Un qbit peut être représenté comme un vecteur de probabilité d’obtenir 0 ou 1 : |q> = a |0> + b |1>
L’utilisation de la notation bra-ket est équivalente à une notation matricielle, mais selon les cas, l’une ou l’autre est plus pratique.
Note : les nombre a, b sont des complexe, dit “amplitudes” ; comme c’est des probabilités, |a|^2 + |b|^2 = 1

In[84]:=
```
q1 = {a, b};
MatrixForm[q1]
```
apparence matricielle
```
s0 = {1, 0};
s1 = {0, 1};
q1 == a * s0 + b * s1
```

Out[85]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

Out[88]= True

In[89]:=
```
a = 1 / Sqrt[2];
```
racine carrée
```
b = I / Sqrt[2];
```
u·· racine carrée
```
MatrixForm[q1]
```
apparence matricielle
```
Abs[a]^2 + Abs[b]^2
```

Out[91]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{i}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

Out[92]= 1

On dispose de plusieurs “portes” (ici que quelques exemples)

In[93]:=
```
igate = {{1, 0}, {0, 1}};
MatrixForm[igate]
```
apparence matricielle
```
xgate = {{0, 1}, {1, 0}};
MatrixForm[xgate]
```
apparence matricielle
```
hgate = 1 / Sqrt[2] * {{1, 1}, {1, -1}};
```
racine carrée
```
MatrixForm[hgate]
```
apparence matricielle

Out[94]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Out[96]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Out[98]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

In[99]:=
```
Clear[a, b]
```
efface

In[100]:=
```
MatrixForm[Dot[xgate, s0]]
```
apparence m·· produit scalaire
```
MatrixForm[Dot[hgate, s0]]
```
apparence m·· produit scalaire

Out[100]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Out[101]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

Pour plusieurs système, on utilise le kronecker product

In[105]:=
```
q2 = {c, d};
sys12 = Flatten[KroneckerProduct[q1, q2]];
```
aplatis produit Kronecker
```
MatrixForm[sys12]
```
apparence matricielle

Out[107]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} a\,c \\ a\,d \\ b\,c \\ b\,d \end{pmatrix}$$

On peut définir de nouvelles portes

In[108]:=
```
cxgate = {{1, 0, 0, 0}, {0, 1, 0, 0}, {0, 0, 0, 1}, {0, 0, 1, 0}};
MatrixForm[cxgate]
```
apparence matricielle

Out[109]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Cela applique la porte X si le qbit contrôle est sur 1

In[112]:=
```
sysq11 = Flatten[KroneckerProduct[s1, q1]];
```
aplatis produit Kronecker
```
MatrixForm[sysq11]
```
apparence matricielle
```
MatrixForm[Dot[cxgate, sysq11]]
```
apparence m·· produit scalaire

Out[113]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ a \\ b \end{pmatrix}$$

Out[114]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ b \\ a \end{pmatrix}$$

Pour agrandir une porte sur un plus grand système, on peut aussi utiliser le kronecker product

In[120]:=
```
hgate2 = KroneckerProduct[hgate, igate];
```
produit Kronecker

```
MatrixForm[hgate2]
```
apparence matricielle

Out[121]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

In[123]:=
```
MatrixForm[Dot[cxgate, Dot[hgate2, Flatten[KroneckerProduct[s0, s0]]]]]
```
apparence m·· produit scalaire produit scalaire aplatis produit Kronecker

```
MatrixForm[sys12]
```
apparence matricielle

Out[123]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

Out[124]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} a\,c \\ a\,d \\ b\,c \\ b\,d \end{pmatrix}$$

On remarque que ces deux opérations créent un système qui n’est pas descriptible par 2 qbit séparé (car a ou d devrait être nul selon le 2e terme, mais le 1 et 4 indiquent que c’est impossible). C’est un des avantages majeurs que l’on va chercher à exploiter.