

Pour un renouvellement radical de l'enseignement de la relativité

Motto : cartographions l'espace-temps de manière absolue*

Promotion du diagramme de Minkowski en carte de l'espace-temps...et le physicien est le responsable du cadastre

vocabulaire : "invariant par transformation de Lorentz" -> "absolu de la carte"

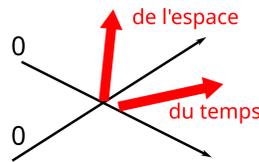
c = 1, invariant intervalle

Invariant de groupe de transformations (Poincaré) → limité aux référentiels galiléens
 Grandeur géométrique (Minkowski) → on garde c = 1 de Poincaré

On oublie le mètre unité légale
 On passe en unités naturelles ns et lft = 29.9792458 cm, pied-lumière, pied-léger



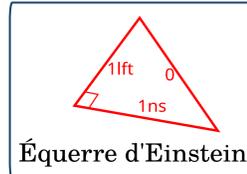
1 ns/lft = 1 km/h à 8% près



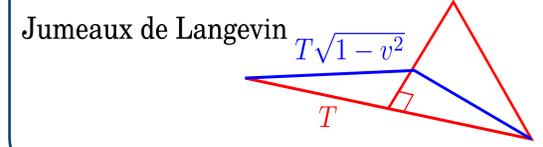
Géométrie pseudo-euclidienne

→ Pythagore avec le signe moins $T' = \sqrt{T^2 - L^2}$ si $T > L$
 $L' = \sqrt{L^2 - T^2}$ si $L > T$

→ On peut tracer la carte (t, z) sur une feuille
 → On garde l'aspect affine, la notion de surface
 → On doit oublier les rotations euclidiennes
 → oublier la notion d'angle



Équerre d'Einstein



Jumeaux de Langevin $T\sqrt{1-v^2}$

Base isotrope (vecteurs nuls)

$$\mathbf{u} \wedge \mathbf{v} = k \mathbf{u} \wedge \frac{1}{k} \mathbf{v} = 1 \text{ surface unité}$$

$$\mathbf{t} = (\mathbf{u} + \mathbf{v})/\sqrt{2} \text{ facteur } k = \text{transformation de Lorentz}$$

$$\mathbf{z} = (-\mathbf{u} + \mathbf{v})/\sqrt{2}$$

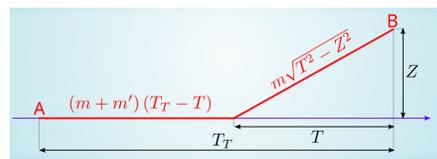
Mécanique

Absolu action : $S = mT$ (trajectoire) on change de signe par rapport à Maupertuis

→ Collision classique ou relativiste

→ $E = mc^2$ dans un ressort

$$m' = \frac{1}{2} k \zeta^2$$



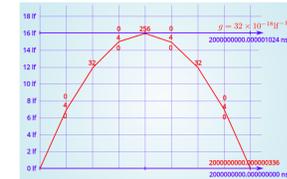
A et B fixes, trouver T

Énergie et quantité de mouvement : $\mathcal{E} = \frac{\partial S}{\partial t}$ $p_x = -\frac{\partial S}{\partial x}, \dots$

Gravitation

Chute des corps en relativité générale accessible dès le lycée !

Concept clé $\frac{T(z+\Delta z)}{T(z)} = 1 + g\Delta z$ 1 cm, 10^{-18} en laboratoire



ne pas faire les calculs en flottants 64 bits !

→ Analyse de l'expérience :
 La courbe parabolique est la plus longue
 → Loi de l'action extrême :
 La durée de la trajectoire du corps libre est la plus longue

Électromagnétisme

densité de flux magnétique : B_x sur un plan $y \wedge z$
 vocabulaire clé → E_x sur un plan $x \wedge t$
 densité de flux électrique : D_x sur un plan $y \wedge z$
 vocabulaire clé → H_x sur un plan $t \wedge x$

Surfaces orientées arbitraires (espace-espace, temps-espace, nulle-espace)
 flux magnétique et électrique Φ_m, Φ_e quantités algébriques absolues

Équations de Maxwell : ("vérifiables" par un enfant de 10 ans)

$$\Phi_m(\text{surface close}) = 0$$

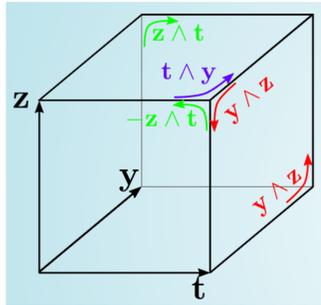
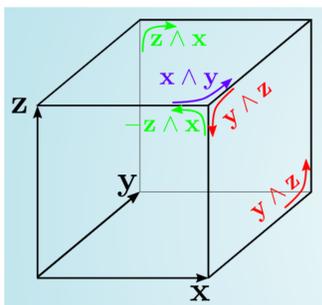
$$\Phi_e(\text{surface close}) = \text{nombre de charges dans volume enclos}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} + \partial_t \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

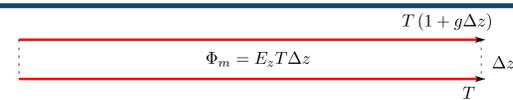
$$\nabla \times \mathbf{H} - \partial_t \mathbf{D} = \mathbf{j}$$



Interaction champ-particule :

$$mT_2 - mT_1 + q\Phi_m = \mathcal{O}(\dots)$$

Particule chargée dans un champ de pesanteur

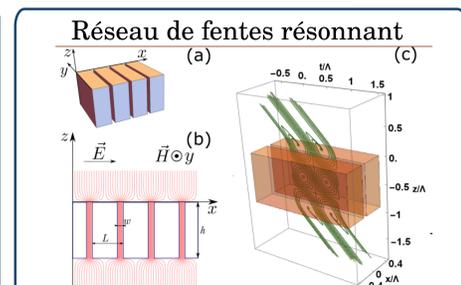
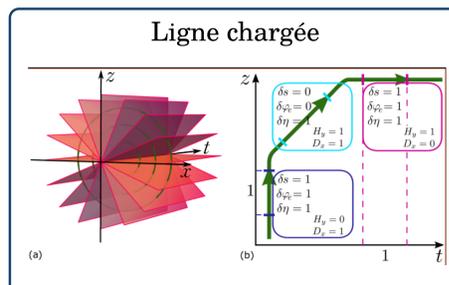


$$mT(1 + g\Delta z) - mT - qE_z T \Delta z = 0 \Rightarrow mg = qE_z$$

vision "unitaire" de l'électromagnétisme et de la gravitation

Topologie électromagnétique absolue

$\tau_S = H_y t - D_z x + D_x z$ spaghettis électriques
 Absolus, transcendent la distinction entre temps et espace



Dans un référentiel : $H_y = \frac{ds_t}{d\eta}, D_z = -\frac{ds_x}{d\eta}, D_x = \frac{ds_z}{d\eta}$

*note : la carte unique et commune à tous n'impose pas le concept d'univers bloc
 → je ne peux pas extrapoler partout, notamment pas dans l'avenir avec certitude
 → intrication quantique : le passé "n'existe pas" avant une mesure dans son futur relatif