_Z(\theta) = e^{-i\frac{\theta}{2}Z} = \begin{bmatrix} e^{-i\frac{\theta}{2}} & 0 \\ 0 & e^{i\frac{\theta}{2}} \end{bmatrix}$$

R Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

R Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

R Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

Effet:

RX : Rotation de θ autour de l'axe X.

RY : Rotation de θ autour de l'axe Y.

RZ : Rotation de θ autour de l'axe Z, affectant uniquement la phase.

R Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

Effet:

RX : Rotation de θ autour de l'axe X.

RY : Rotation de θ autour de l'axe Y.

RZ : Rotation de θ autour de l'axe Z, affectant uniquement la phase.

phase

la phase est un angle caché dans l'état du qubit. Elle ne change pas les probabilités de mesure mais peut modifier le signe de $|1\rangle$ et influencer l'interférence, comme le montre :

$$Rz(\theta)|1\rangle = e^{-i\theta}|1\rangle$$

R Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

R Rotation XYZ

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À UN QUBIT

LES PORTES À DEUX QUBITS

LES PORTES À DEUX QUBITS

LES PORTES À DEUX QUBITS

CNOT Contrôle-NOT

LES PORTES À DEUX QUBITS

CNOT Contrôle-NOT

LES PORTES À DEUX QUBITS

CNOT

LES PORTES À DEUX QUBITS

CNOT

Matrice unitaire :

$$\mathrm{CNOT} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Elle suit les transformations suivantes :

$$\mathrm{CNOT}|00\rangle = |00\rangle$$

$$\mathrm{CNOT}|01\rangle = |01\rangle$$

$$\mathrm{CNOT}|10\rangle = |11\rangle$$

$$\mathrm{CNOT}|11\rangle = |10\rangle$$

Indispensable pour créer l’intrication.

LES PORTES À DEUX QUBITS

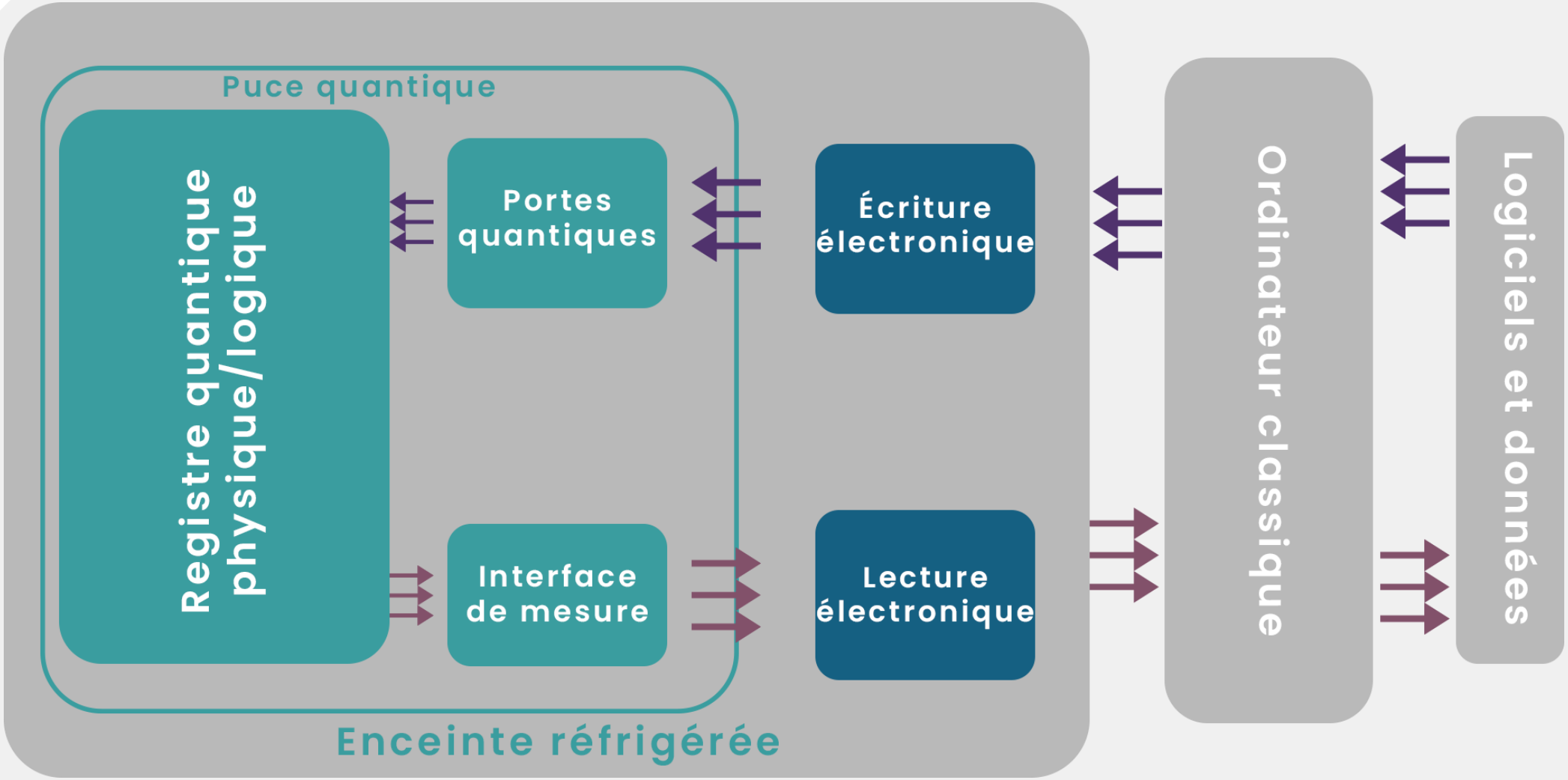
CNOT

ARCHITECTURES ET DÉFIS DES ORDINATEURS QUANTIQUES

Architecture Générale d’un Ordinateur Quantique

Architecture Générale d’un Ordinateur Quantique

Architecture Générale d'un Ordinateur Quantique



Comparaison Technologique: Supraconducteurs, Ions Piégés, Qubits Topologiques

Comparaison Technologique:

Type de Qubit	Avantages	Limites	Objectif Commun
Supraconducteurs: Utilisent des circuits supraconducteurs pour créer des états quantiques .	Opérations rapides, technologie mature .	Nécessitent des températures ultra-basses .	Maintenir la cohérence tout en permettant des opérations fiables et rapides .
Ions piégés: Utilisent des ions confinés par des champs électromagnétiques pour créer des qubits .	Haute fidélité, contrôle précis .	Scalabilité limitée, infrastructure complexe .	
Qubits topologiques : Utilisent des propriétés topologiques pour offrir une résistance naturelle aux erreurs .	Résistance naturelle aux erreurs, robustesse accrue .	Technologie émergente, difficultés de contrôle .	

Défis Actuels :

Défis Actuels :

Défis Actuels :

DÉCOHÉRENCE

Défis Actuels :

DÉCOHÉRENCE

Défis Actuels :

DÉCOHÉRENCE

CORRECTION D'ERREUR

Défis Actuels :

DÉCOHÉRENCE

CORRECTION D’ERREUR

Défis Actuels :

DÉCOHÉRENCE

CORRECTION D'ERREUR

SCALABILITÉ

DÉCOHÉRENCE

CORRECTION D’ERREUR

SCALABILITÉ

L’UTILITÉ ET L’AVENIR DE L’ORDINATEUR QUANTIQUE

L’UTILITÉ ET L’AVENIR DE L’ORDINATEUR QUANTIQUE

-une révolution dans la technologie moderne-

l'informatique quantique promet des avancées dans des domaines tels que

l'informatique quantique promet des avancées dans des domaines tels que

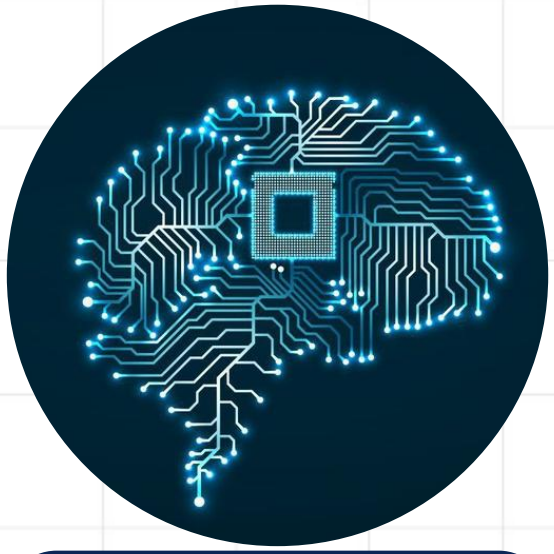
la climatologie

l'informatique quantique promet des avancées dans des domaines tels que

la médecine

la climatologie

l'informatique quantique promet des avancées dans des domaines tels que



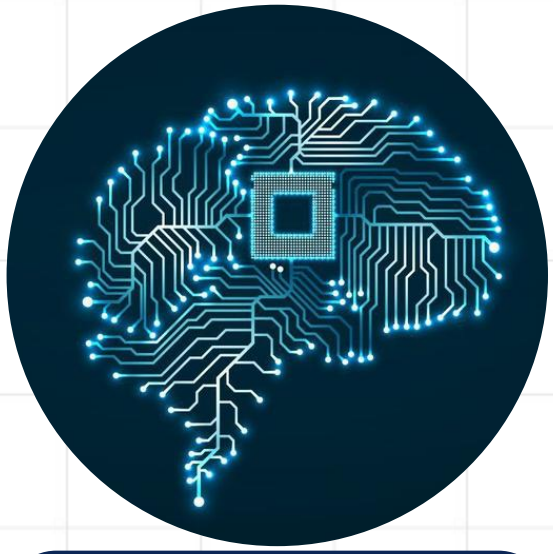
l'intelligence artificielle

la médecine

la climatologie

l'informatique quantique promet des avancées dans des domaines tels que

La cybersécurité

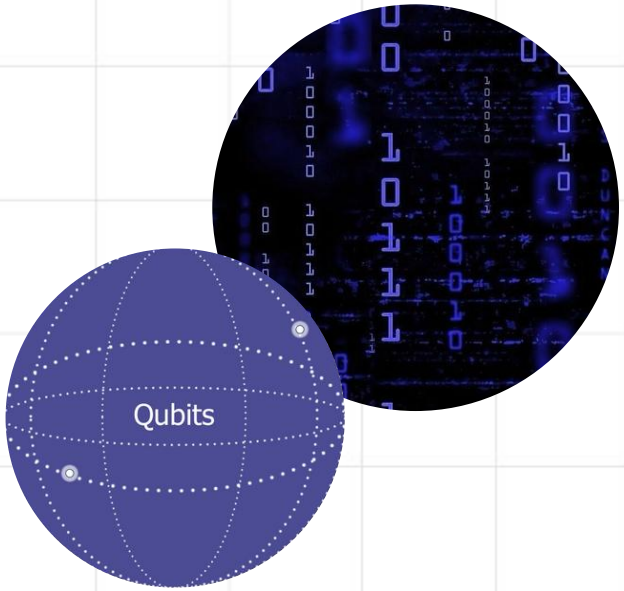


l'intelligence artificielle

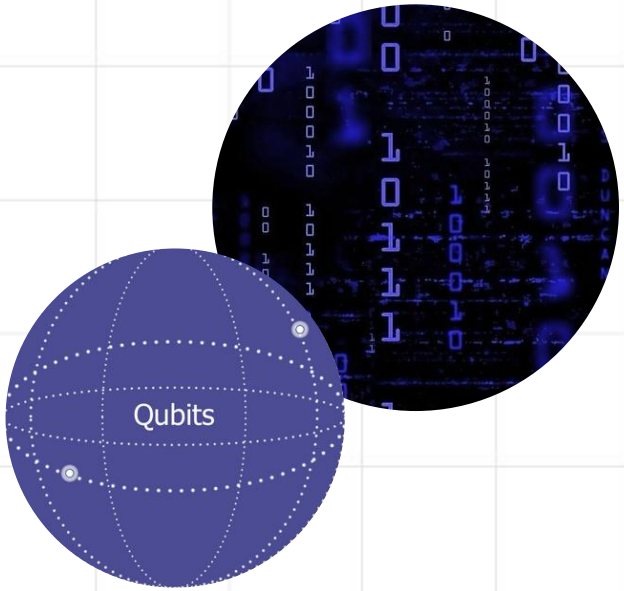
la médecine

la climatologie

L'informatique quantique en cryptographie et cybersécurité

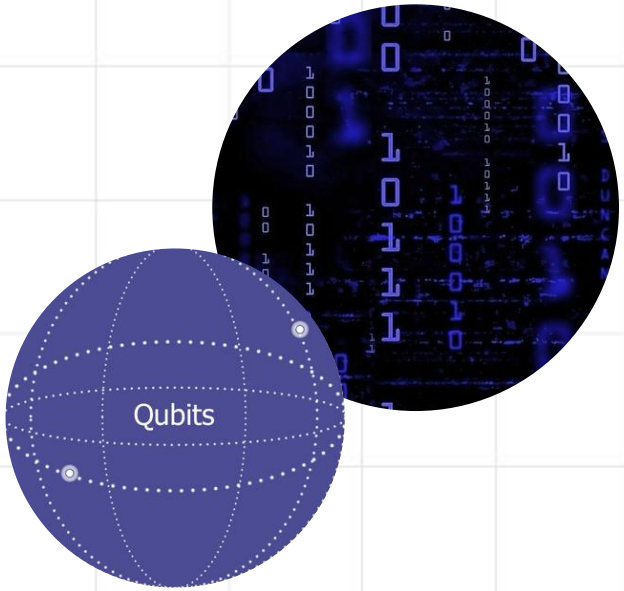


L'informatique quantique en cryptographie et cybersécurité



L'informatique quantique en cryptographie et cybersécurité

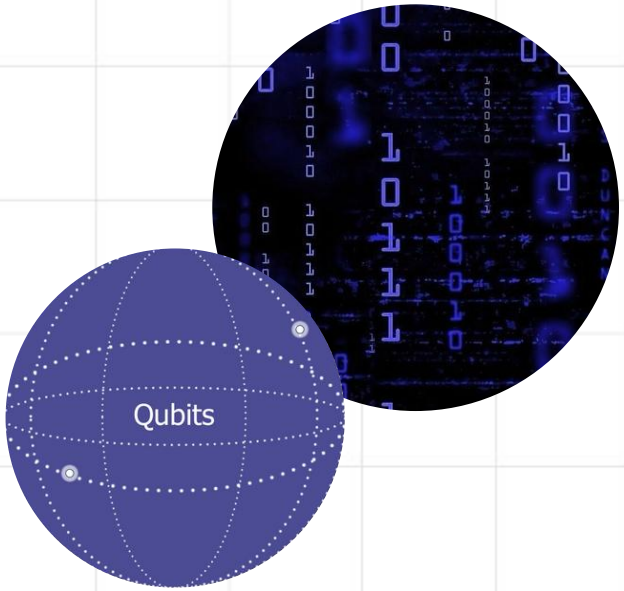
- La distrubition quantique de clé garantit des communications ultra-sécurisées .



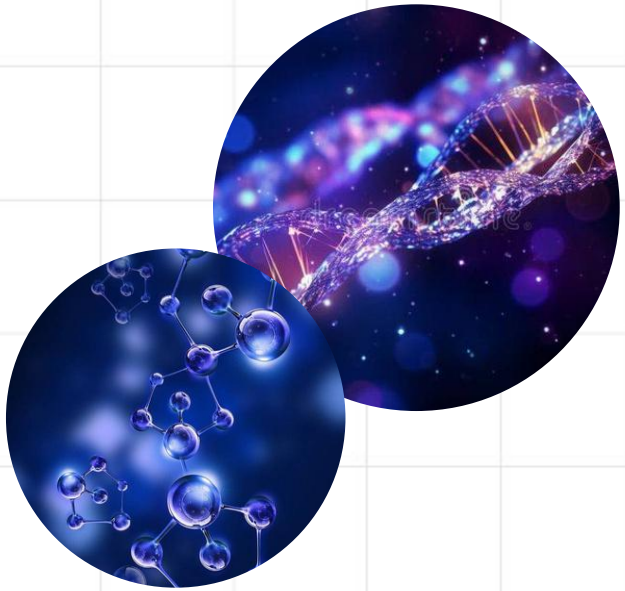
L'informatique quantique en cryptographie et cybersécurité

- La distrubition quantique de clé garantit des communications ultra-sécurisées .

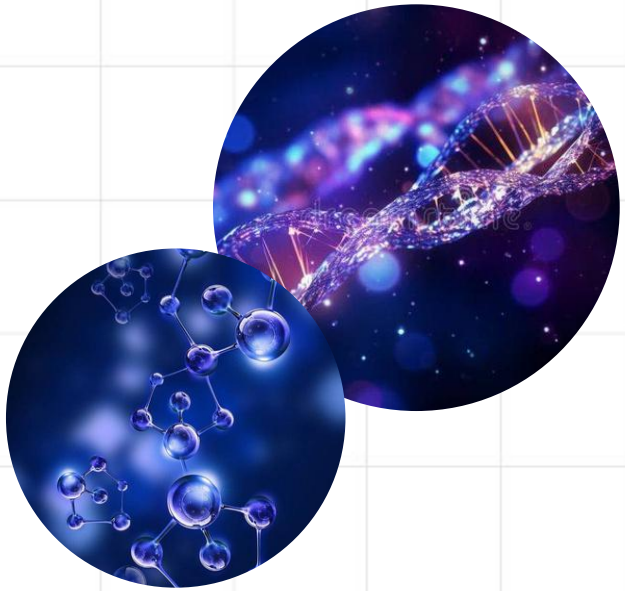
- Protège contre les écoutes grace aux principes fondamentaux de la mécanique quantique .



L’informatique quantique en médcine

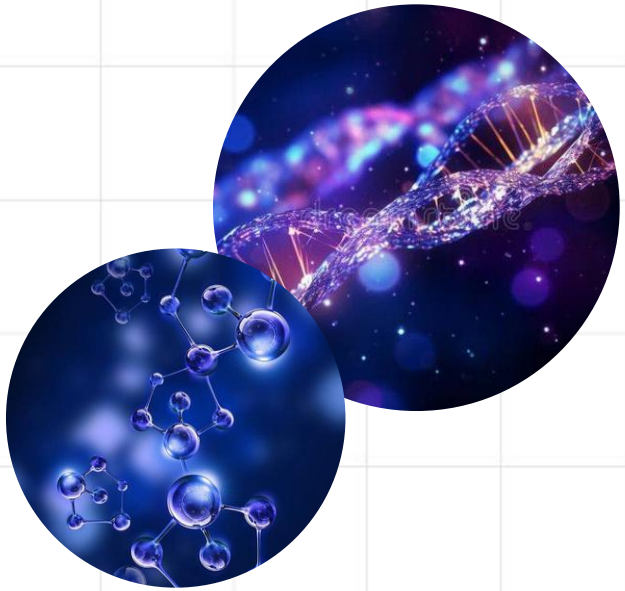


L’informatique quantique en médcine



L’informatique quantique en médcine

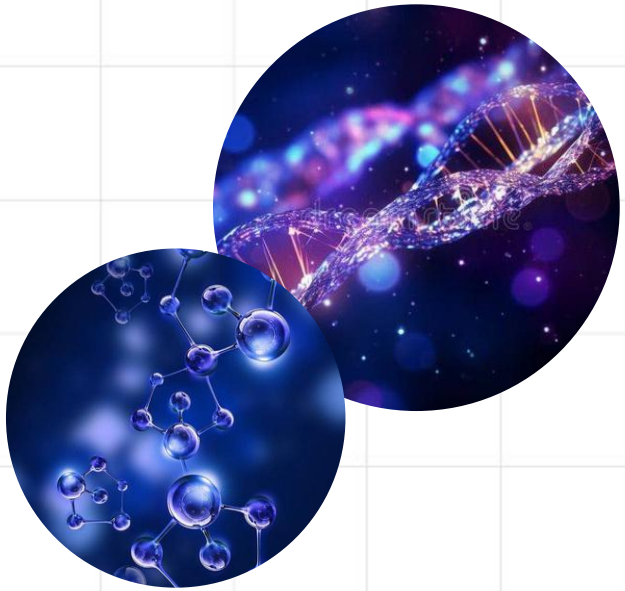
- Des avancées dans la decouverte de medicaments.



L’informatique quantique en médcine

- Des avancées dans la decouverte de medicaments.

- Médecine personnalisée.

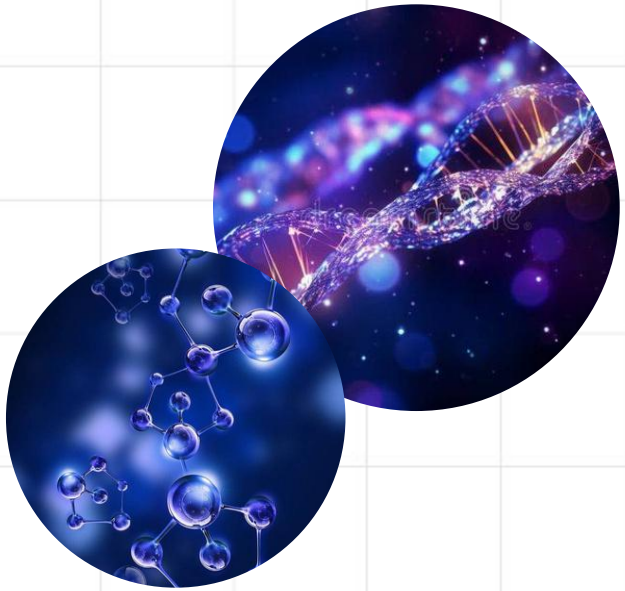


L’informatique quantique en médcine

- Des avancées dans la decouverte de medicaments .

- Médecine personnalisée .

- Imagerie médicale et diagnostics .



L’informatique quantique en climatologie

L’informatique quantique en climatologie

L’informatique quantique en climatologie

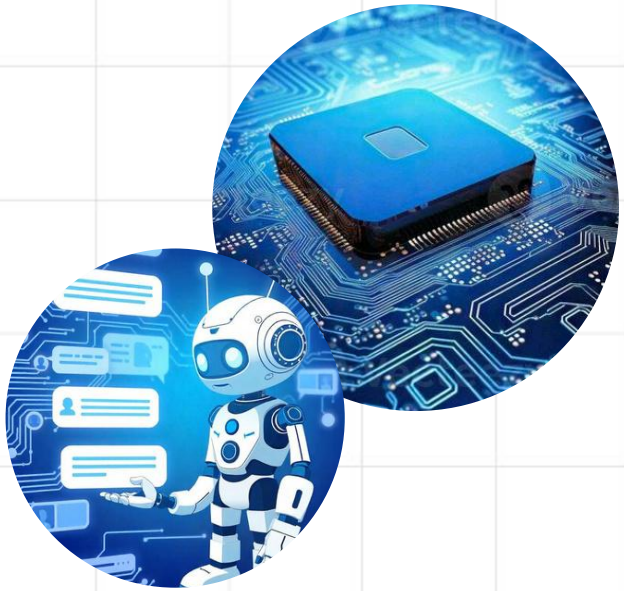
- Amélioration des prévisions météorologiques .

L’informatique quantique en climatologie

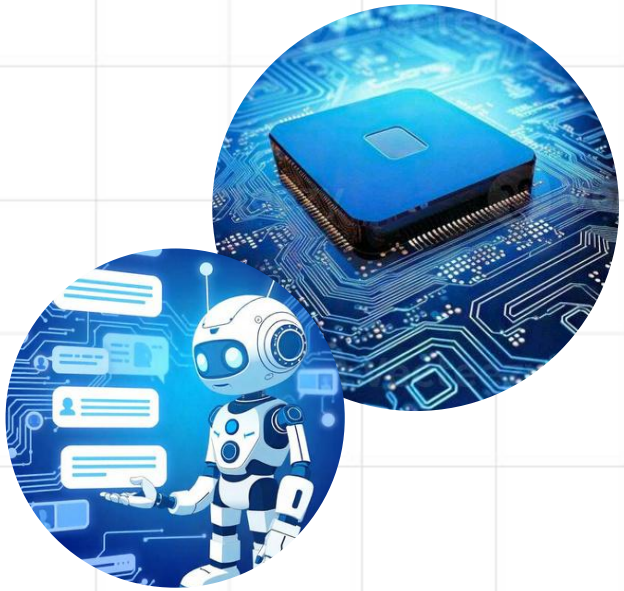
- Amélioration des prévisions météorologiques .

- Optimisation énergitique .

L'informatique quantique en intelligence artificielle (IA)

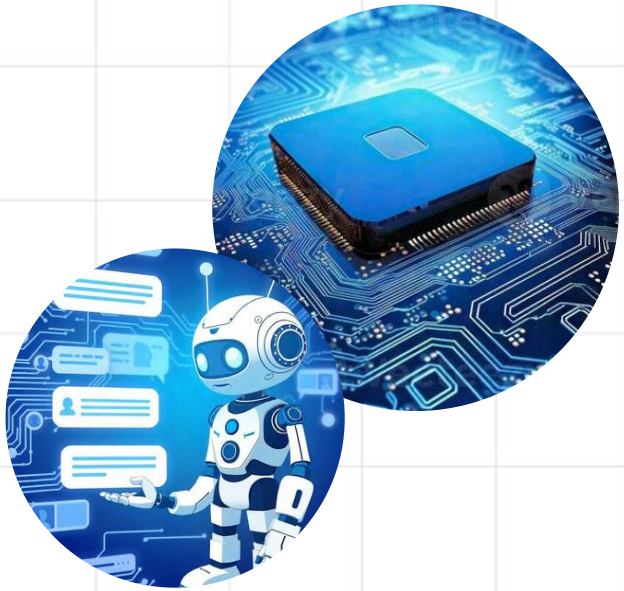


L'informatique quantique en intelligence artificielle (IA)



L'informatique quantique en intelligence artificielle (IA)

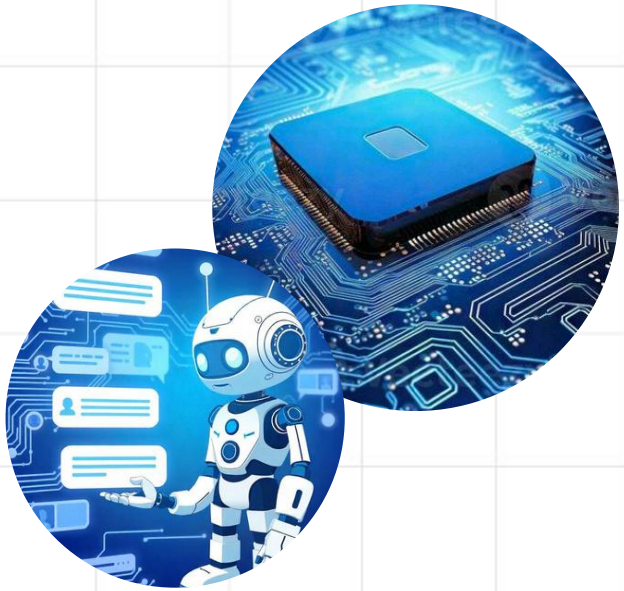
- Une puissance de calcul accure .



L'informatique quantique en intelligence artificielle (IA)

- Une puissance de calcul accure .

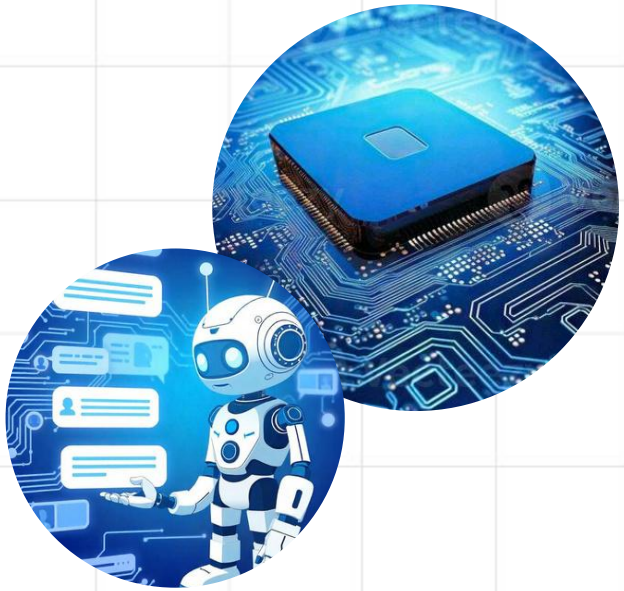
- Applications avancées .



L'informatique quantique en intelligence artificielle (IA)

- Une puissance de calcul accure .

- Applications avancées .



Un futur

Efficace

Un futur

Efficace

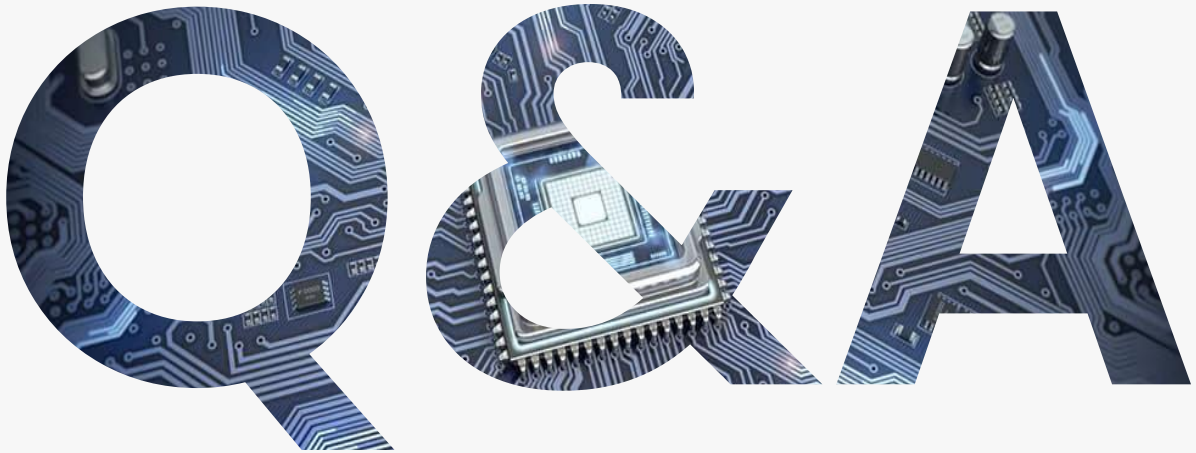
Sécurisé

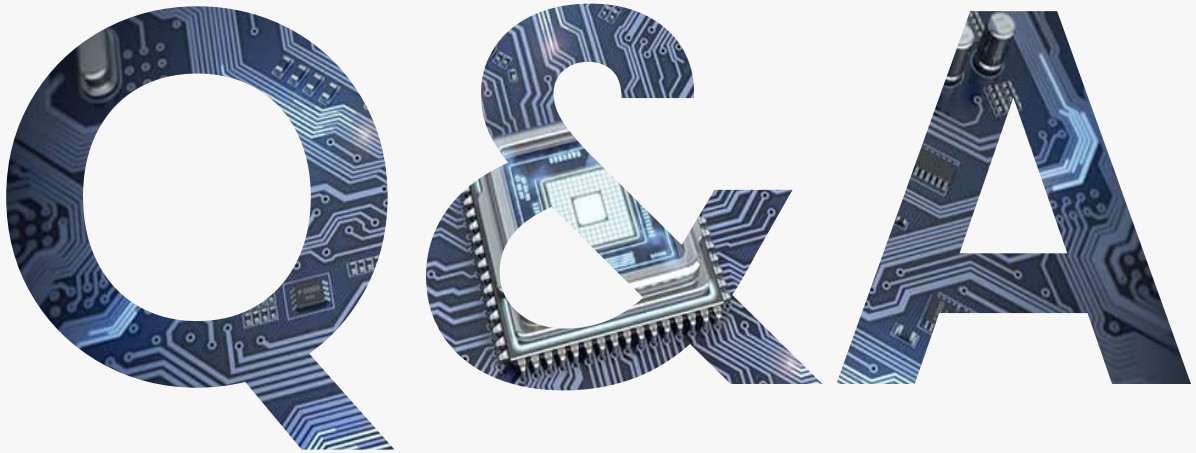
Un futur

Efficace

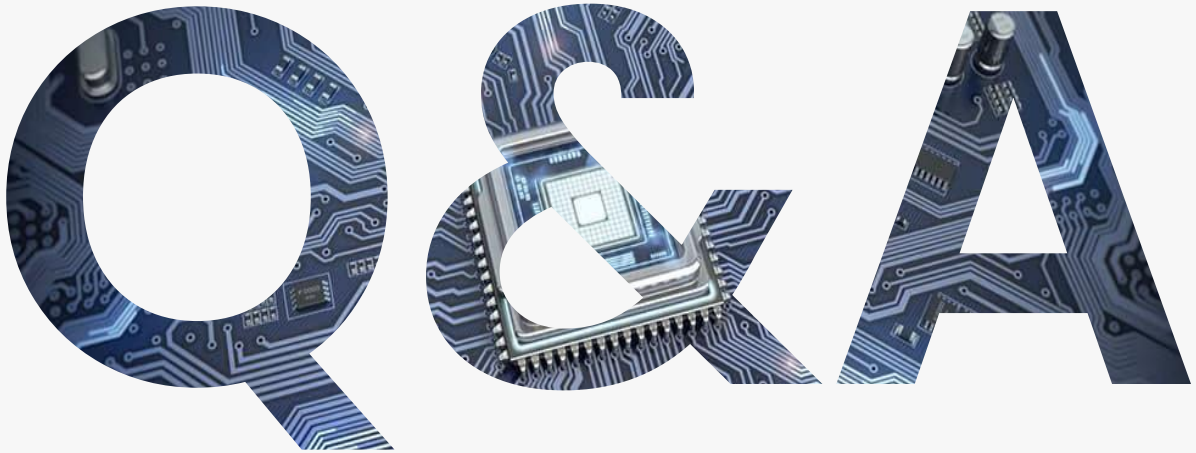
Sécurisé

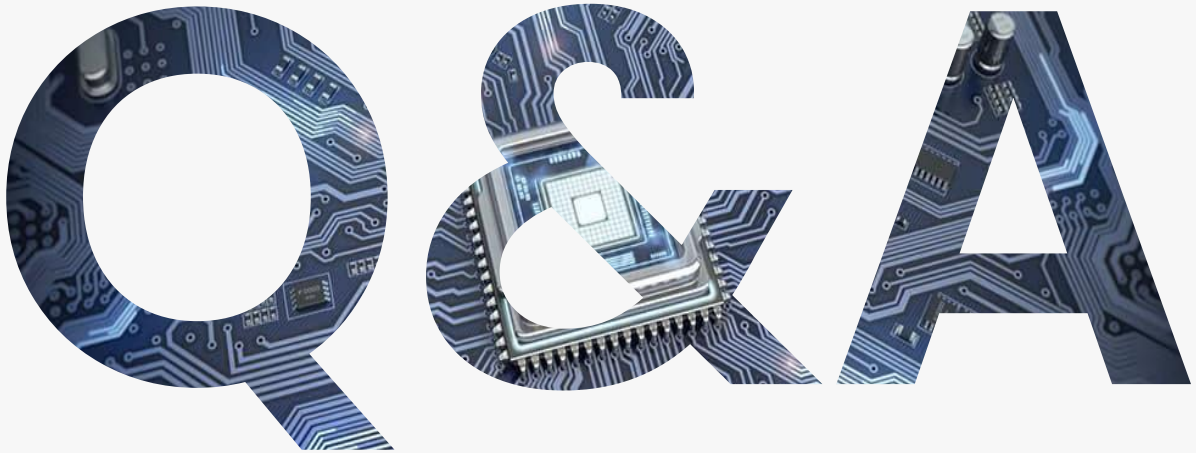
Innovant


Q&A

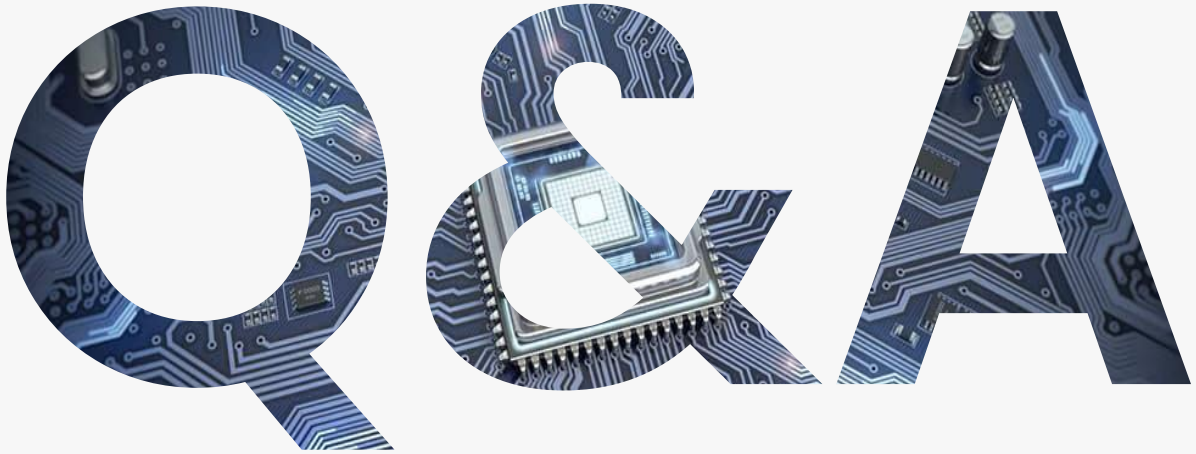


Questions / Réponses


Q&A



Nous vous remercions pour votre attention. N’hésitez pas à nous poser vos questions



École supérieure en Sciences et Technologies de l'Informatique et du Numérique

ecole@estin.dz

+213-34-824-916

Nos contacts:

m_adjeroud@estin.dz

b_boudjaoui@estin.dz

m_sahali@estin.dz