

L'Univers et le Big Bang

De l'apparition de l'espace du temps et de la lumière
à l'expansion de l'Univers.

Olivier Collet

Lorraine-Université - Bouxurulles

7 juin 2013

1

L'espace, le temps la lumière en physique classique.

- Relativité galiléenne
- Relativité restreinte
- Relativité générale

1 L'espace, le temps la lumière en physique classique.

- Relativité galiléenne
- Relativité restreinte
- Relativité générale

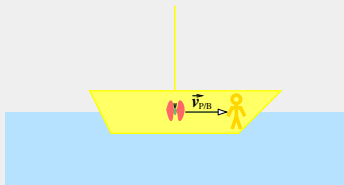
1 L'espace, le temps la lumière en physique classique.

- Relativité galiléenne
- Relativité restreinte
- Relativité générale

Relativité galiléenne.

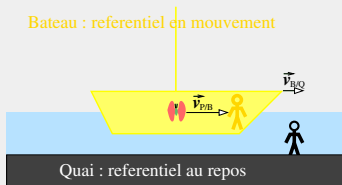
1/ Papillon vole dans le bateau

(vers la droite $v_{P/B} = 2$ m/s.)



2/ Bateau bouge par rapport au quai

(vers la droite $v_{B/Q} = 1$ m/s.)



Composition des vitesses

Quel est la vitesse du papillon par rapport au quai ?

$$v_{P/Q} = d_{P/Q}/t$$

Pour même phénomène, Obs_Q et Obs_B

- vivent mêmes durées
- mesurent mêmes longueurs

$$d_{P/Q} = d_{P/B} + d_{B/Q}$$

$$d_{P/B} = v_{P/B} \cdot t \quad \text{et} \quad d_{B/Q} = v_{B/Q} \cdot t$$

$$v_{P/Q} = \frac{v_{P/B} \cdot t}{t} + \frac{v_{B/Q} \cdot t}{t}$$

$$\Rightarrow v_{P/Q} = v_{P/B} + v_{B/Q}$$

Galilée :

La notion de mouvement absolu est vide de sens; "Le mouvement est comme rien !",
Aucune expérience de mécanique ne permet de savoir si un corps est en mouvement
ou en repos.

Seul le mouvement d'un corps par rapport à un autre possède un sens.
Il est de la nature même du mouvement de n'être que relatif.

Question : à quelle vitesse se déplace Rouge ?

Réponse : "ça dépend !"

Question : Rouge et Bleu chronomètrent le temps que mets la balle pour atteindre
Rouge.

Trouvent-t-ils la même durée ?

Réponse : Oui ! . . . apparemment . . .

Temps

"Le **temps absolu**, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur, coule uniformément, et s'appelle durée" : "durée de Dieu"

"Le **temps relatif**, apparent et vulgaire, est cette mesure sensible et externe d'une partie de durée quelconque prise du mouvement"

Matière

Substance composant tout corps
Elle occupe l'espace et à une masse.

Espace

"L'**espace absolu**, vrai et mathématique, sans relation aux choses externes, demeure toujours similaire et immobile" : "corps de Dieu"

"L'**espace relatif**, apparent et vulgaire est cette mesure de l'espace absolu."

Force

gravitation, électromagnétisme.
Energie (plus "moderne")

1 L'espace, le temps la lumière en physique classique.

- Relativité galiléenne
- Relativité restreinte
- Relativité générale

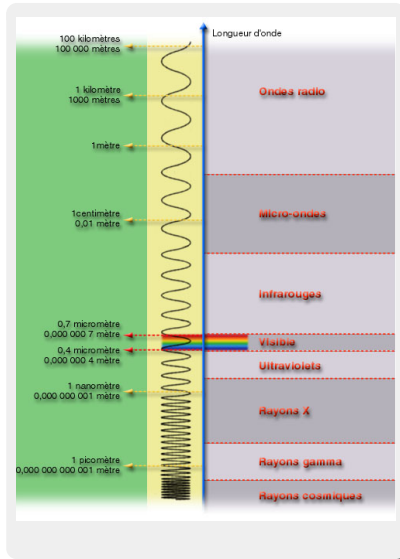
Pourquoi tant d'effort pour comprendre la "lumière"

- 1 La lumière (par extension e.m.) véhicule l'information du "quotidien".
- 2 La lumière (par extension e.m.) véhicule l'information dans l'Univers.
- 3 La vitesse de la lumière est une limite pour la propagation de l'information

Champs électro-magnétique

- transporte de l'énergie
- ont la même structure que celle des ondes lumineuses de Fresnel !!
- se propagent dans l'éther à la vitesse $v = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}..... = 310\,700\text{ km/s}$.
- Fizeau : vitesse de la lumière 314 000 km/s !!!
- La lumière serait-elle un phénomène électromagnétique ?

Ondes lumineuses.



Le champ électromagnétique.

MAIS....

Vitesse de l'onde....

dépend de deux constantes fondamentales caractérisant le vide (ϵ_0 et μ_0) !!!

ne dépend pas de la vitesse de l'émetteur

ne dépend pas de celle du récepteur !!!!!

.....

MAIS ALORS...

est-elle uniquement la vitesse de la lumière dans le vide c.à.d. dans l'Ether ?

Ce qui donne un sens à l'Ether !!!!!

Le champ électromagnétique.

MAIS....

Vitesse de l'onde....

dépend de deux constantes fondamentales caractérisant le vide (ϵ_0 et μ_0) !!!

ne dépend pas de la vitesse de l'émetteur

ne dépend pas de celle du récepteur !!!!!

.....

MAIS ALORS...

est-elle uniquement la vitesse de la lumière dans le vide c.à.d. dans l'Ether ?

Ce qui donne un sens à l'Ether !!!!!

MAIS....

Vitesse de l'onde....

dépend de deux constantes fondamentales caractérisant le vide (ϵ_0 et μ_0) !!!

ne dépend pas de la vitesse de l'émetteur

ne dépend pas de celle du récepteur !!!!!

.....

MAIS ALORS...

est-elle uniquement la vitesse de la lumière dans le vide c.à.d. dans l'Ether ?

Ce qui donne un sens à l'Ether !!!!!

MAIS....

Vitesse de l'onde....

dépend de deux constantes fondamentales caractérisant le vide (ϵ_0 et μ_0) !!!

ne dépend pas de la vitesse de l'émetteur

ne dépend pas de celle du récepteur !!!!!

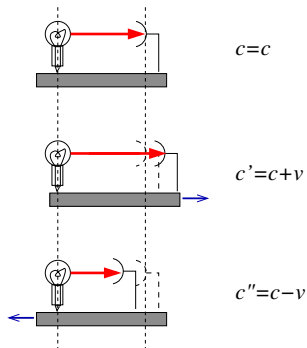
.....

MAIS ALORS...

est-elle uniquement la vitesse de la lumière dans le vide c.à.d. dans l'Ether ?

Ce qui donne un sens à l'Ether !!!!!

Expérience de Michelson et Morley.



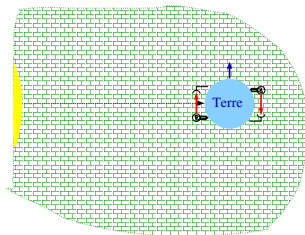
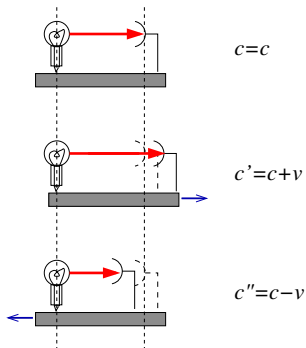
$$c_{\text{jour}} = c + v_{\text{Terre/Ether}}$$

$$c_{\text{nuit}} = c - v_{\text{Terre/Ether}}$$

Résultat de mesure :

$$c_{\text{jour}} = c_{\text{nuit}} = c !!!$$

Expérience de Michelson et Morley.



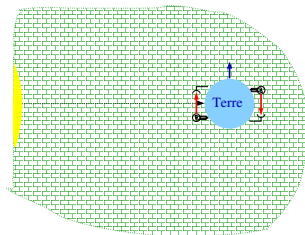
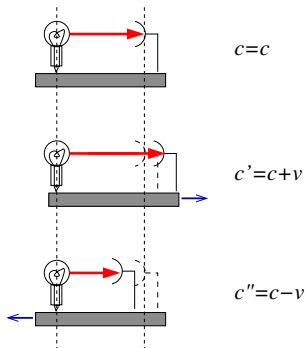
$$c_{\text{jour}} = c + v_{\text{Terre/Ether}}$$

$$c_{\text{nuit}} = c - v_{\text{Terre/Ether}}$$

Résultat de mesure :

$$c_{\text{jour}} = c_{\text{nuit}} = c !!!$$

Expérience de Michelson et Morley.



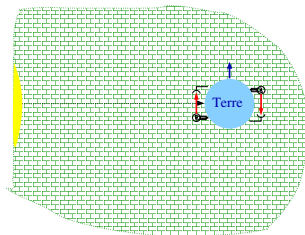
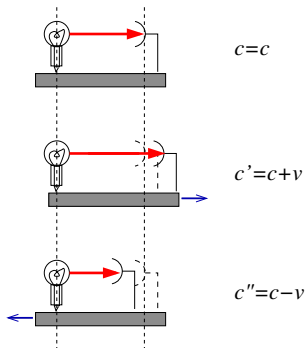
$$c_{\text{jour}} = c + v_{\text{Terre/Ether}}$$

$$c_{\text{nuit}} = c - v_{\text{Terre/Ether}}$$

Résultat de mesure :

$$c_{\text{jour}} = c_{\text{nuit}} = c !!!$$

Expérience de Michelson et Morley.



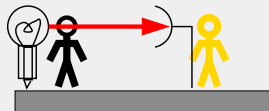
$$c_{\text{jour}} = c + v_{\text{Terre/Ether}}$$

$$c_{\text{nuit}} = c - v_{\text{Terre/Ether}}$$

Résultat de mesure :

$$c_{\text{jour}} = c_{\text{nuit}} = c !!!$$

Relativité galiléenne

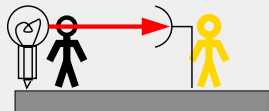


Mr Yellow immobile
par rapport à Mr Black

$c = 300\,000\text{ km/s}$

$c = 300\,000\text{ km/s}$

Relativité galiléenne



Mr Yellow immobile
par rapport à Mr Black

$c = 300\,000\text{ km/s}$

$c = 300\,000\text{ km/s}$

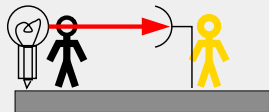


Mr Yellow s'éloigne à une vitesse
de $150\,000\text{ km/s}$ de Mr Black.

$c = 300\,000\text{ km/s}$

$c = 300\,000\text{ km/s}$

Relativité galiléenne



Mr Yellow immobile
par rapport à Mr Black

$c = 300\,000 \text{ km/s}$

$c = 300\,000 \text{ km/s}$

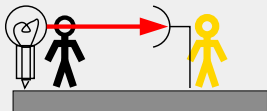


Mr Yellow s'éloigne à une vitesse
de $150\,000 \text{ km/s}$ de Mr Black.

$c = 300\,000 \text{ km/s}$

$c = 300\,000 \text{ km/s}$

Relativité galiléenne



Mr Yellow immobile
par rapport à Mr Black

$c = 300\,000\text{ km/s}$

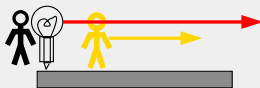
$c = 300\,000\text{ km/s}$



Mr Yellow s'éloigne à une vitesse
de $150\,000\text{ km/s}$ de Mr Black.

$c = 300\,000\text{ km/s}$

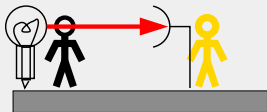
$c = 300\,000\text{ km/s}$



Mr Yellow cours après la lumière à une vitesse de $150\,000\text{ km/s}$

Elle s'éloigne de lui à une vitesse de..... $c = 300\,000\text{ km/s}$

Relativité galiléenne



Mr Yellow immobile
par rapport à Mr Black

$c = 300\,000\text{ km/s}$

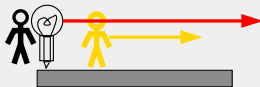
$c = 300\,000\text{ km/s}$



Mr Yellow s'éloigne à une vitesse
de $150\,000\text{ km/s}$ de Mr Black.

$c = 300\,000\text{ km/s}$

$c = 300\,000\text{ km/s}$



Mr Yellow cours après la lumière à une vitesse de $150\,000\text{ km/s}$

Elle s'éloigne de lui à une vitesse de..... $c = 300\,000\text{ km/s}$

juin 1905 : Einstein énonce le principe de relativité restreinte :

- "Toute expérience faite dans un référentiel inertiel se déroulerait de manière parfaitement identique dans tout autre référentiel inertiel"
- La vitesse de la lumière indépendante du référentiel !!

juin 1905 : Einstein rejète l'hypothèse de temps et espace absolu.

- Hypothèse $t_Q = t_B$ est fausse !!!!!
- Hypothèse $d_Q = d_B$ est fausse !!!!!

• $\left(\Rightarrow t_B = \frac{t_Q - \frac{v}{c^2} d_Q}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \text{et} \quad d_B = \frac{d_Q - vt_Q}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \text{ avec } v = v_{B/Q} \right)$

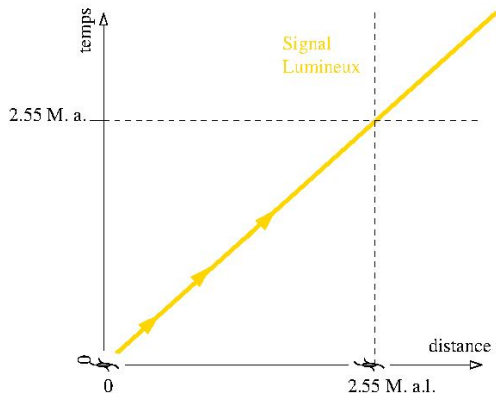
juin 1905 : Einstein énonce le principe de relativité restreinte :

- "Toute expérience faite dans un référentiel inertiel se déroulerait de manière parfaitement identique dans tout autre référentiel inertiel"
- La vitesse de la lumière indépendante du référentiel !!

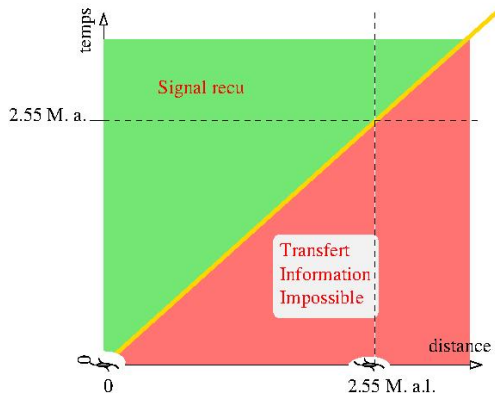
juin 1905 : Einstein rejète l'hypothèse de temps et espace absolu.

- Hypothèse $t_Q = t_B$ est fausse !!!!!
- Hypothèse $d_Q = d_B$ est fausse !!!!!
- $\left(\Rightarrow t_B = \frac{t_Q - \frac{v}{c^2} d_Q}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \text{et} \quad d_B = \frac{d_Q - vt_Q}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \text{ avec } v = v_{B/Q} \right)$

Relativité restreinte. 2



Relativité restreinte



Sept 1905 : Energie-Matière

Pour Newton : masse = quantité de matière (substance éternelle).

Pour Einstein : masse = quantité d'énergie

$$E = mc^2$$

Masse-Energie : équivalent

$\text{Li}^7 + \text{p}^+ \rightarrow \text{He} + \text{He} + \text{photon}, \dots\dots$ 1932 : Crockcroft et Walton

Défaut de masse : $\Delta m = 2m_{\text{He}} - m_{\text{Li}^7} - m_{\text{p}}$

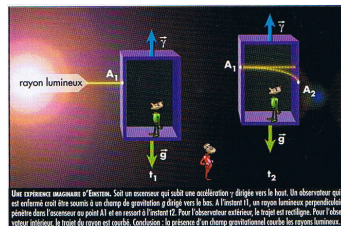
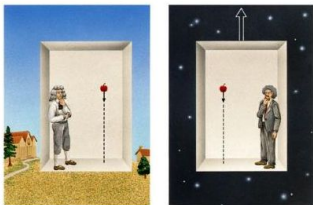
Masse transformée en énergie : $\Delta m \cdot c^2 = E_{\text{photon}}$

$\gamma \rightarrow e^+ + e^-$

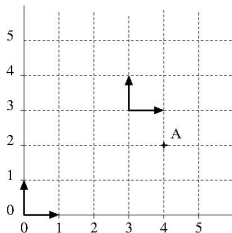
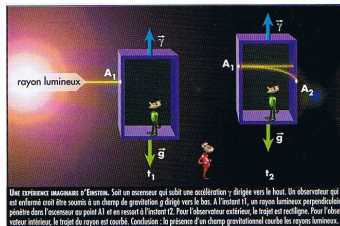
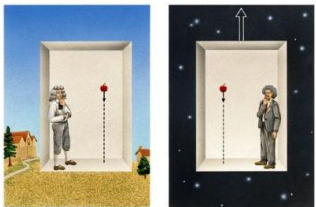
Energie transformée en masse : $E_{\gamma} = (m_{e^+} + m_{e^-}) \cdot c^2$

- 1 **L'espace, le temps la lumière en physique classique.**
 - Relativité galiléenne
 - Relativité restreinte
 - Relativité générale

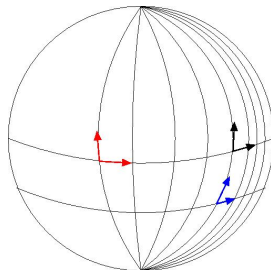
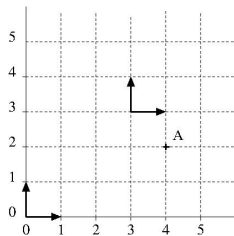
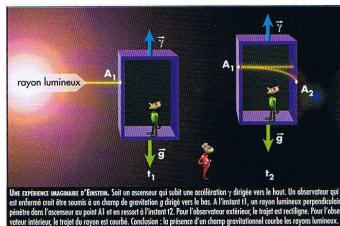
Relativité générale.



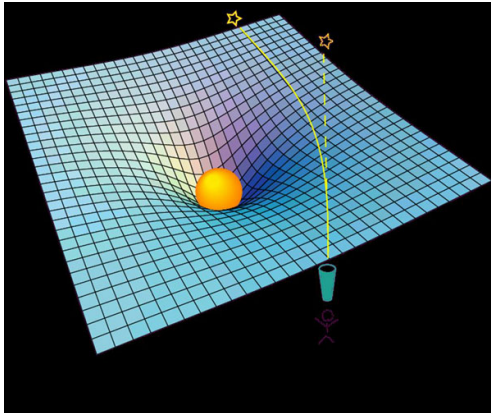
Relativité générale.



courbure nulle



20 / 21



La métrique est donnée par les masses.