

# Club sciences

Philippe Ribiere

ribierep@orange.fr

Mercredi 19 Octobre 2011

# Quelques idées sur ... la relativité générale

# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

Transformation  
de Galilée

$$t' = t$$

$$x' = x - u.t$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Transformation  
de Lorentz

$$c.t' = \gamma.(c.t - x.\frac{u}{c})$$

$$x' = \gamma.(x - c.t.\frac{u}{c})$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Contraction des longueurs et dilatation des temps.

# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

Transformation  
de Galilée

$$t' = t$$

$$x' = x - u.t$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Transformation  
de Lorentz

$$c.t' = \gamma.(c.t - x.\frac{u}{c})$$

$$x' = \gamma.(x - c.t.\frac{u}{c})$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Si  $\gamma \ll 1$ , alors les deux transformations donnent les mêmes résultats

# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

Possible voyage interstellaire:

Pour Proxima du Centaure ( $\alpha$  Centauri)

Distante de 4 année lumière de la Terre.

A la vitesse  $u=0,995.c$ , l'astronome ne vieillirait que de 5 mois

# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

Composition des vitesses:

$$v' = \frac{v - u}{1 - \frac{v \cdot u}{c^2}}$$

# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

Composition des vitesses:

$$v' = \frac{v - u}{1 - \frac{v \cdot u}{c^2}}$$

Si  $v=c$ , alors  $v'=c$

Si  $v$  et  $u \ll c$  alors  $v'=v-u$

# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

L'espace temps en relativité restreinte:



# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

L'espace temps en relativité restreinte:

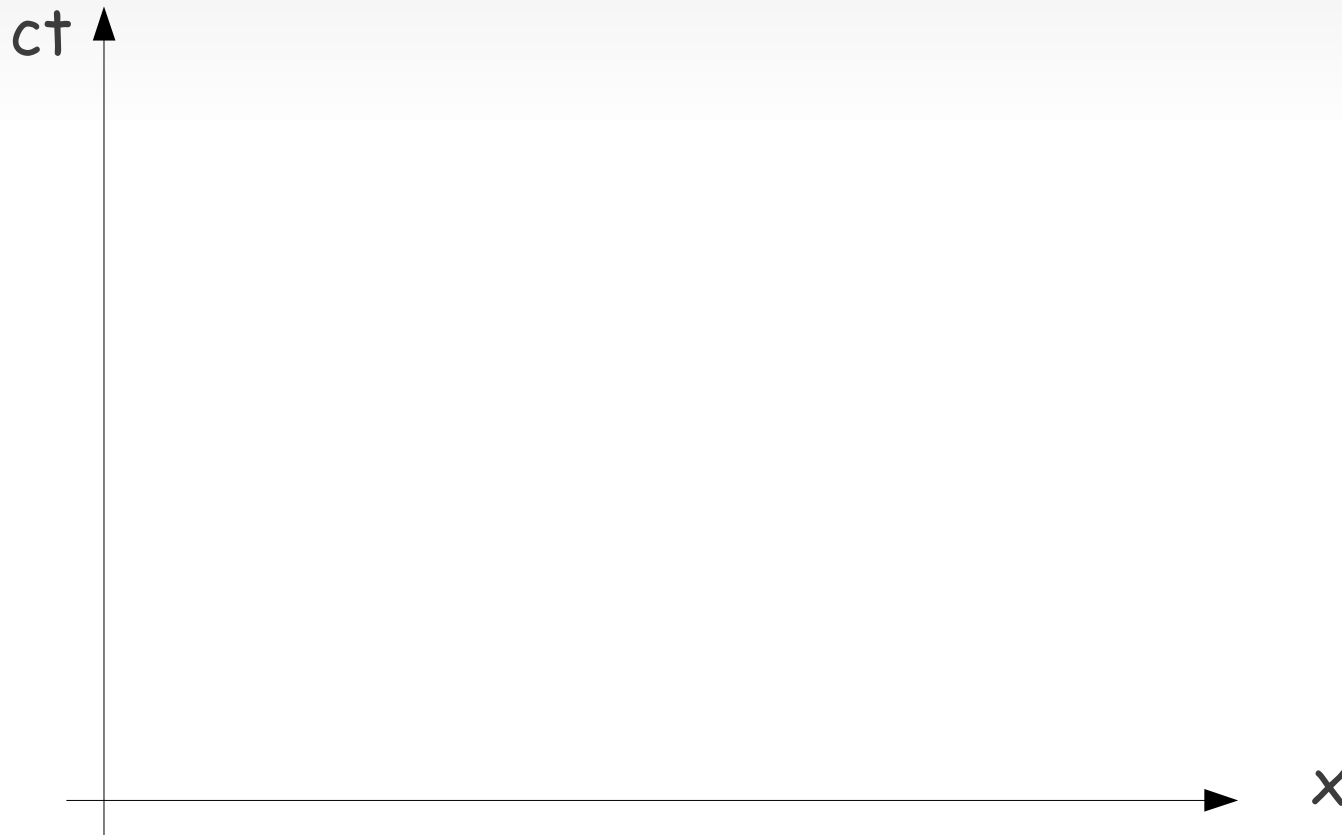
Le temps "c.t" s'apparente à une dimension d'espace  $x, y, z$

Donc le physicien relativiste parle d'un espace 4-dimensions.

# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

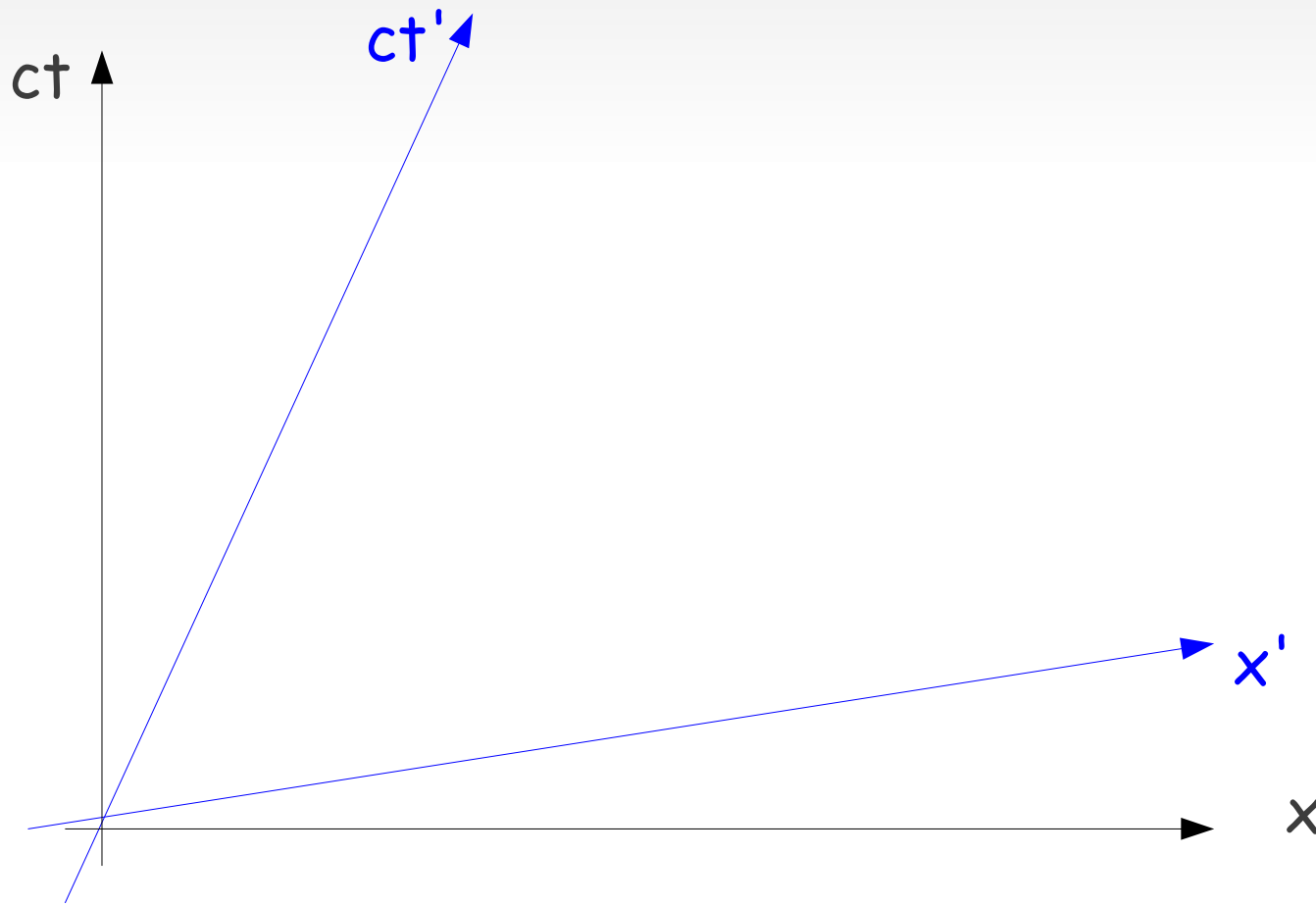
L'espace temps en relativité restreinte:



# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

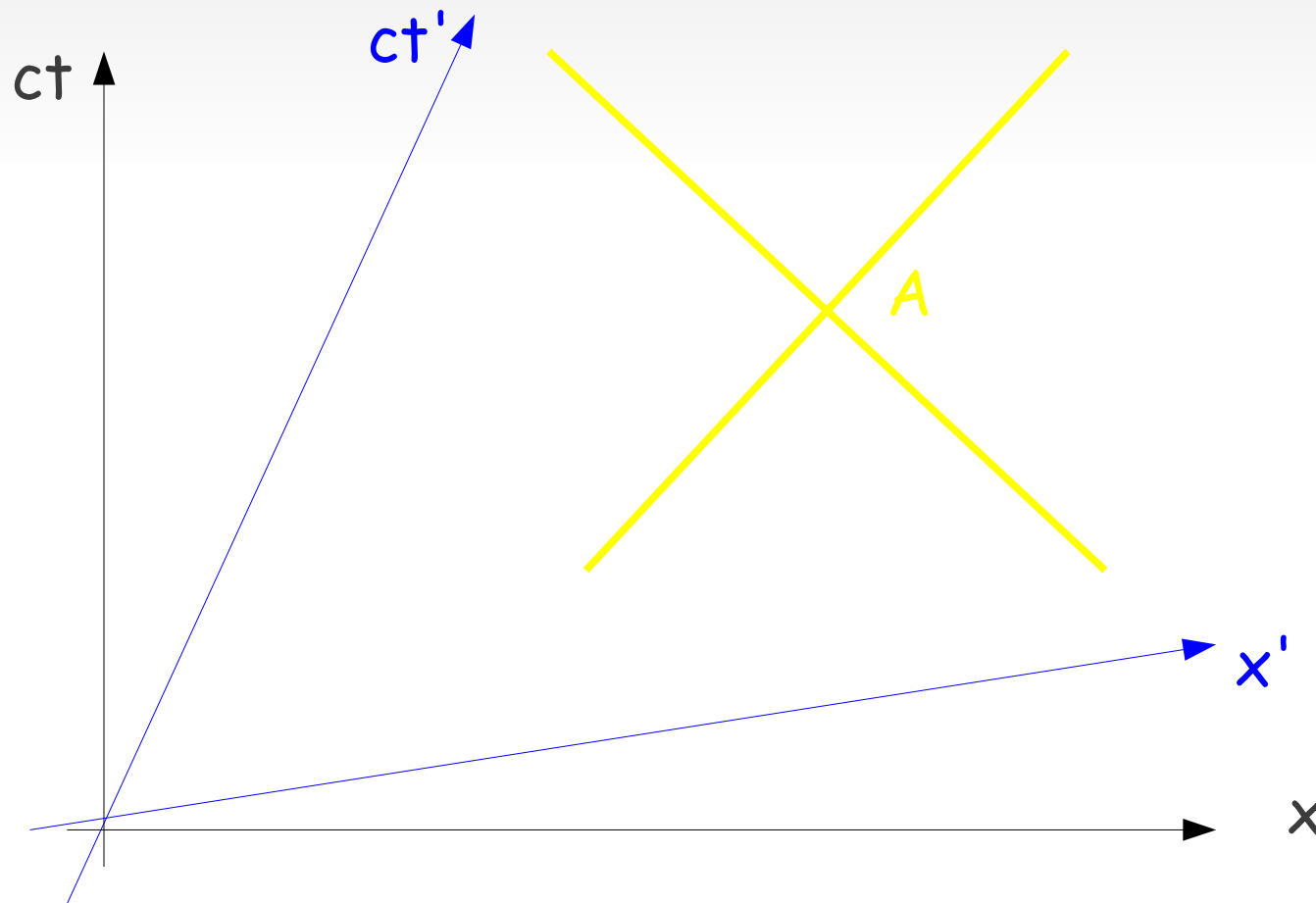
L'espace temps en relativité restreinte:



# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

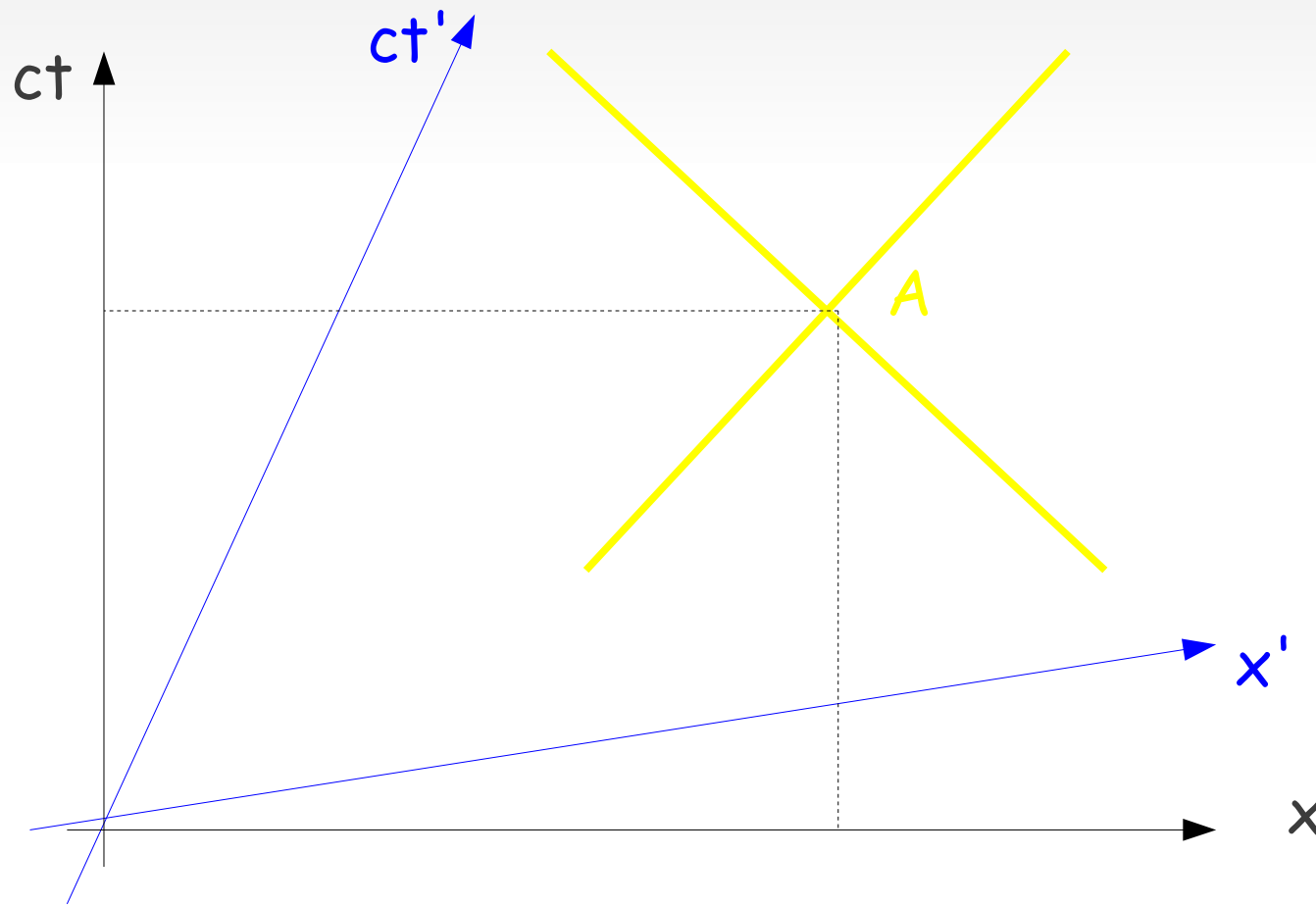
L'espace temps en relativité restreinte:



# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

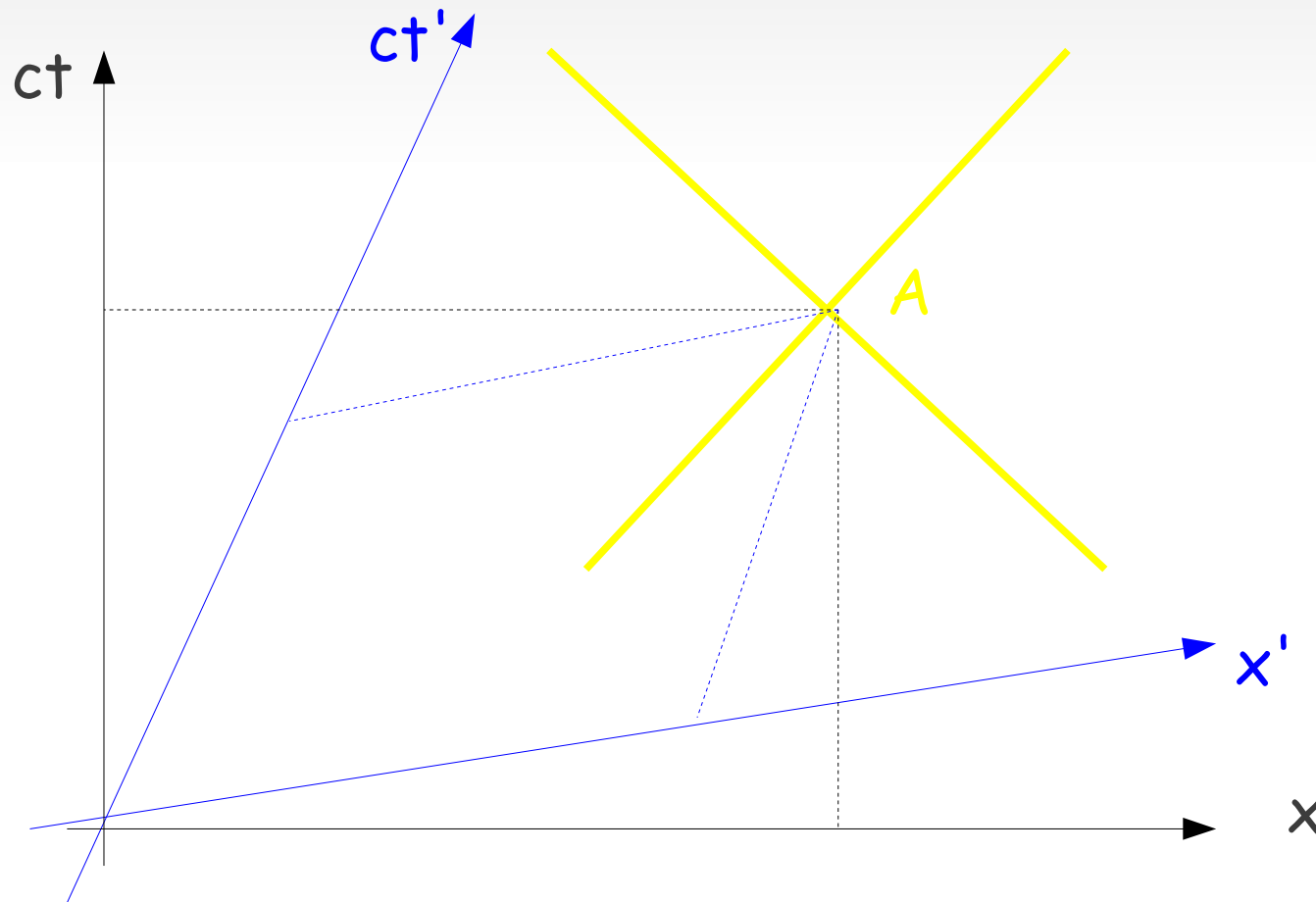
L'espace temps en relativité restreinte:



# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

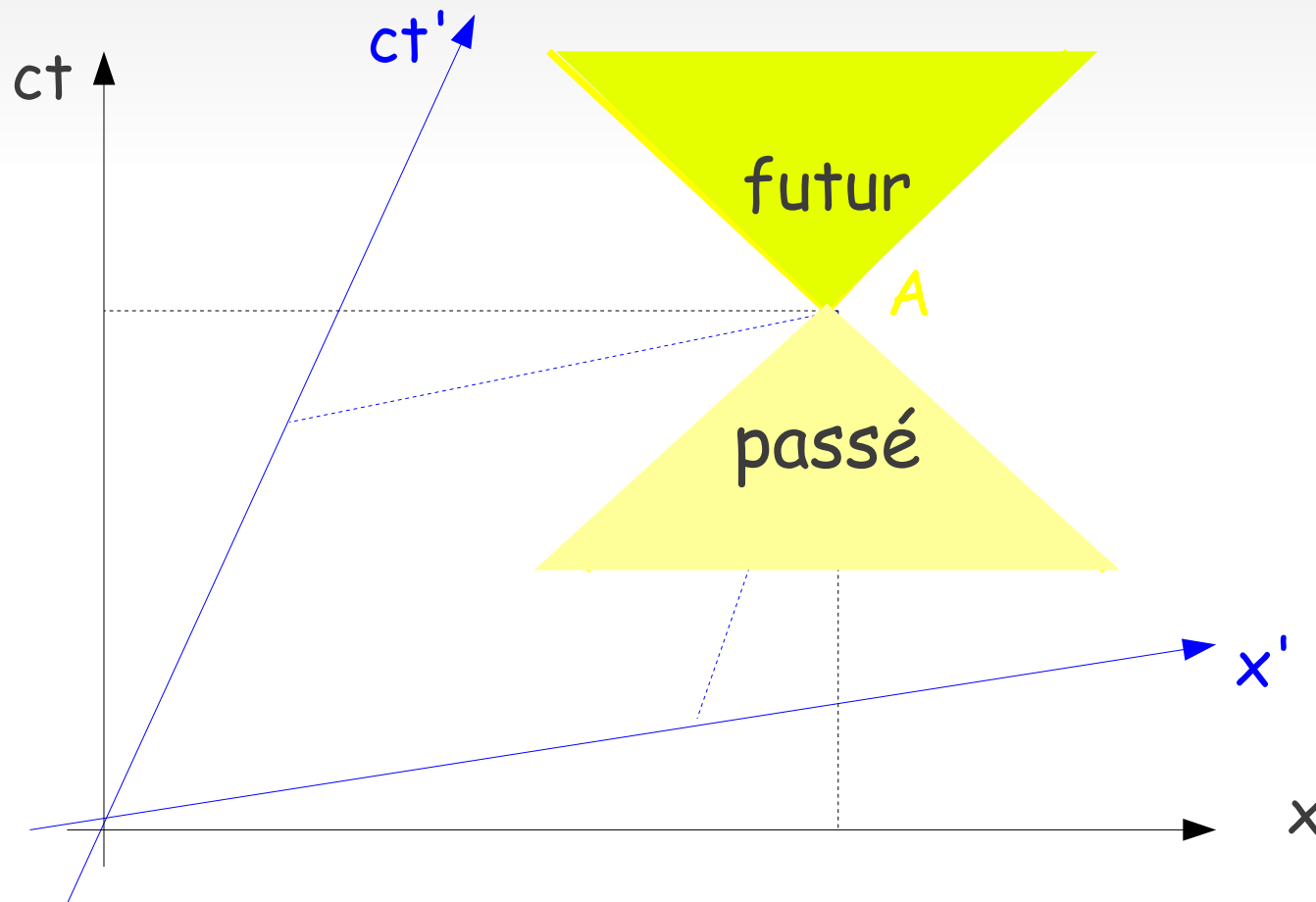
L'espace temps en relativité restreinte:



# Vers la relativité générale

## 1. La transformation de Lorentz en relativité restreinte

L'espace temps en relativité restreinte:



# Vers la relativité générale

## 2. Vers la relativité générale

L'expérience de pensée de l'ascenseur





# Vers la relativité générale

## 2. Vers la relativité générale

L'expérience de pensée de l'ascenseur



# Vers la relativité générale

## 2. Vers la relativité générale

L'expérience de pensée de l'ascenseur



Les deux expériences sont équivalentes

# Vers la relativité générale

## 2. Vers la relativité générale

L'expérience de pensée de l'ascenseur

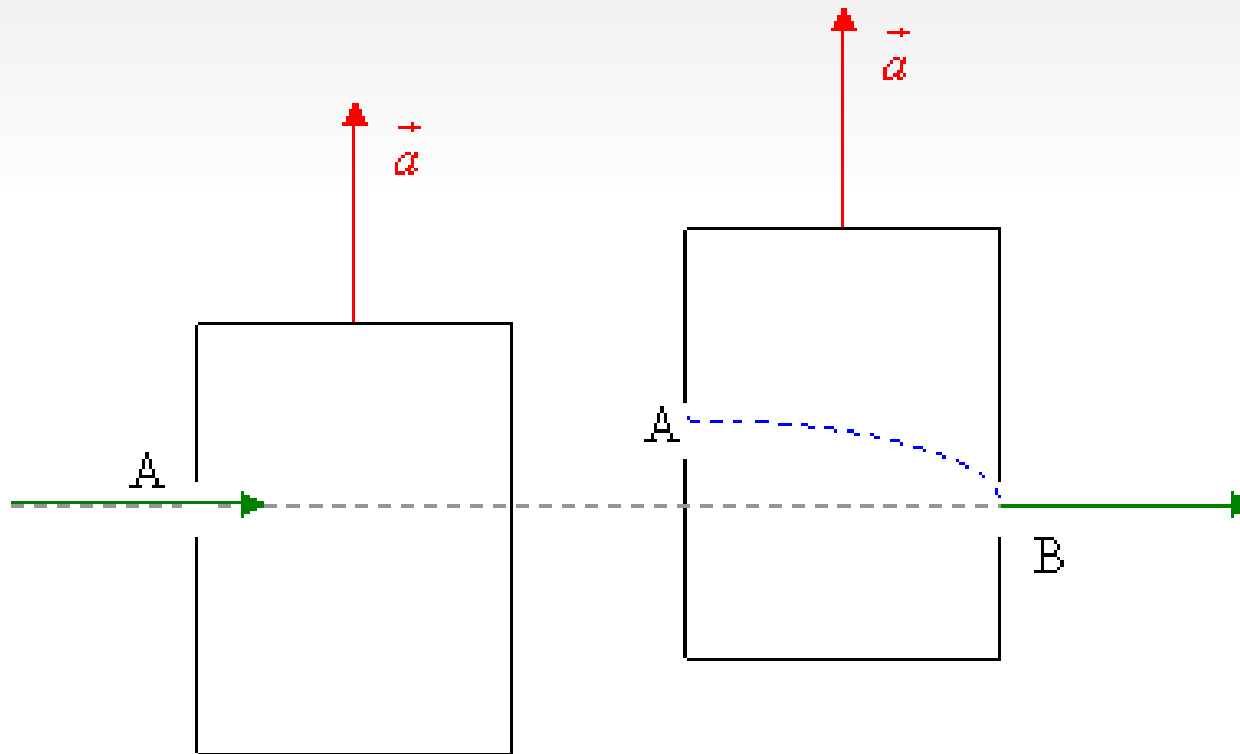


La force de gravité est identique à une accélération

# Vers la relativité générale

## 2. Vers la relativité générale

L'expérience de pensée de l'ascenseur (avec la lumière)

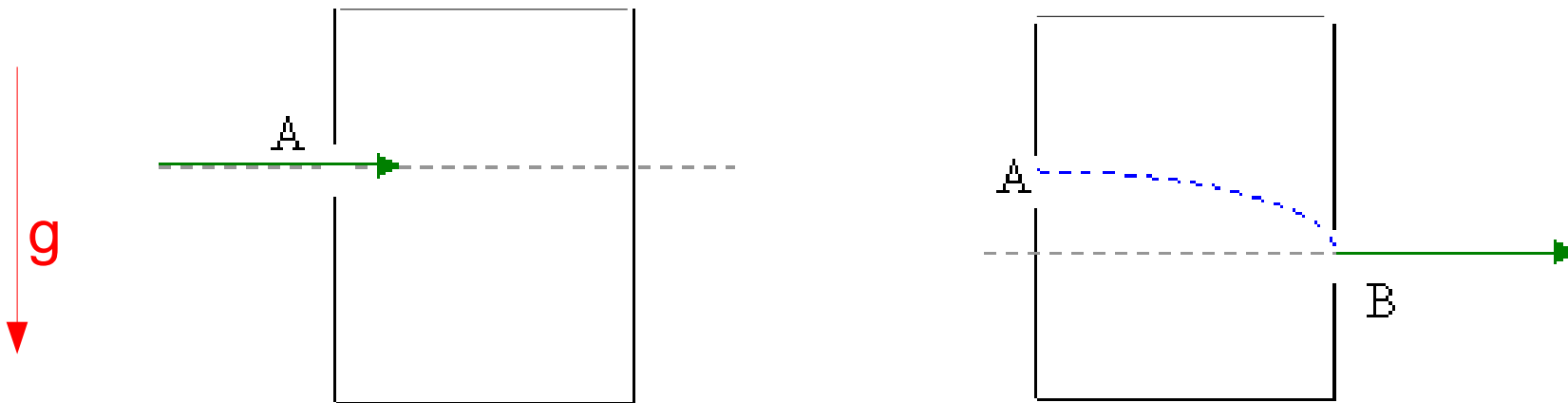


La lumière qui entre en A dans l'ascenseur en sort en B

# Vers la relativité générale

## 2. Vers la relativité générale

L'expérience de pensée de l'ascenseur (avec la lumière)



La lumière qui entre en A dans l'ascenseur en sort en B

# Vers la relativité générale

## 2. Vers la relativité générale

La force de gravitation:

$$\vec{f}_{\text{gravitationnelle de } 1 \rightarrow 2} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$$

$$G = 6,67259 \cdot 10^{-11} \text{SI}$$

Pour le photon sans masse            ?????????????????????????????????

# La relativité restreinte

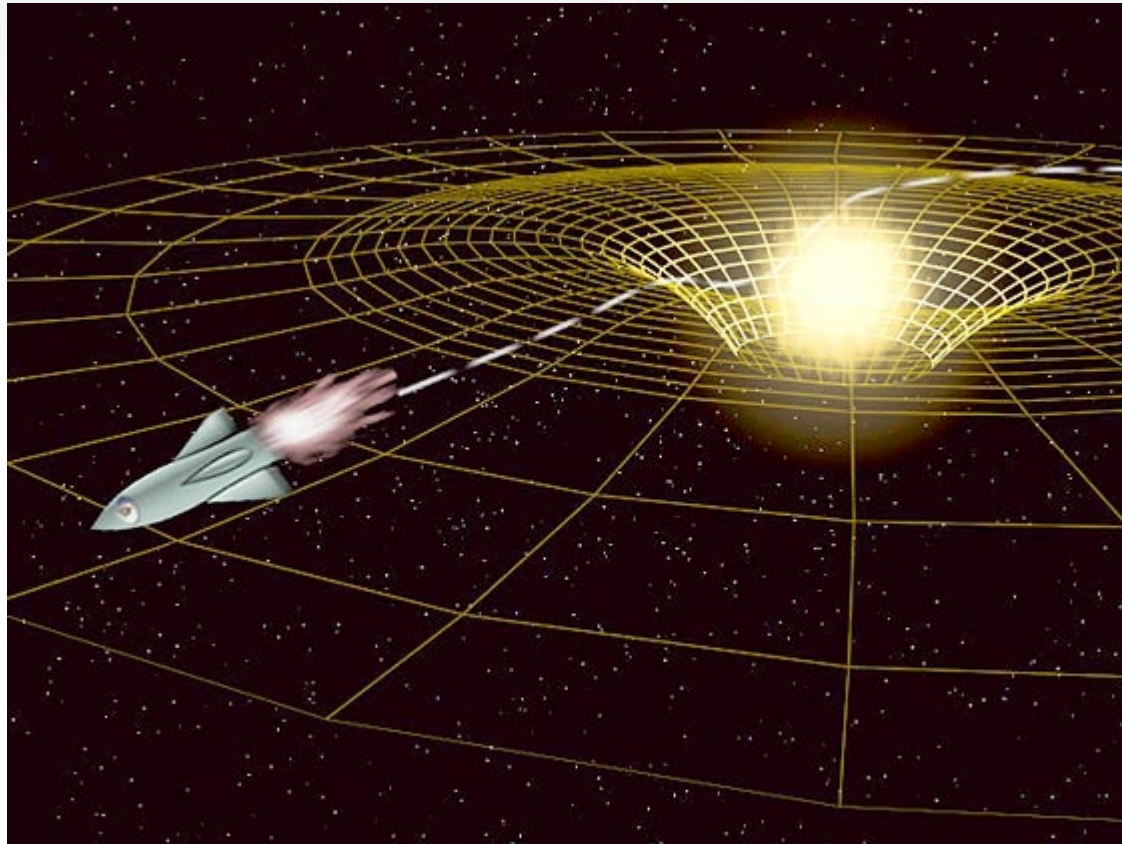
## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.



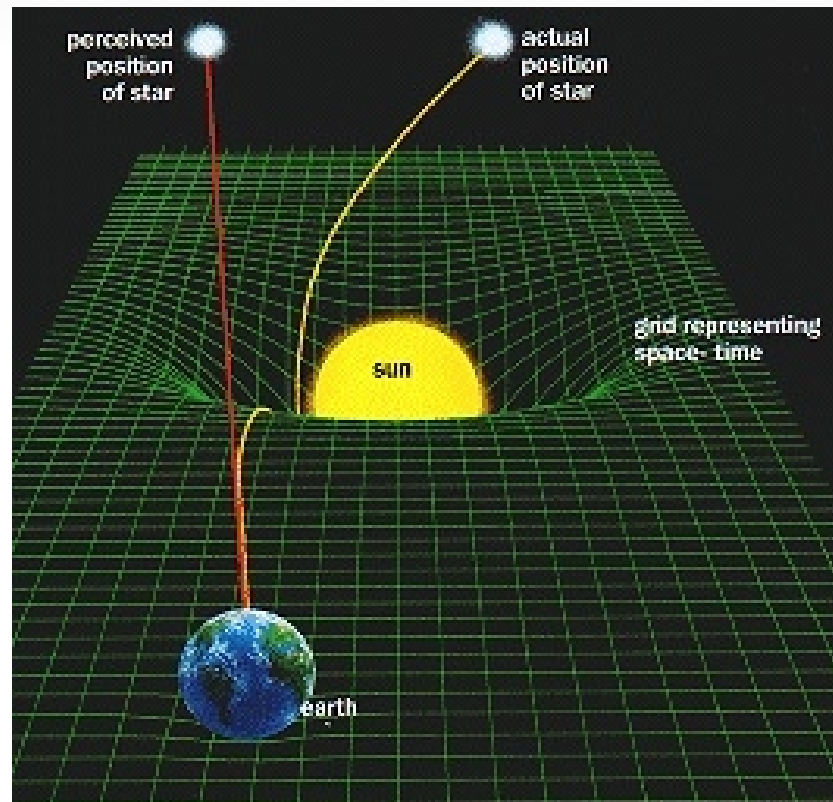


# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: La lentille gravitationnelle

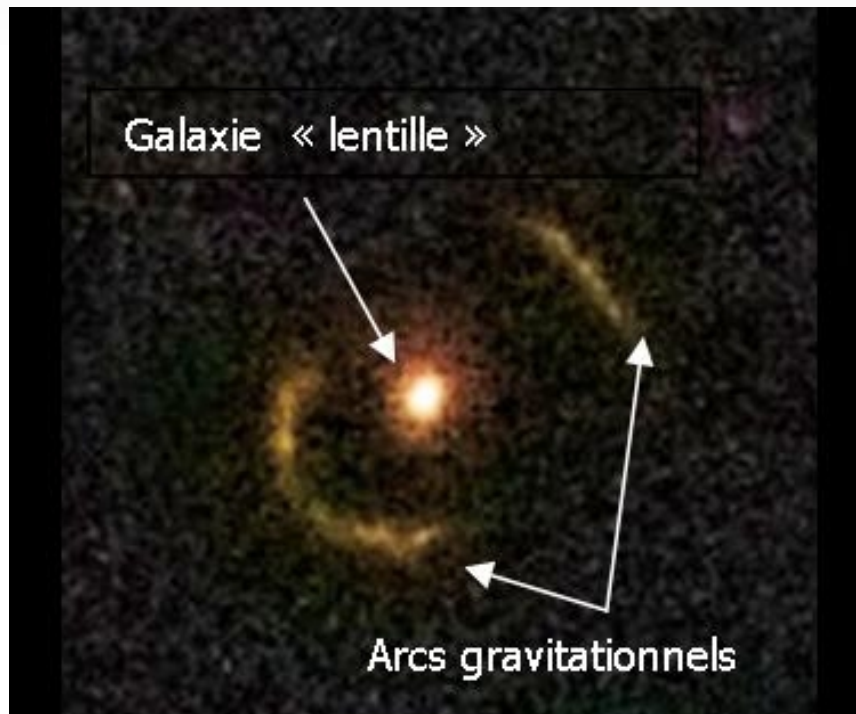


# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: La lentille gravitationnelle, Hubble

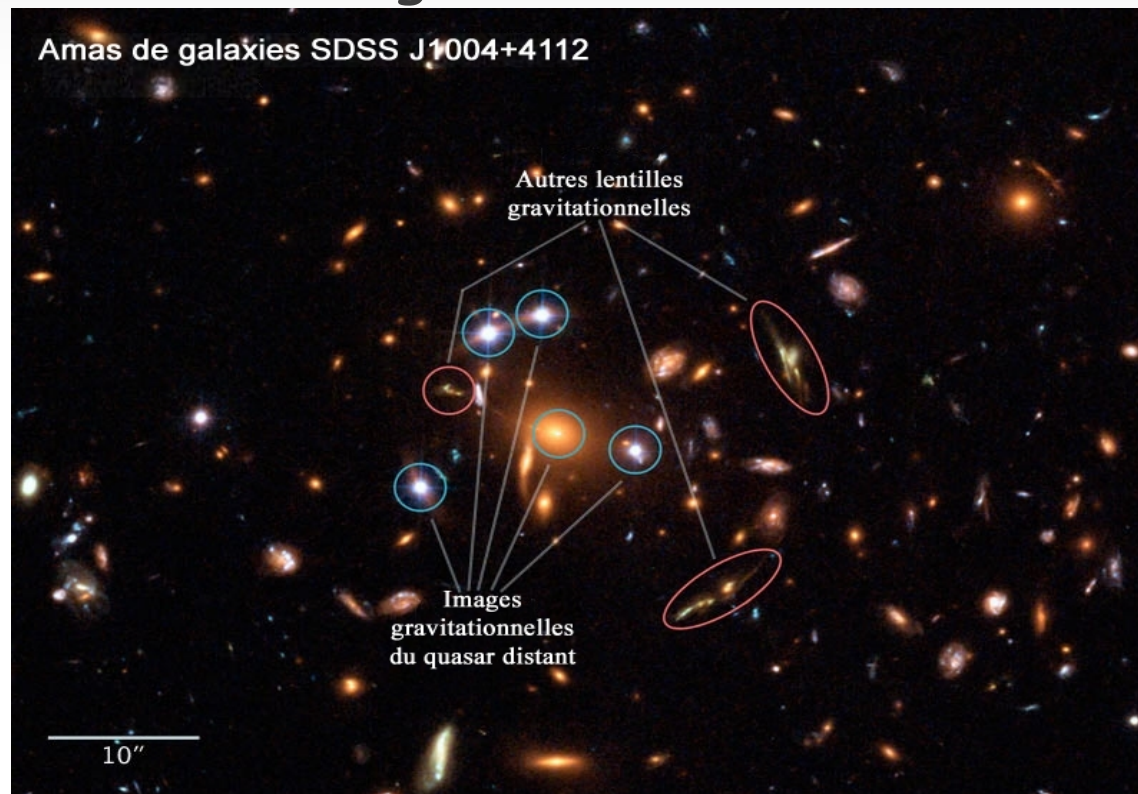


# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: La lentille gravitationnelle, Hubble

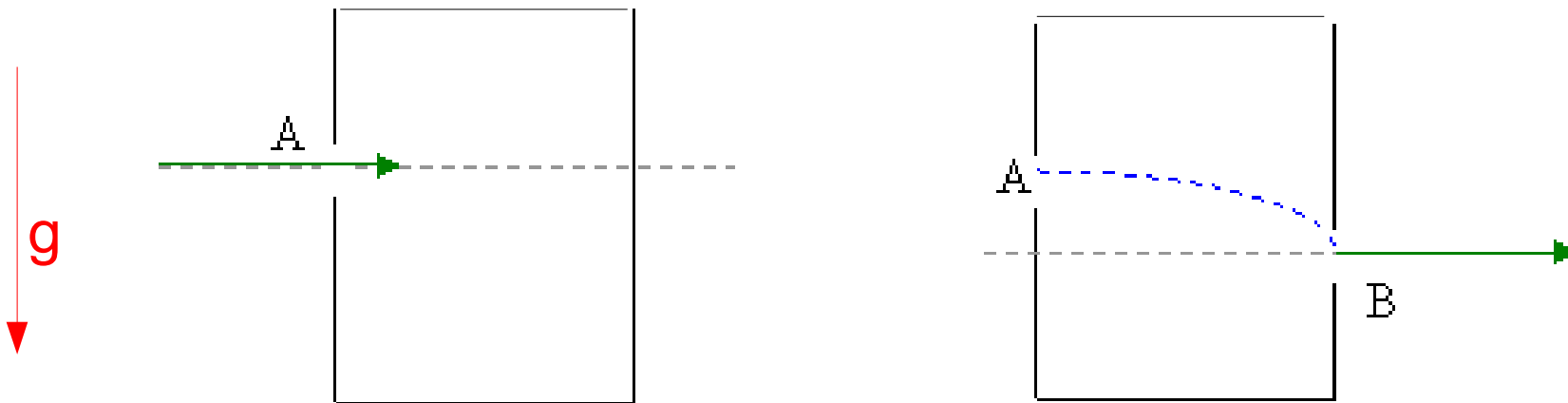


# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: La désynchronisation des horloges



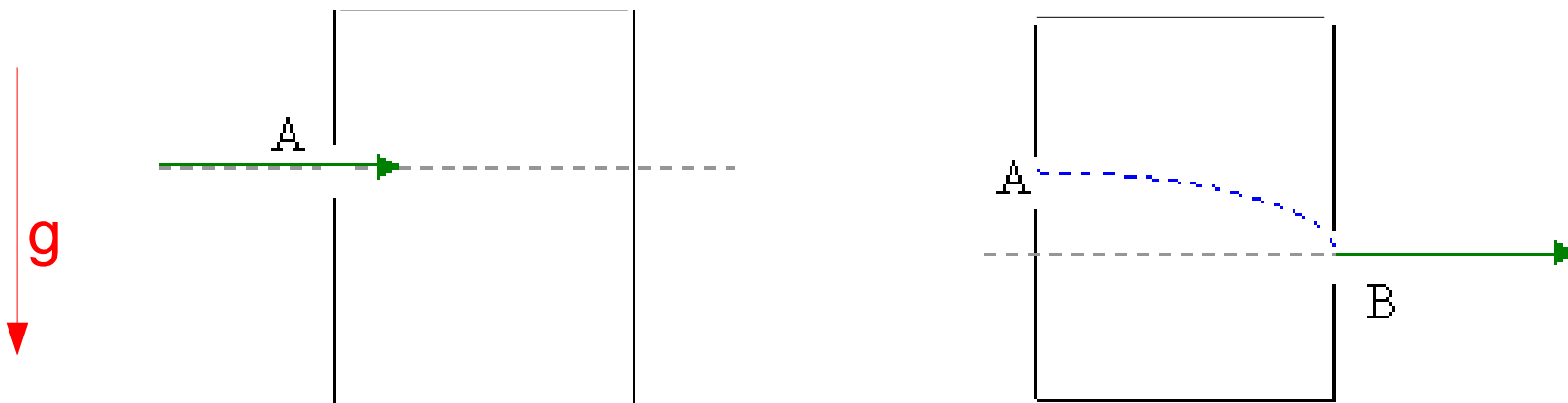
La position de B dépend de l'intensité du champ de gravitation

# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: La désynchronisation des horloges



Deux horloges soumis à des champs de gravitation différents se désynchronisent

# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: La désynchronisation des horloges



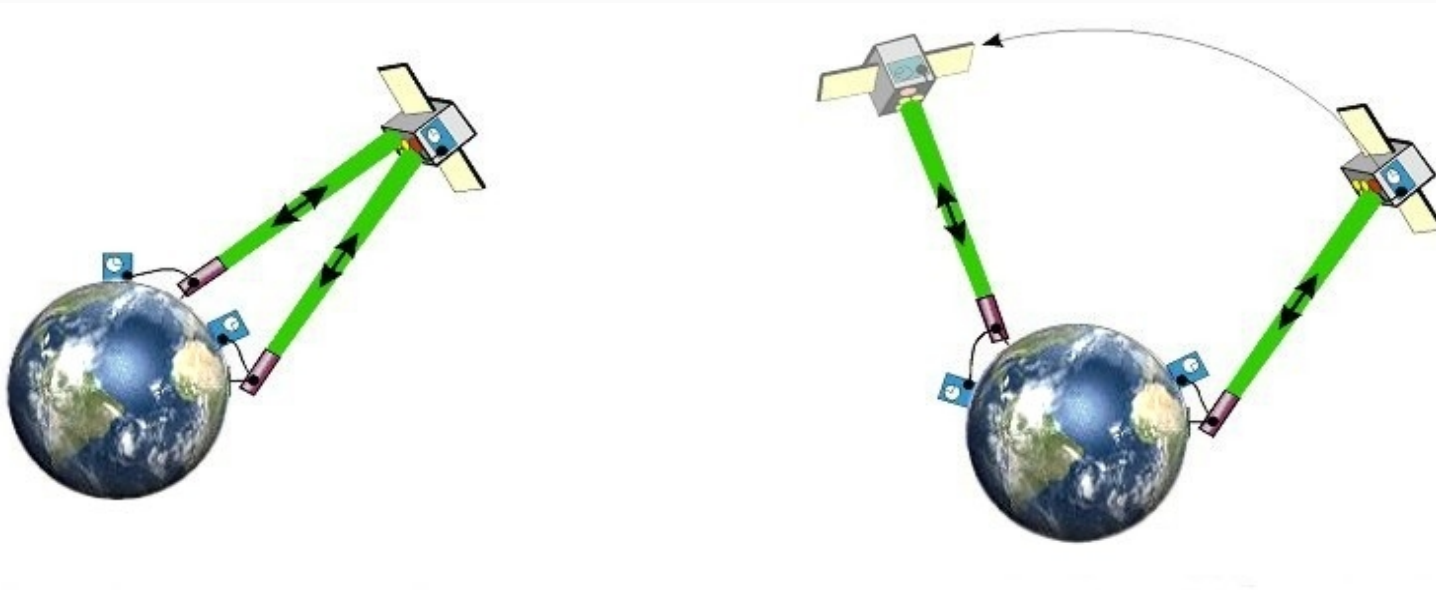
Deux horloges soumis à des champs de gravitation différents se désynchronisent

# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: La désynchronisation des horloges



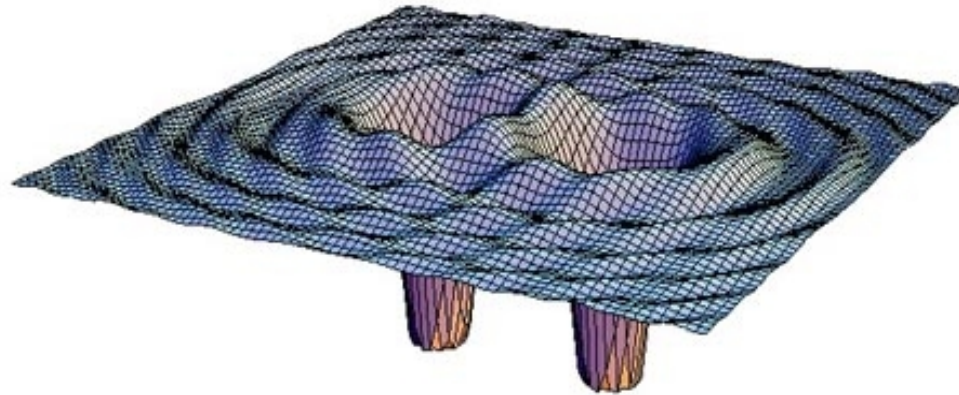
Deux horloges soumis à des champs de gravitation différents se désynchronisent

# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: Les ondes gravitationnelles





# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: Les ondes gravitationnelles



Virgo: déplacement de  $10^{-18}$  mètre pour un bras de 3km

# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

Conséquences: Les ondes gravitationnelles

video

Video (Anglais)

# La relativité restreinte

## 2. Vers la relativité générale

La matière courbe l'espace-temps 4-dimension.

