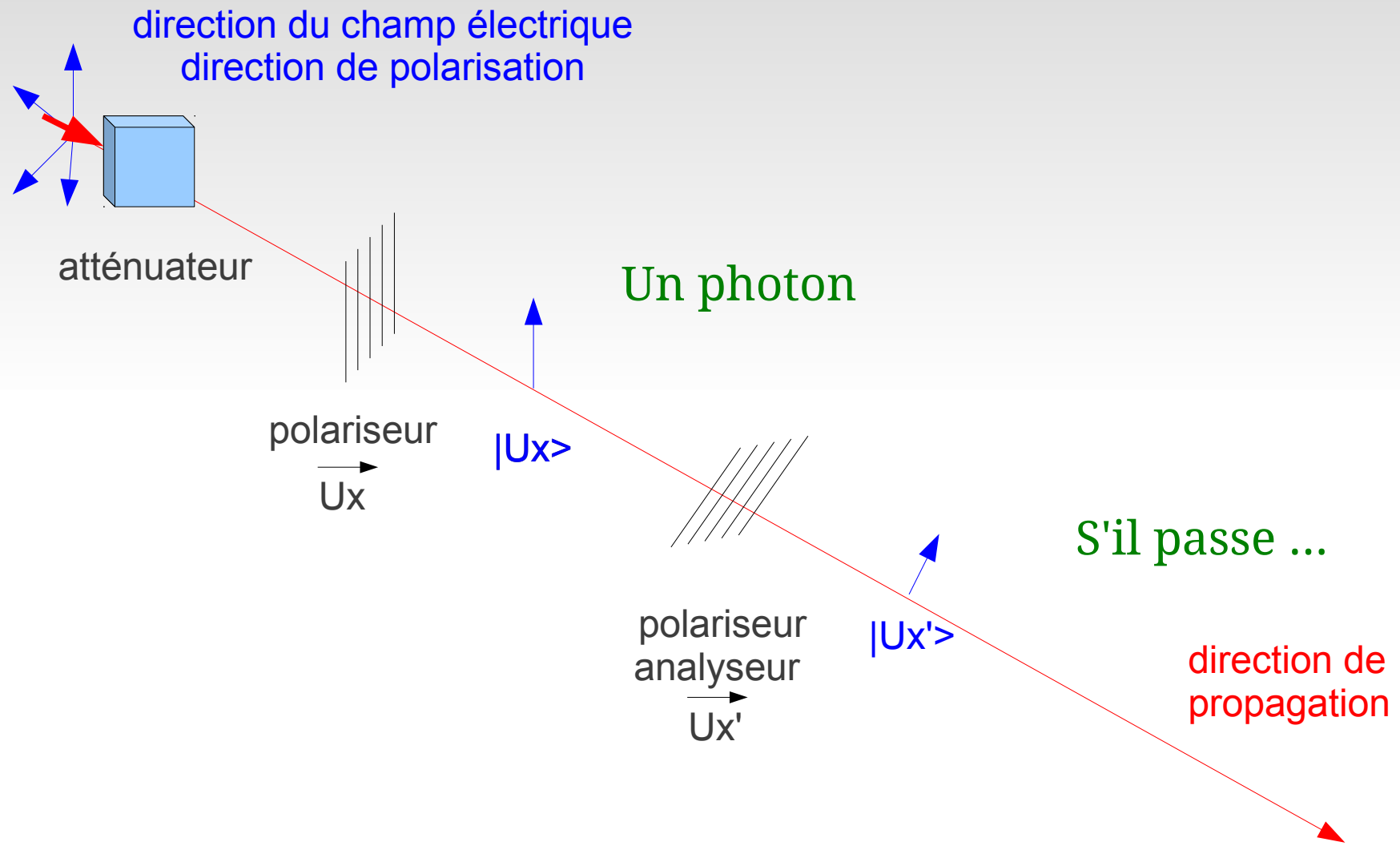


# Mécanique Quantique, une introduction

Philippe Ribière  
ribierep@gmail.com

## **2. Les idées de la mécanique quantique**



direction du champ électrique  
direction de polarisation

atténuateur

Un photon

polariseur  
 $\vec{U}_x$

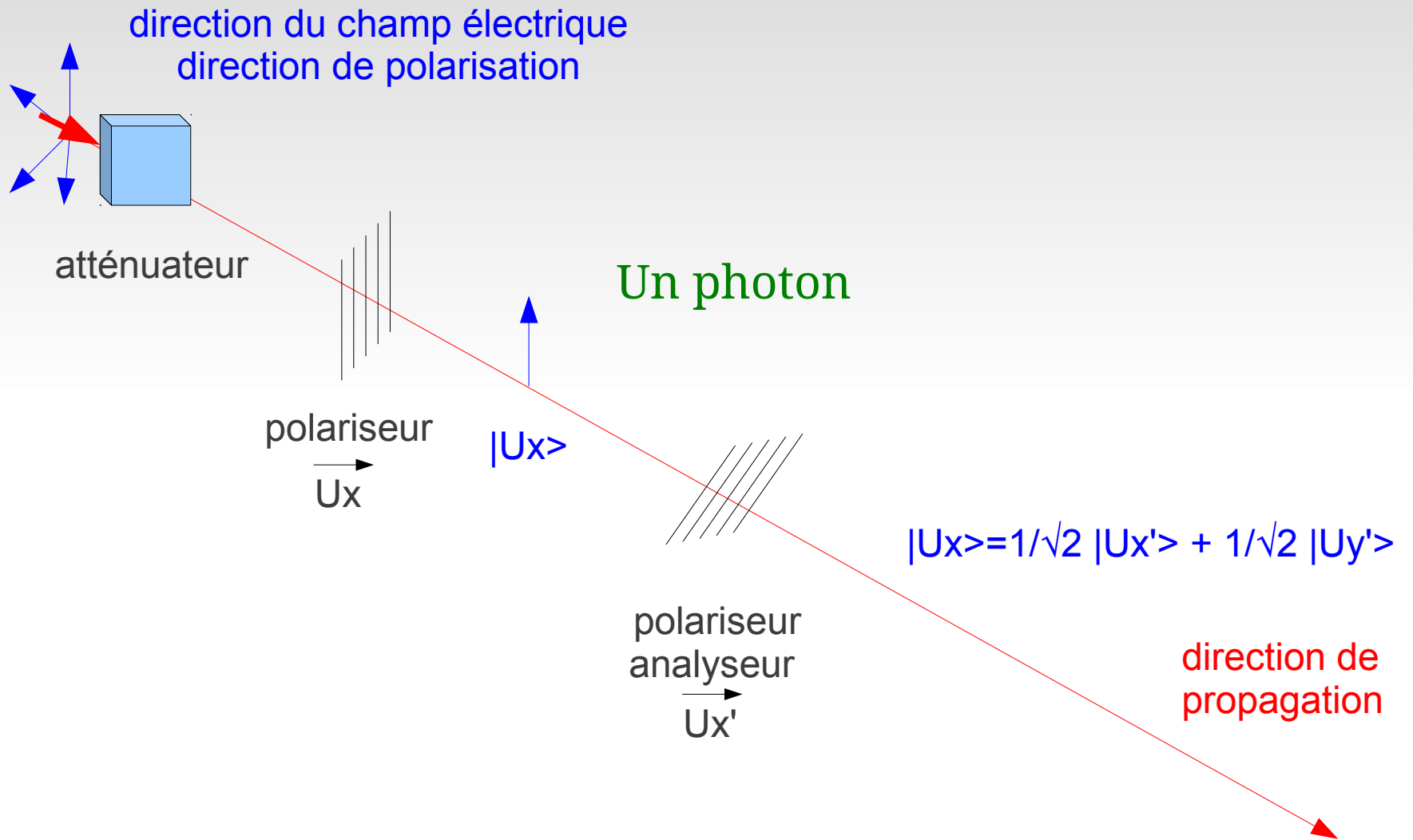
$|U_x\rangle$

polariseur  
analyseur  
 $\vec{U}_{x'}$

$|U_{x'}\rangle$

S'il passe ...

direction de  
propagation

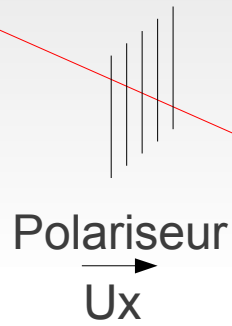
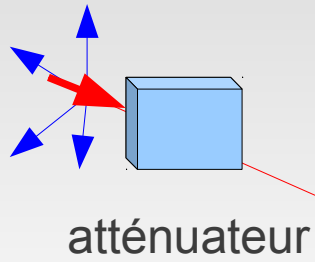


la probabilité de passer est de  $(1/\sqrt{2})^2 = 1/2$

### **3. Les "paradoxes" de la mécanique quantique**

## **3. Les "paradoxes" de la mécanique quantique**

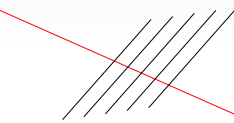
### **3.1. Le Chat de Schrödinger**



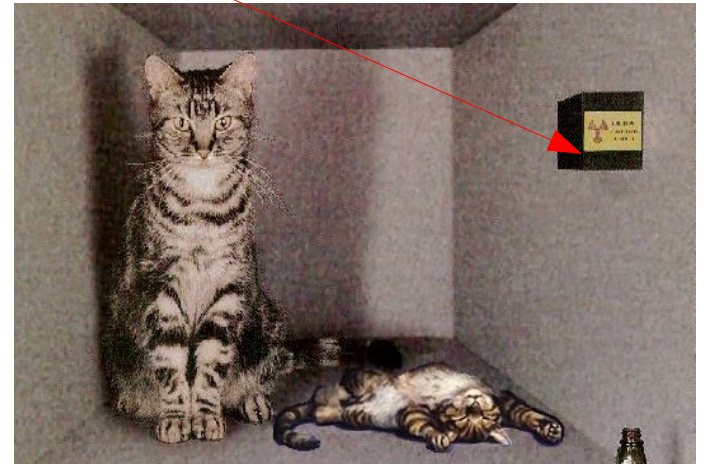
$|U_x\rangle$

A blue arrow pointing upwards, representing the state  $|U_x\rangle$ .

Un photon



$$|U_x\rangle = 1/\sqrt{2} |U_{x'}\rangle + 1/\sqrt{2} |U_{y'}\rangle$$

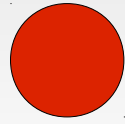


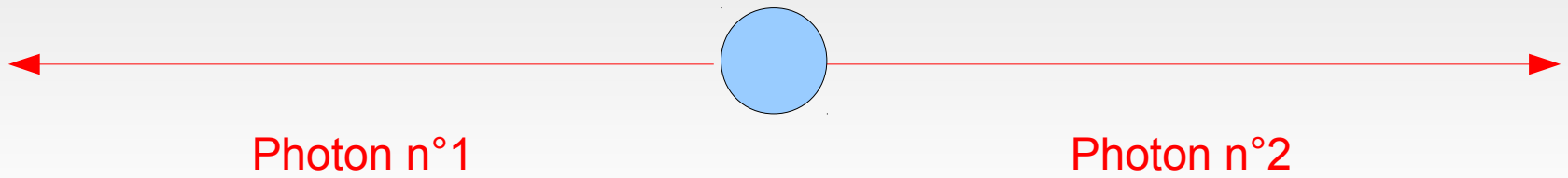
$$|\text{Chat}\rangle = 1/\sqrt{2} |\text{Mort}\rangle + 1/\sqrt{2} |\text{Vivant}\rangle$$

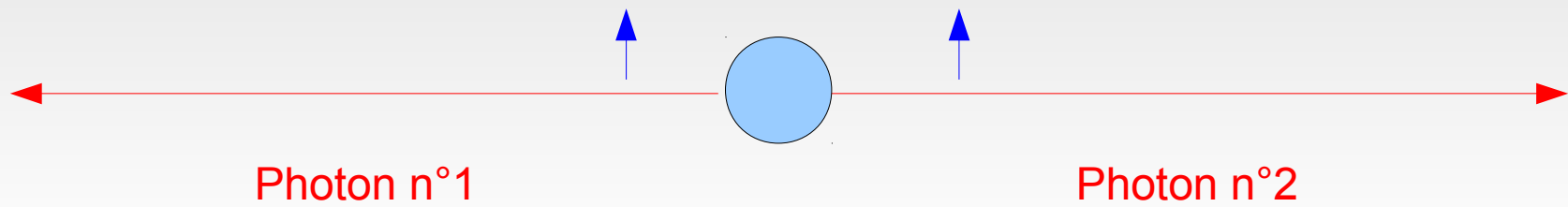
## **3. Les "paradoxes" de la mécanique quantique**

### **3.2. Le paradoxe EPR**



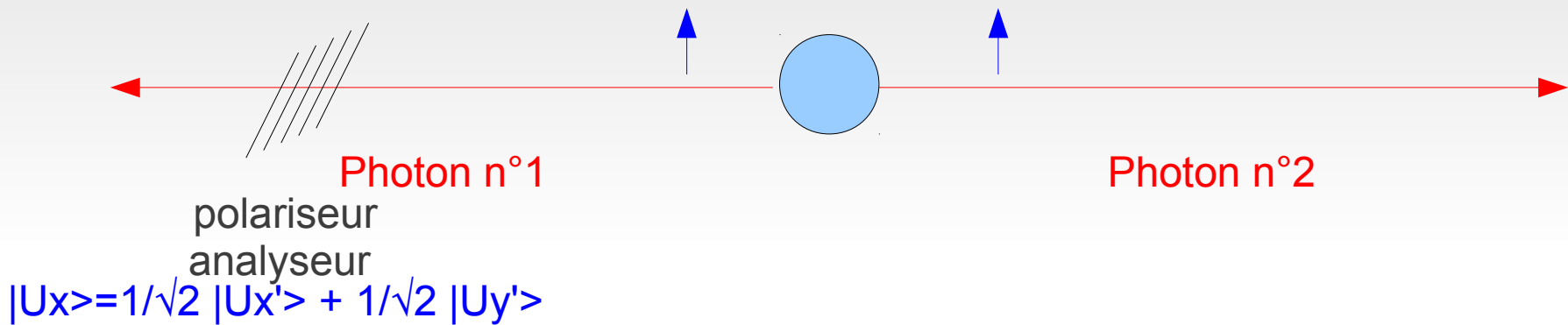






Deux photons corrélés

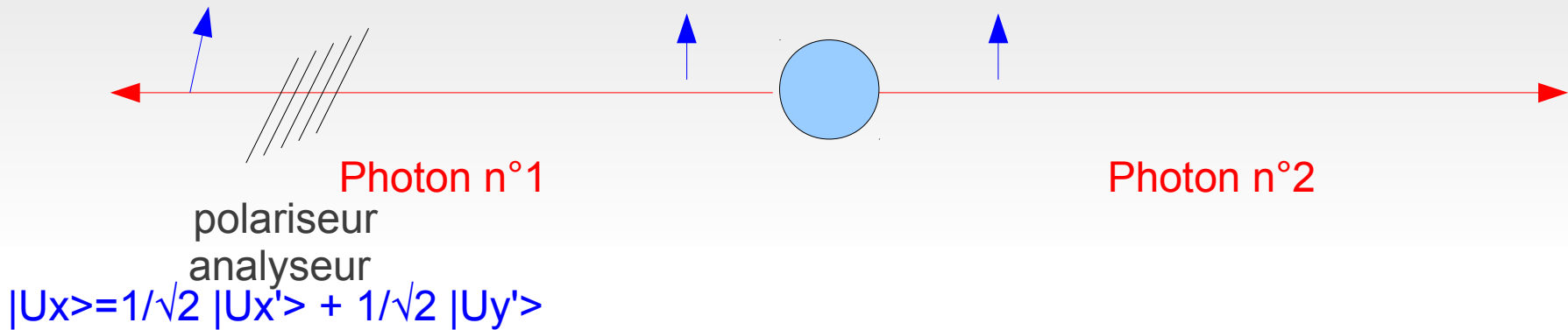
Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde  
 $|U_x\rangle$



Deux photons corrélés

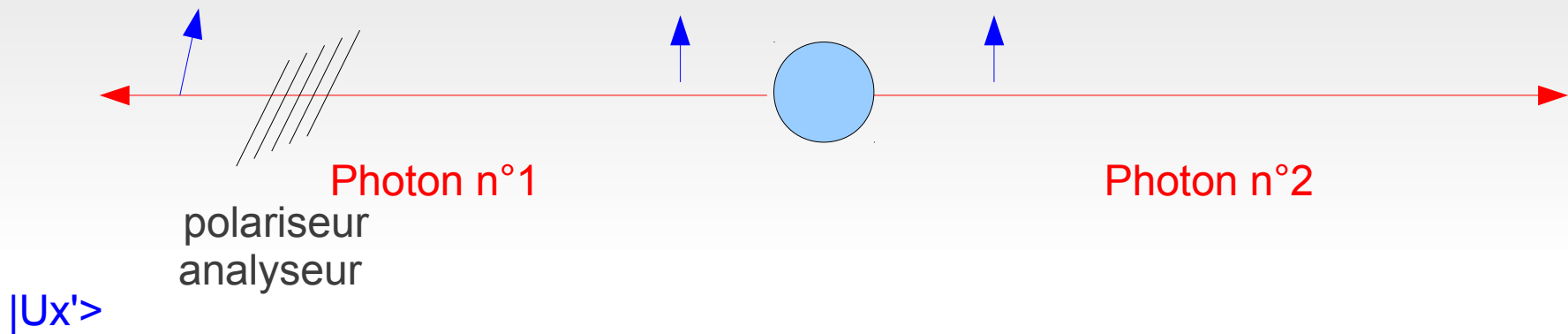
Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde

$|U_x\rangle$



Deux photons corrélés

Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde  
 Avant la mesure  $|U_x\rangle$

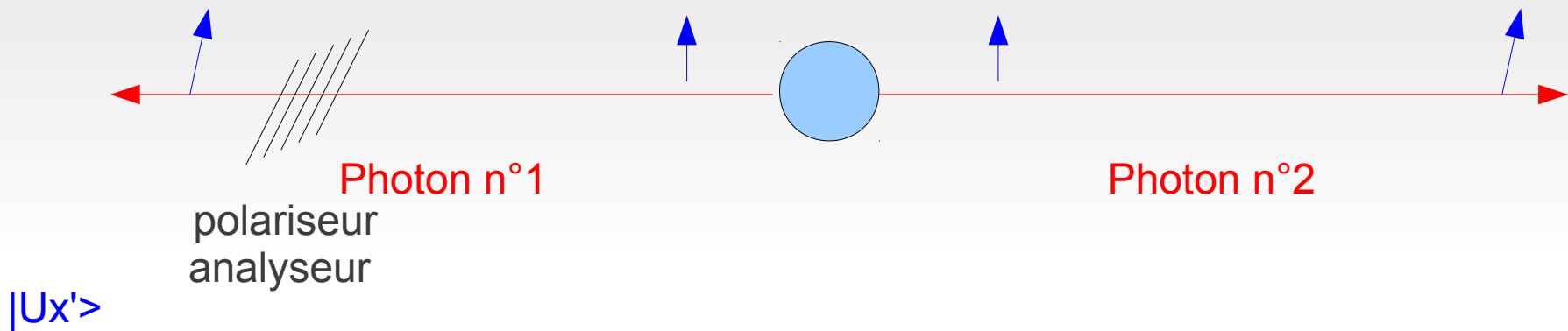


Deux photons corrélés

Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde

Avant la mesure  $|Ux\rangle$

Après la mesure  $|Ux'\rangle$  (pour les deux photons)

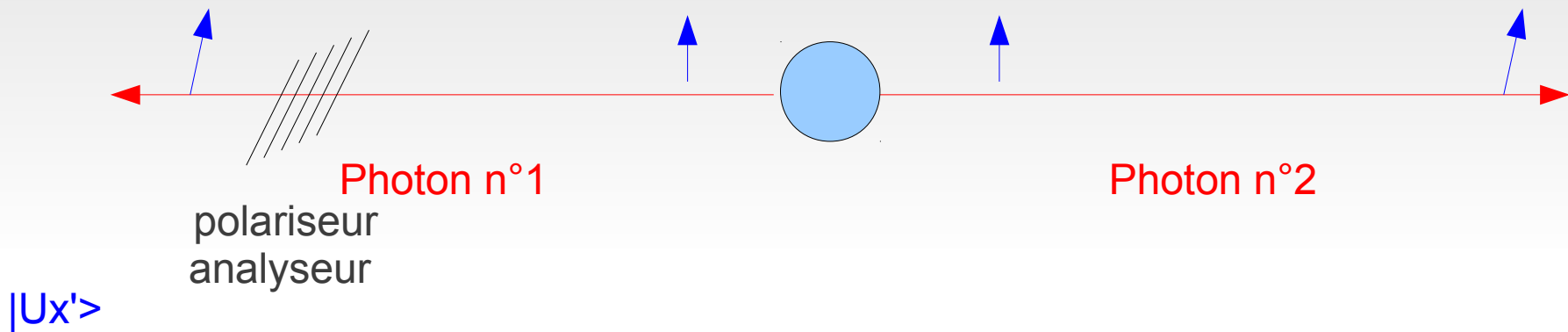


### Deux photons corrélés

Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde

Avant la mesure  $|Ux\rangle$

Après la mesure  $|Ux'\rangle$



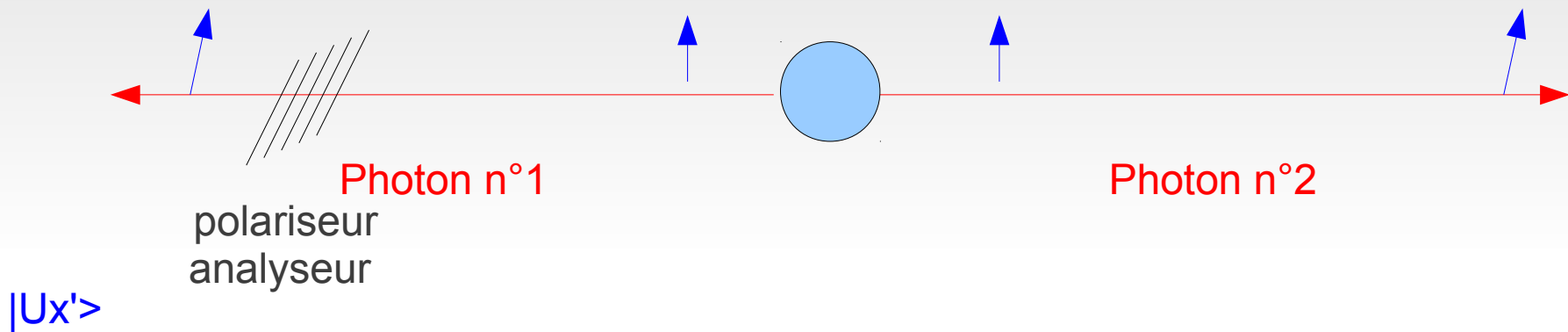
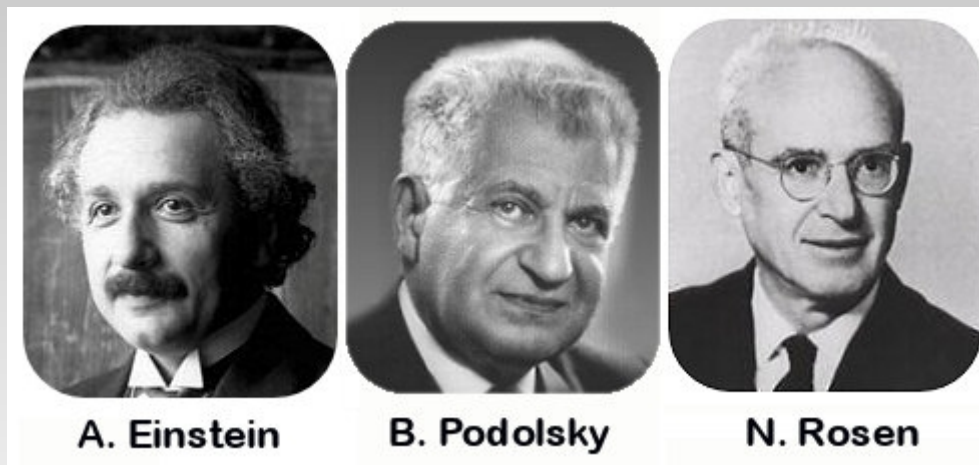
Deux photons corrélés

Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde

Avant la mesure  $|Ux\rangle$

Après la mesure  $|Ux'\rangle$  pour les deux photons



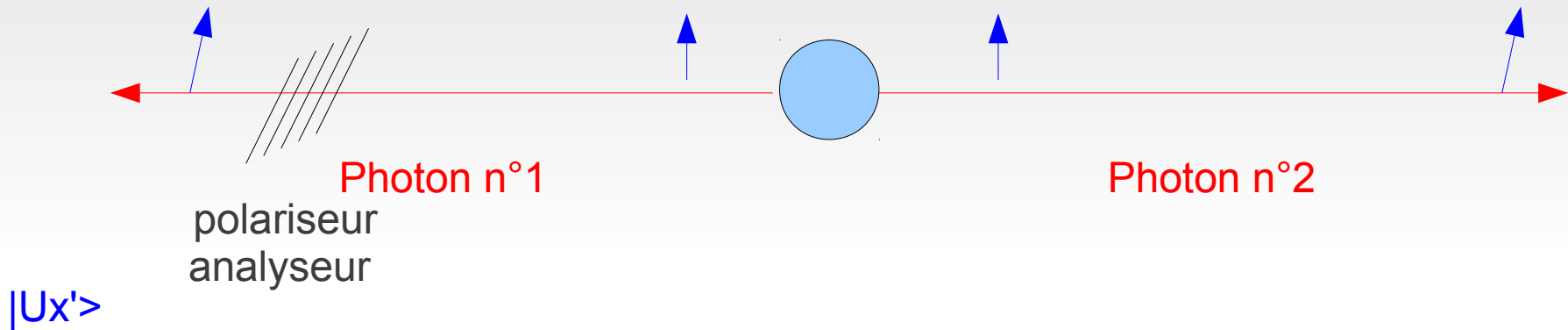


Deux photons corrélés

Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde

Avant la mesure  $|Ux\rangle$

Après la mesure  $|Ux'\rangle$  (pour les deux photons)



Deux photons corrélés

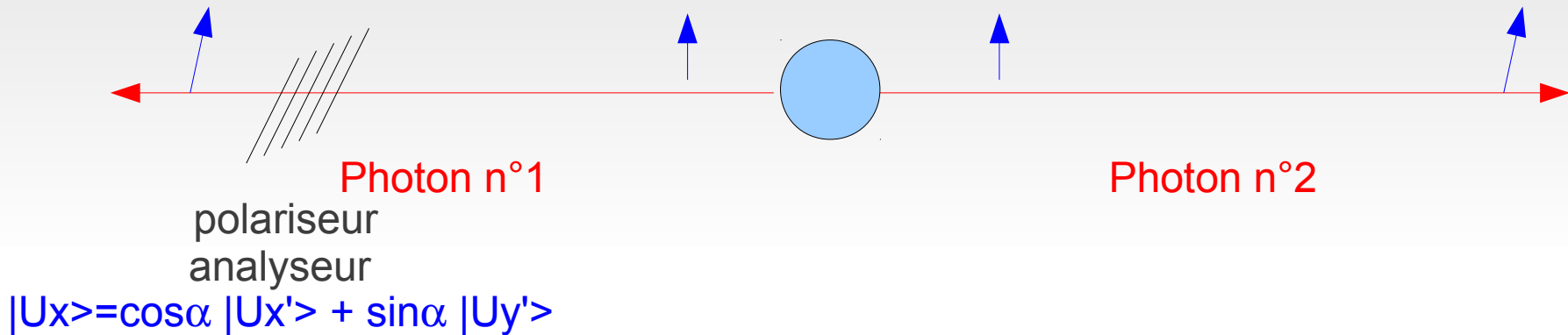
Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde

Avant la mesure  $|Ux\rangle$

Après la mesure  $|Ux'\rangle$  (pour les deux photons)



Alain Aspect



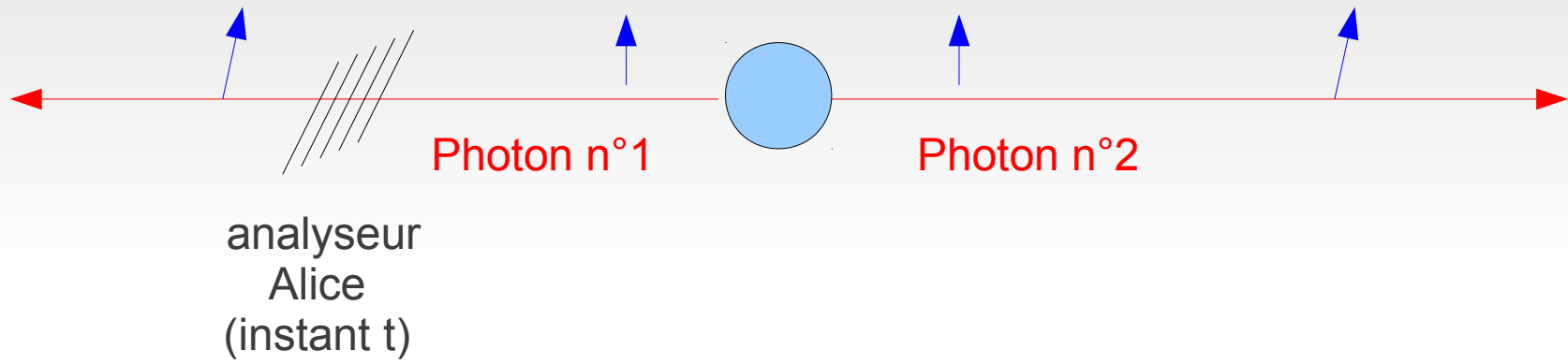
Deux photons corrélés

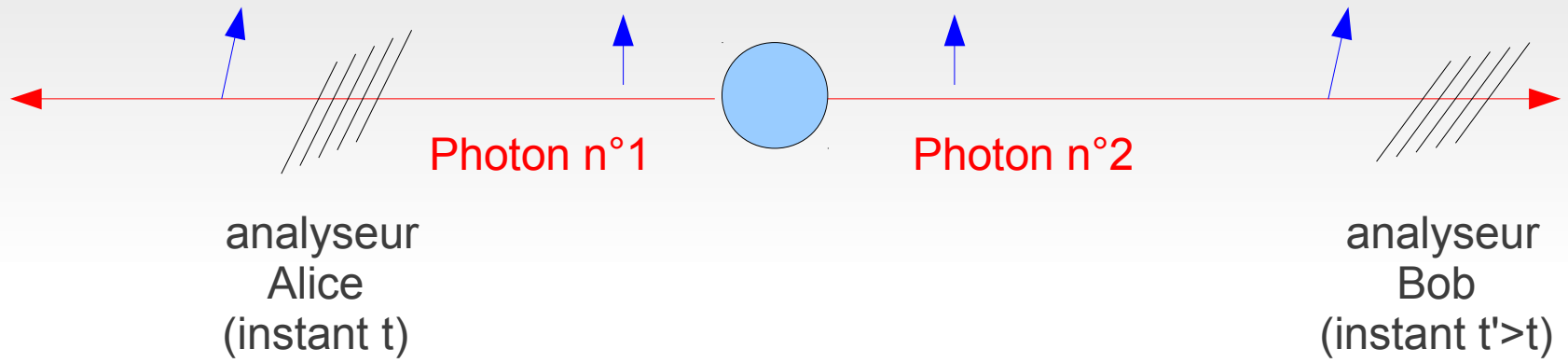
Les deux photons sont décrits par une et une seule fonction d'onde

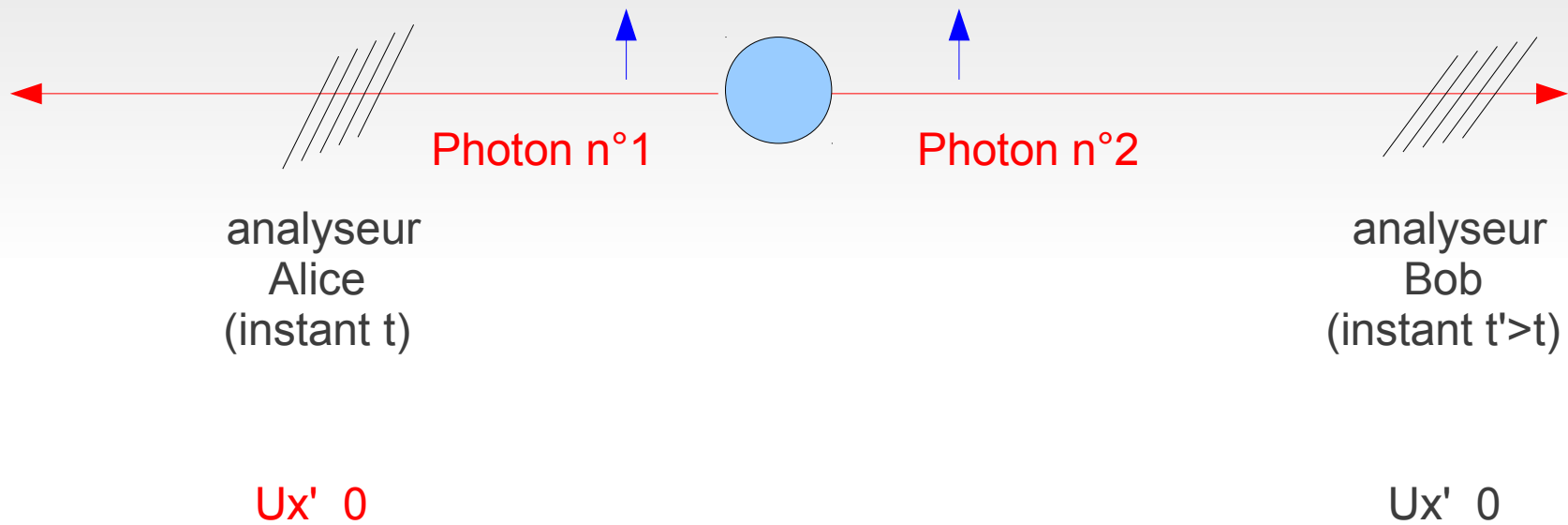
Avant la mesure  $|Ux\rangle$

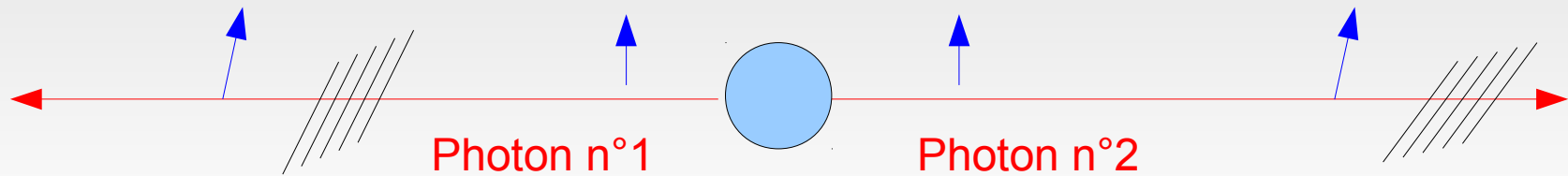
Après la mesure  $|Ux'\rangle$  (pour les deux photons)

## **4. La cryptographie quantique**









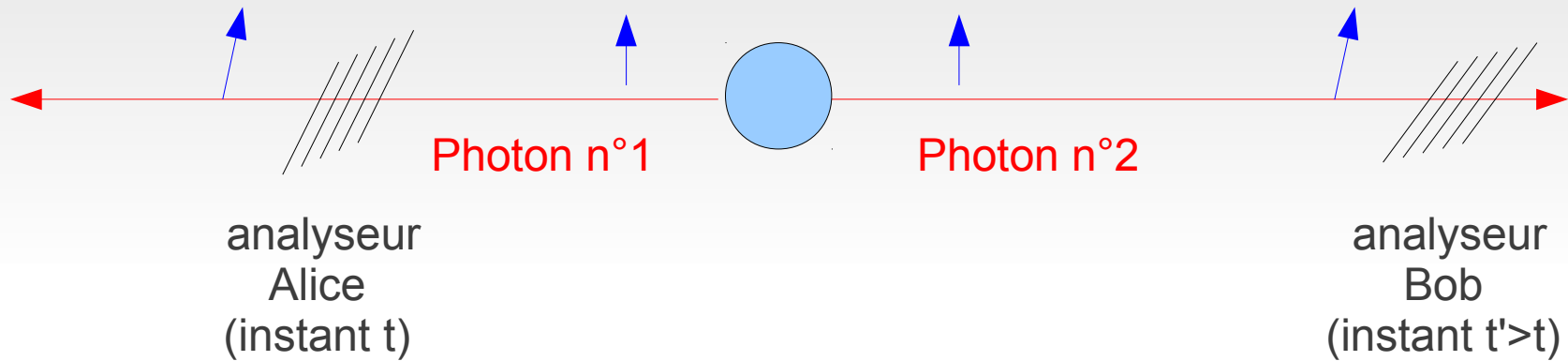
analyseur  
Alice  
(instant t)

analyseur  
Bob  
(instant t'>t)

$U_{x'} 0$   
 $U_{y'} 1$

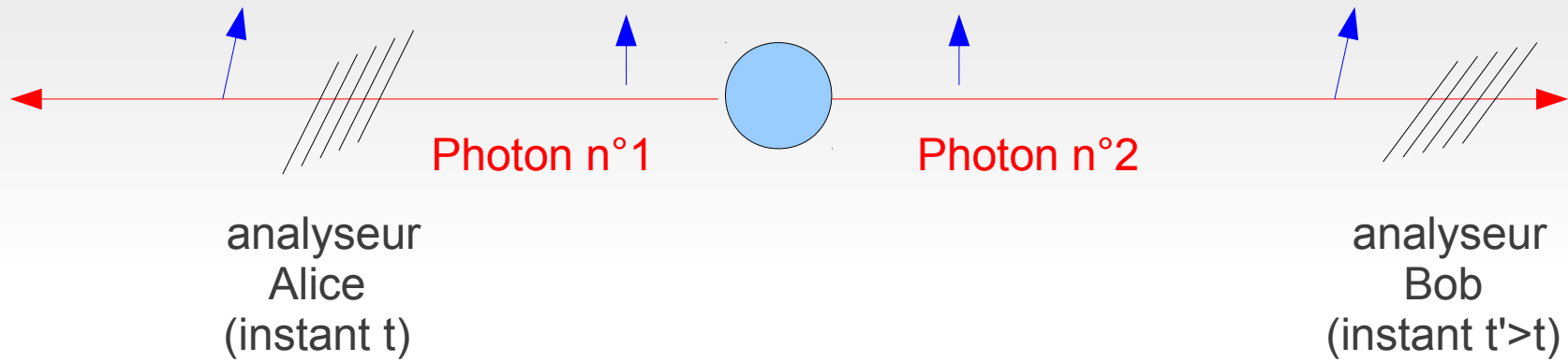
$U_{x'} 0$   
 $U_{y'} 0$





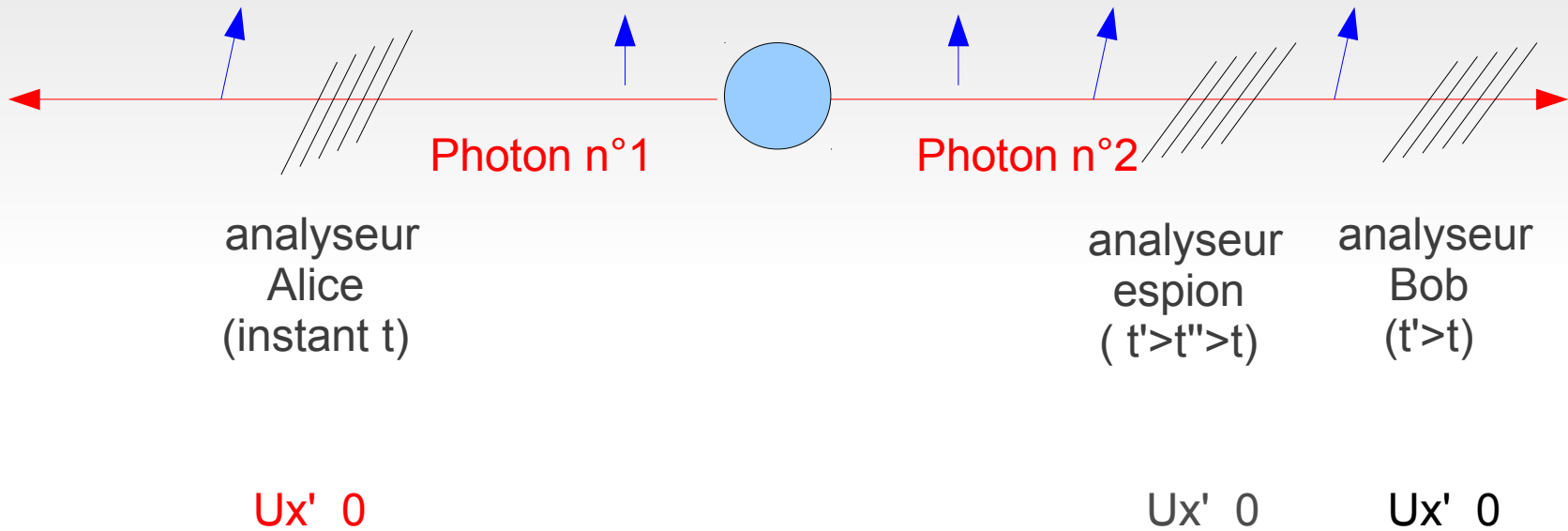
$U_{x'}$  0  
 $U_{x'}$  1  
 $U_{x'}$  1  
 $U_{y'}$  1  
 $U_{y'}$  0  
 $U_{x'}$  1  
 $U_{y'}$  0  
 $U_{x'}$  0

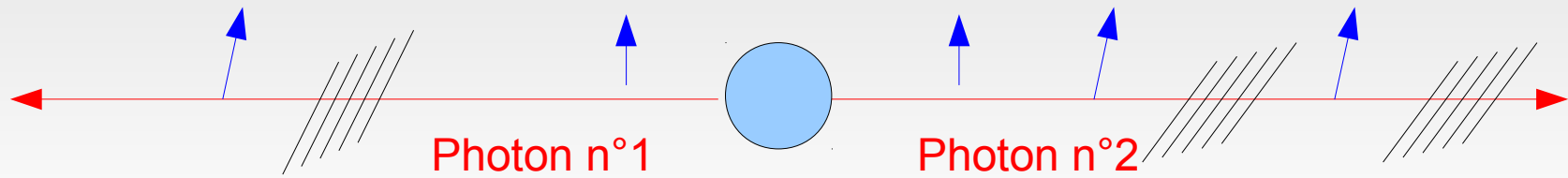
$U_{x'}$  0  
 $U_{y'}$  0  
 $U_{x'}$  1  
 $U_{x'}$  0  
 $U_{y'}$  0  
 $U_{x'}$  1  
 $U_{x'}$  1  
 $U_{y'}$  1



$U_{x'} 0$   
 $U_{x'} 1$   
 $U_{x'} 1$   
 $U_{y'} 1$   
 $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 1$   
 $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 0$

$U_{x'} 0$   $U_{x'} 0$   
 $U_{x'} 1$   $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 1$   $U_{x'} 1$   
 $U_{y'} 1$   $U_{x'} 0$   
 $U_{y'} 0$   $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 1$   $U_{x'} 1$   
 $U_{y'} 0$   $U_{x'} 1$   
 $U_{x'} 0$   $U_{y'} 1$





analyseur  
Alice  
(instant  $t$ )

$U_{x'} 0$   
 $U_{x'} 1$

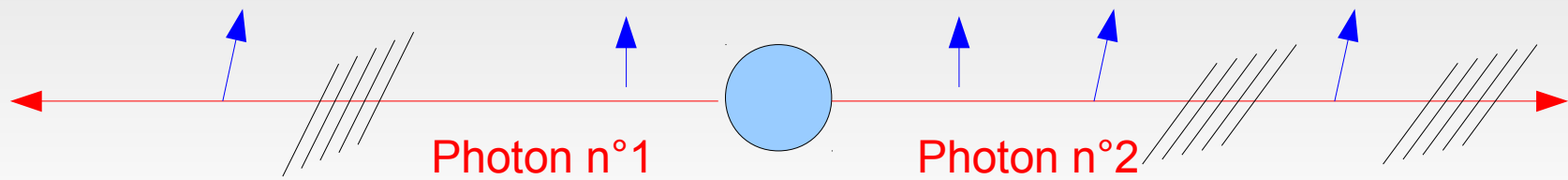
Photon n°2

analyseur  
espion  
( $t' > t'' > t$ )

$U_{x'} 0$   
 $U_{x'} 1$

analyseur  
Bob  
( $t' > t$ )

$U_{x'} 0$   
 $U_{y'} 0$



analyseur  
Alice  
(instant t)

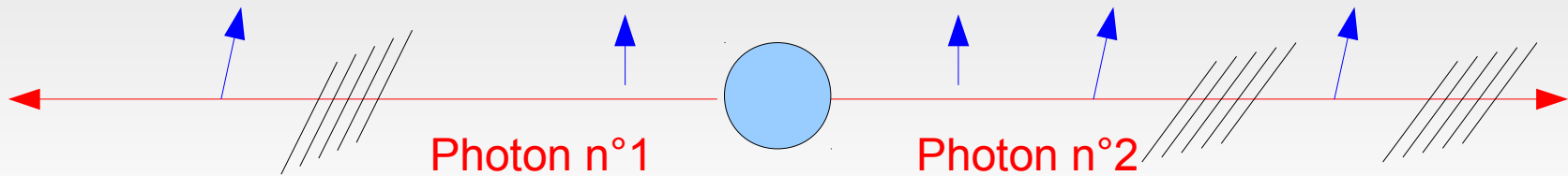
analyseur  
espion  
( t' > t'' > t)

analyseur  
Bob  
(t' > t)

Ux' 0  
Ux' 1  
Ux' 1

Ux' 0  
Ux' 1  
Uy' 0

Ux' 0  
Uy' 0  
Ux' 0



analyseur  
Alice  
(instant t)

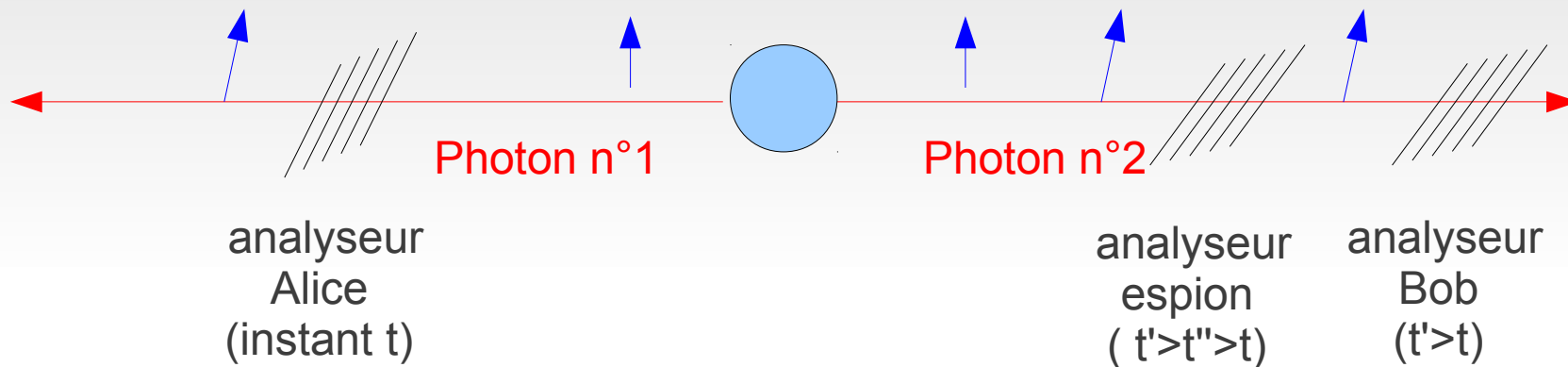
analyseur  
espion  
(  $t' > t'' > t$  )

analyseur  
Bob  
(  $t' > t$  )

Ux' 0  
Ux' 1  
Ux' 1  
Uy' 1  
Uy' 0  
Ux' 1  
Uy' 0  
Ux' 0

Ux' 0  
Ux' 1  
Uy' 0  
Uy' 1  
Uy' 0  
Uy' 0  
Ux' 1  
Uy' 1

Ux' 0  
Uy' 0  
Ux' 0  
Ux' 0  
Uy' 0  
Ux' 0  
Ux' 1  
Uy' 1

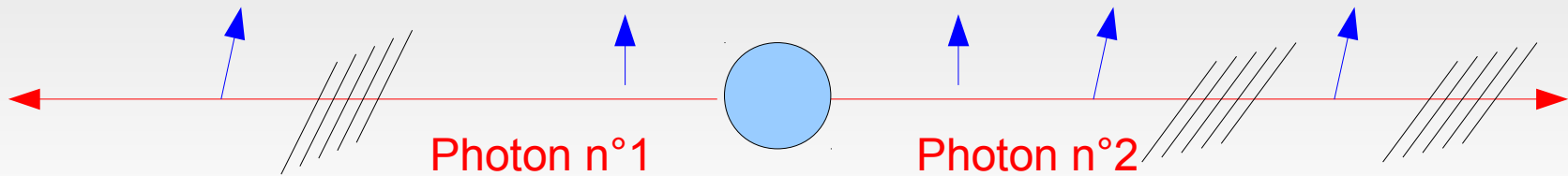


$U_{x'} 0$   
 $U_{x'} 1$   
 $U_{x'} 1$   
 $U_{y'} 1$   
 $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 1$   
 $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 0$

$U_{x'} 0$   $U_{x'} 0$   
 $U_{x'} 1$   $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 1$   $U_{x'} 0$   
 $U_{y'} 1$   $U_{x'} 0$   
 $U_{y'} 0$   $U_{y'} 0$   
 $U_{x'} 1$   $U_{x'} 0$   
 $U_{y'} 0$   $U_{x'} 1$   
 $U_{x'} 0$   $U_{y'} 1$



L'espion est détecté



analyseur  
Alice  
(instant t)

Ux' 0  
Ux' 1  
Ux' 1  
Uy' 1  
Uy' 0  
Ux' 1  
Uy' 0  
Ux' 0

analyseur  
espion  
( t' > t'' > t)

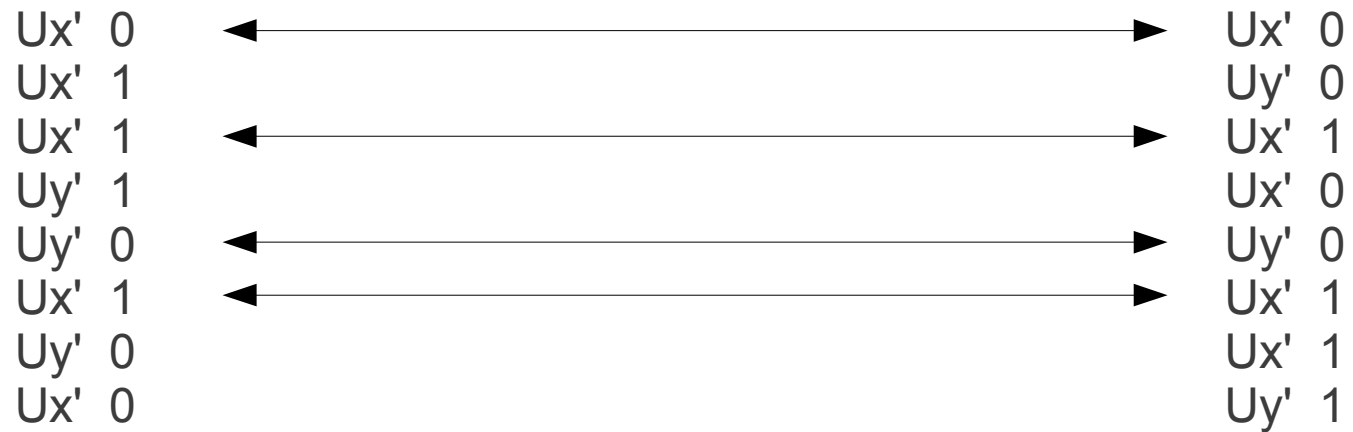
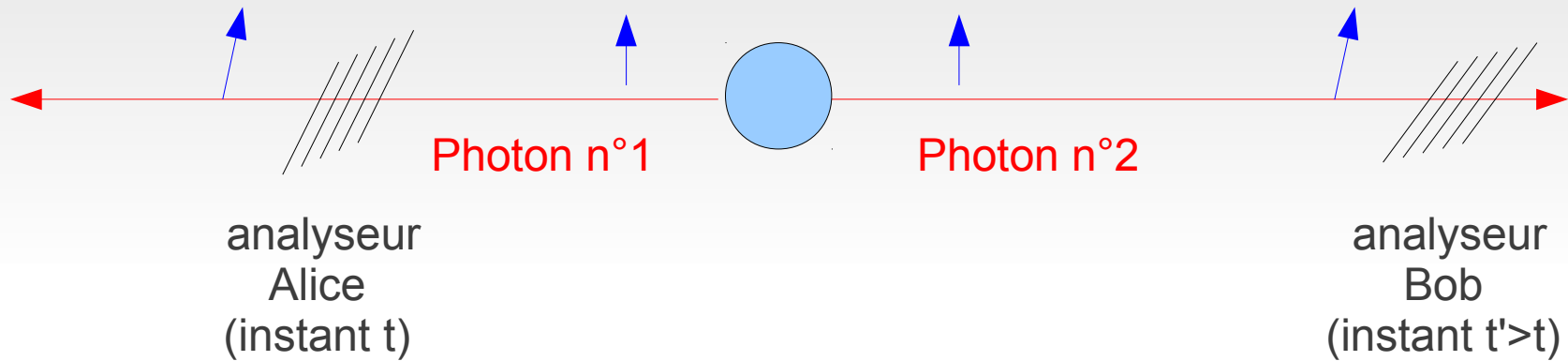
Ux' 0    Ux' 0  
Ux' 1    Ux' 1  
Ux' 1    Uy' 0  
Uy' 1    Uy' 1  
Uy' 0    Uy' 0  
Ux' 1    Uy' 0  
Uy' 0    Ux' 1  
Ux' 0    Uy' 1

analyseur  
Bob  
(t' > t)

Ux' 0  
Uy' 0  
Ux' 0  
Ux' 0  
Uy' 0  
Ux' 0  
Ux' 1  
Uy' 1







Clef de chiffrement secrète: 0101...

