Relativités ...

Quand un physicien amateur s'aventure à rédiger un article sur la relativité il est aussitôt soupçonné de vouloir contester la théorie existante , c.a.d de vouloir être plus malin qu'Einstein !

Si l'on est par hasard un vieux polytechnicien , on aggrave singulièrement son cas !

Alors soyons clairs :

1/Aucun élement que nous allons utiliser ne contrevient aux principes de la relativité.

2/Il s'agit simplement d'amener des élements qui sont de nature à améliorer la compréhension de théorie et de ses applications.

Nous allons essayer de n'utiliser que le stricte minimum de math necessaire en renvoyant à :

– La dilatation du temps ... une autre explication

– Time dilation in Special Relativity

– Time dilatation easy with Geometric Algebra

sur mon site.

Il faut bien sûr d'abord se rappeler que l'espace de Minkowski est pseudo-euclidien , ce qui entraine entre autres :

– la variabilité apparente de taille des vecteurs unité ;

– le fait que les tous les repères utilisés sont , par choix , orthonormaux ; et que le fait d'en avoir particularisé l'un entre d'eux soit arbitraire ;

– le fait , plus difficile à assimiler , que l'on reste à une « distance » infinie des deux droites isotropes.

Considérons alors la figure n°1 qui représente par exemple un astronaute voyageant entre la Terre et un astre lointain , ou encore (en inversant le sens du temps) un muon rejoignant la Terre.

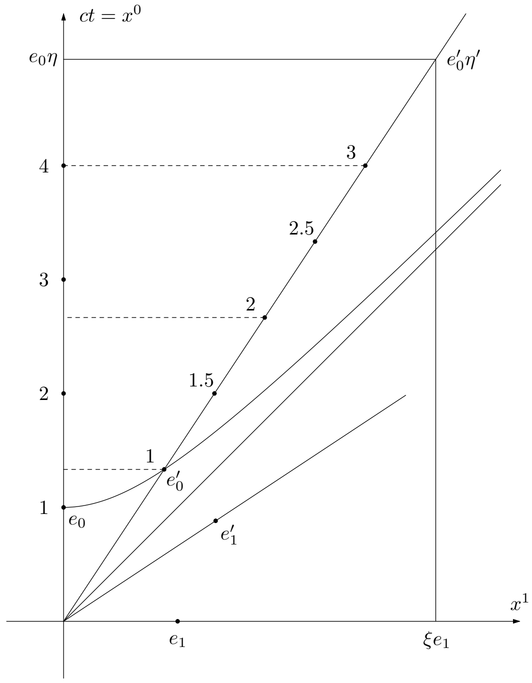


Figure 1.

Ecrivons les équations vectorielles et scalaires évidentes :

1/ $$e_0 . e_0' = \gamma \left[=(1-v^2)^{-1/2} \right]$$

2/ $$\eta' = \gamma^{-1}\eta$$

3/ $$e_0'\, \eta' = (e_0'\, \gamma^{-1})\eta = e_0'\, (\gamma^{-1}\eta)$$

La première , puisque les enseignants « oublient » les vecteurs , est en général absente des livres.

La seconde est le résultat de la transformation scalaire de Lorentz. Je suppose que personne ne va contester cela ... .

La dernière hérisse les poils de mes interlocuteurs de Wikipedia , sans doute parce qu'elle est trop démonstrative. En effet elle montre clairement il y a deux façons d'exposer les résultats :

– on peut , c'est la façon traditionnelle , faire « comme si » l'horloge du voyageur retardait , c.a.d ralentissait , $(e_0'\, \gamma^{-1})$, ce qui explique le résultat $\eta' < \eta$;

– mais on peut aussi constater que l'horloge e_0' du voyageur bat au même rythme que l'horloge statique e_0 , car ..... ${e_0'}^2 = e_0^2 = 1$. Quelle belle découverte ... !

Mais c'est là où précisément le bât blesse. En effet on ne dit jamais (dans les livres) , ou presque jamais (je ne connais qu'un exemple[1] [2]...) qu'une montre transportée à vitesse uniforme garde le même rythme ! Et pourtant cela fait partie des principes[3] de base de la relativité !

Regardons maintenant la figure n°2.

Nous considérons le déplacement de l'astronaute entre (0 , t") , mesuré par rapport à deux repères différents (e_0, e_1) et (e_0', e_1') . On peut donc écrire , sans nouveau calcul , simplement en substituant les deux repères (puisque ils sont tous les deux orthonormés):

4/ $t'' = \gamma^{-1} t \qquad \gamma = (1-v^2)^{-1/2} \qquad v = \mathrm{th}(\alpha')\ (=\xi/\eta) \qquad \gamma = \mathrm{ch}(\alpha')$

5/ $t'' = {\gamma'}^{-1} t' \qquad \gamma' = \left(1-{v'}^2\right)^{-1/2} \qquad v' = \mathrm{th}(\alpha'') \qquad \gamma' = \mathrm{ch}(\alpha'')$

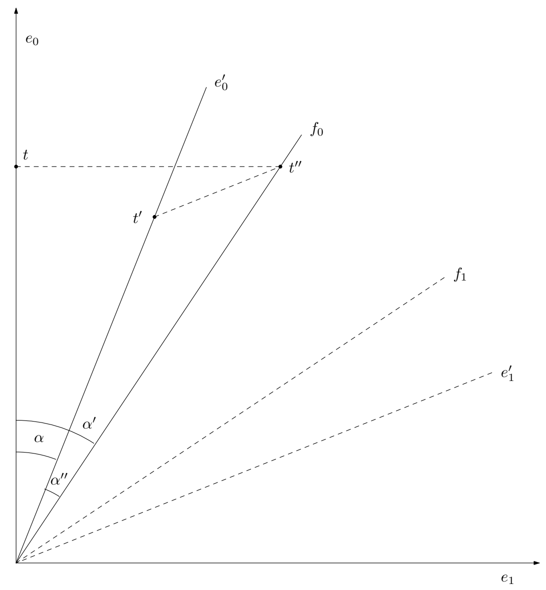
Ceci montre à l'évidence que la durée t'' du trajet est indépendante du repère de référence. *Il s'agit donc d'une propriété intrinsèque de l'espace-temps et non simplement d'un choix d'interprétation !* Une fois choisi un repère de référence , c'est *l'angle* que fait *l'horloge vectorielle* f_0 avec e_0 , qui est déterminant pour la durée t'' du parcours :

6/ $f_0 . e_0 = \gamma \qquad t'' = \gamma^{-1} t = t/\mathrm{ch}(\alpha')$

1. http://www.fermedesetoiles.com/documents/support/le-paradoxe-des-jumeaux.pdf

2. A vrai dire j'en ai trouvé un autre à la page 14 du cours de relativité génerale de M.Bernard Linet. Il dit « ainsi l'horloge ne devrait pas être affectée par son accélération tout au moins à la précision actuelle des horloges ». Alors comment aurait-il pu croire qu'une horloge soit sensible à un déplacement à vitesse uniforme !!

3. « Il existe une classe de référentiels privilégiés , en translation uniforme les par rapport aux autres , dans lesquels toutes les lois de la physique prennent la même forme. »



$t'' = \gamma'^{-1} t = \gamma''^{-1} t'$

Figure 2.

Exemples pratiques.

1. Dans l'interprétation classique on rencontre très souvent l'objection de non symétrie du déplacement : l'horloge de la fusée est vue au ralenti , alors que les voyageurs voient l'horloge fixe ralentie ?! Réponse : cette observation est vraie , mais n'a pas de signification paradoxale ; les observateurs et voyageurs ont tous leurs montres (suisse ....) , fixes ou mobiles , qui marchent au même rythme , qui peuvent donc être synchronisées[4]. On peut noter d'ailleurs que la relation $e_0 . e'_0 = \gamma$ est parfaitement symétrique et que les repères orthogonaux (e_0) et (e'_0) sont parfaitement interchangeables. Ce fait est en accord avec la propriété d'invariance des montres que l'on déplace à vitesse constante. On peut même dire *qu'il ne saurait en être autrement* !

2. Les jeux intellectuels auxquels on se livre à-propos du soi-disant paradoxe des jumeaux ont peut-être leur intérêt propre , mais n'apportent rien à la solution[5]. Si l'astronaute fait demi-tour et repart avec la même vitesse il arrivera[6] en ayant vieilli de $2t'$ alors que frère aura vieilli de $2t$. Les deux constateront leurs montres battent toujours au même rythme. La différence d'âge est une conséquence de la métrique particulière de l'espace-temps – le *trading* temps - espace.

G.Ringeisen

juin 2017 révisé decembre 2017

Observations complémentaires.

Lorsque on regarde la figure n°1 et que l'on imagine un voyage spatial entre l'origine et le point $(e'_0 \, \eta')$, on voit nettement apparaître le *trading* temps - espace. Et une fois acquise la métrique de l'espace-temps on n'est pas du tout étonné de la relation $\eta' = \gamma^{-1} \eta$, qui découle des formules de Lorentz. Encore faut-il remarquer que si le temps η' résulte d'une mesure sur d'horloge du vaisseau spatial , en revanche le temps η , sur la direction e_0 , doit être calculé.

4. Attention au vocabulaire , les montres ainsi sycronisées peuvent décalées , mais marchent au même rythme. Finalement ça veut dire qu'on est capable de définire une même unité de temps.

5. Disons-le , ils embrouillent plutôt la pensée ...

6. En négligeant les diverses manoeuvres , que l'on sait calculer ... .

Malheureusement Einstein n'avait pas , initialement , la notion d'espace-temps. Sous son influence se sont développées des notions apparemment plus simples , pour ne pas dire simplistes , fondées pour l'essentiel sur des comparaisons *ferrovaires* ! Dans ce type de schéma le vaisseau spatial se tranforme en super-tgv le long d'un axe spatial gradué à la fois en distance et en temps. Alors le chef de train , muni d'un chronométre de haute precision , devrait constater , au fur et à mesure qu'il passe devant les gares , qu'il y a un décalage de plus en plus important avec les horloges fixes des gares (qui sont synchronisées avec l'horloge du chef de gare) !

C'est peut-être cette constatation , qui a fait préférer la relation $e_0'\eta' = (e_0'\gamma^{-1})\eta$ à la relation $e_0'\eta' = e_0'(\gamma^{-1}\eta)$. Cela semblait plus facile à comprendre ...?[7]

C'est d'autant plus regrettable que cette proximité spatiale est illusoire. A cet égard la représentation dans l'espace-temps est irremplaçable. Seule la distance spatio-temporelle est importante.[8]

Répétons encore une fois : la montre du chef de train ne change pas de rythme , mais il a moins de minutes à mesurer !

G.Ringeisen

janvier 2018 / mai 2018

7. Il y a d'ailleurs un piège assez subtil là-dedans : la dilatation du temps s'applique , dans la conception traditionelle , à l'horloge qui voyage , *vue par le chef de gare* , alors que là on croit , à tort , qu'elle s'applique vraiment à la montre du chef de train (qui est censée etre insensible au déplacement).

8. Dans sa note de 1905 Einstein avait dit , en définissant sa méthode de synchronisation des horloges , « we assume that this definition of synchronism is free from contradictions , and possible for any numbre of points ». Mais c'est seulement trente ans plus tard qu'il semble s'être rendu compte que ceci pouvait poser un probleme de cohérence avec la transformation de Lorentz. Il a alors , dans un livre coécrit avec L.Infeld , contourné la difficulté en décrétant « for the sake of simplicity » de considérer seulement une horloge dans le système mobile ! (voir W.Engelhardt : Einstein's Third Postulate). Disons le mot , il a un peu triché. Mais ce qui paraît aujourd'hui merveilleux c'est qu'il aurait pu raisonner en chronogéometrie , en acceptant de reconnaitre que ce n'est pas le rythme de l'horloge qui change (grandeur vectorielle) , mais le temps mesuré (grandeur scalaire) qui se dilate !