

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

E. Huguet

Université Paris Diderot-Paris 7,
APC-Astroparticule et Cosmologie (UMR-CNRS 7164).

30 janvier 2019

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Isaac Newton (1642-1727) : Introduction des notions mathématiques d'espace et de temps en Physique.**
 - **Espace à trois dimensions usuel. Contenant pour les phénomènes physiques.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Isaac Newton (1642-1727) : Introduction des notions mathématiques d'espace et de temps en Physique.**
 - **Espace à trois dimensions usuel. Contenant pour les phénomènes physiques.**
 - **Temps : identique dans tout l'espace, s'écoule uniformément. Math : espace a une dimension (droite).**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Espace physique, espace mathématique, vide.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Espace physique, espace mathématique, vide.**
- **Temps, durée, horloges.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Espace physique, espace mathématique, vide.**
- **Temps, durée, horloges.**
- **Evolution d'un phénomène physique.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Inertie et référentiels.**
 - **Particularité du mouvement de translation à vitesse constante (inertiel). Référentiels inertiels.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Inertie et référentiels.**
 - **Particularité du mouvement de translation à vitesse constante (inertiel). Référentiels inertiels.**
 - **Principe de relativité (Galileo Galilei (1564-1642), Newton)**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Inertie et référentiels.**
 - **Particularité du mouvement de translation à vitesse constante (inertiel). Référentiels inertiels.**
 - **Principe de relativité (Galileo Galilei (1564-1642), Newton)**
 - **Conséquence : même forme mathématique des lois physiques dans tous le référentiels inertiels.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Inertie et référentiels.**
 - **Particularité du mouvement de translation à vitesse constante (inertiel). Référentiels inertiels.**
 - **Principe de relativité (Galileo Galilei (1564-1642), Newton)**
 - **Conséquence : même forme mathématique des lois physiques dans tous le référentiels inertiels.**
 - **Description mathématique : transformations de Galilée. Longueurs (espace) et durées (temps) se transforment séparément.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **L'électromagnétisme et le principe de relativité.**
 - **James Clerck Maxwell (1831-1879) : équations de l'électromagnétisme.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **L'électromagnétisme et le principe de relativité.**
 - **James Clerck Maxwell (1831-1879) : équations de l'électromagnétisme.**
 - **Existence d'ondes électromagnétiques (OEM).**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **L'électromagnétisme et le principe de relativité.**
 - **James Clerck Maxwell (1831-1879) : équations de l'électromagnétisme.**
 - **Existence d'ondes électromagnétiques (OEM).**
 - **Propagation dans le vide ?**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **L'électromagnétisme et le principe de relativité.**
 - **James Clerck Maxwell (1831-1879) : équations de l'électromagnétisme.**
 - **Existence d'ondes électromagnétiques (OEM).**
 - **Propagation dans le vide ?**
 - **Pas d'additivité des vitesses pour la lumière (OEM) ?**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **L'électromagnétisme et le principe de relativité.**
 - **James Clerck Maxwell (1831-1879) : équations de l'électromagnétisme.**
 - **Existence d'ondes électromagnétiques (OEM).**
 - **Propagation dans le vide ?**
 - **Pas d'additivité des vitesses pour la lumière (OEM) ?**
 - **Violation du principe de relativité ?**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Albert Einstein (1879-1955) : La relativité restreinte.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Albert Einstein (1879-1955) : La relativité restreinte.**
 - **Interprétation d'Einstein : la vitesse de la lumière est indépendante du référentiel inertiel.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Albert Einstein (1879-1955) : La relativité restreinte.**
 - **Interprétation d'Einstein : la vitesse de la lumière est indépendante du référentiel inertiel.**
 - **Transformations de Hendrik Lorentz (1853-1928). Longueurs (espace) et durées (temps) se transforment conjointement.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Albert Einstein (1879-1955) : La relativité restreinte.**
 - **Interprétation d'Einstein : la vitesse de la lumière est indépendante du référentiel inertiel.**
 - **Transformations de Hendrik Lorentz (1853-1928). Longueurs (espace) et durées (temps) se transforment conjointement.**
 - **Dilatation des durées, contraction des longueurs.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

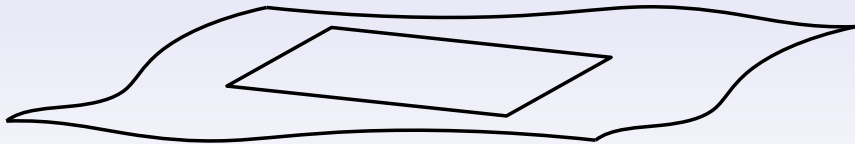
- **Albert Einstein (1879-1955) : La relativité restreinte.**
 - **Interprétation d'Einstein : la vitesse de la lumière est indépendante du référentiel inertiel.**
 - **Transformations de Hendrik Lorentz (1853-1928). Longueurs (espace) et durées (temps) se transforment conjointement.**
 - **Dilatation des durées, contraction des longueurs.**
 - **L'espace-temps de la Relativité restreinte : Espace de Hermann Minkowski (1864-1909). Espace à 4 dimensions, distance minkowskienne (spatio-temporelle).**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Albert Einstein (1879-1955) : La relativité restreinte.**
 - **Interprétation d'Einstein : la vitesse de la lumière est indépendante du référentiel inertiel.**
 - **Transformations de Hendrik Lorentz (1853-1928). Longueurs (espace) et durées (temps) se transforment conjointement.**
 - **Dilatation des durées, contraction des longueurs.**
 - **L'espace-temps de la Relativité restreinte : Espace de Hermann Minkowski (1864-1909). Espace à 4 dimensions, distance minkowskienne (spatio-temporelle).**
- **Réécriture des Lois de la physique.**

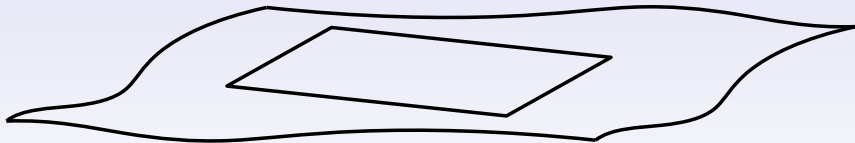
Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Gravité et relativité restreinte.**



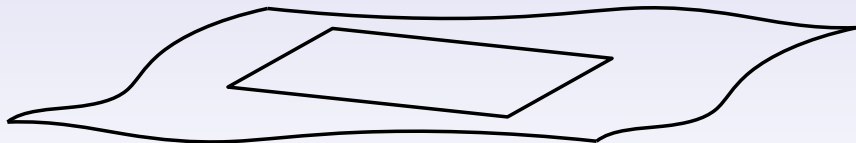
Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Gravité et relativité restreinte.**
- **Principe d'équivalence.**



Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Gravité et relativité restreinte.**
- **Principe d'équivalence.**
- **Interprétation d'Einstein, les espaces de Georg Riemann (1826-1866), la Relativité Générale.**



Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Les Equations d'Einstein : Espace-temps et gravitation.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Les Equations d'Einstein : Espace-temps et gravitation.**
- **La notion de champ.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Les Equations d'Einstein : Espace-temps et gravitation.**
- **La notion de champ.**
- **Forces fondamentales, champs de matière et champs de jauge.**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Les Equations d'Einstein : Espace-temps et gravitation.**
- **La notion de champ.**
- **Forces fondamentales, champs de matière et champs de jauge.**
- **Mécanique quantique, champs quantiques, gravitation quantique ?**

Qu'est-ce que l'espace-temps ?

- **Les Equations d'Einstein : Espace-temps et gravitation.**
- **La notion de champ.**
- **Forces fondamentales, champs de matière et champs de jauge.**
- **Mécanique quantique, champs quantiques, gravitation quantique ?**
- **Retour sur le vide.**

- **Qu'est-ce que l'espace-temps ?**