

Forum Futura-Sciences : les forums de la science MATIERE Physique Bac - Relativité restreinte - Paradoxe des jumeaux

+ Répondre à la discussion

Affichage des résultats 1 à 15 sur 63 Page 1 sur 5 1 2 3 4 Dernière

Bac - Relativité restreinte - Paradoxe des jumeaux 0 0 0 Partager

« Jumeaux: un aller sans retour | - »

Aller au premier message non-lu Outils de la discussion Rechercher dans la discussion Affichage

Aujourd'hui - 15h13

#63

**MissPacMan**

ACCRO

Date d'inscription:  
décembre 2011

Messages: 907

Re : Bac - Relativité restreinte - Paradoxe des jumeaux

Envoyé par **Zefram Cochrane**

Pourquoi il n'écrivent pas alors ?  
 $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + d(it)^2$ ; s'il prennent  $c = 1$  ?

On peut tout faire... la question est de savoir pourquoi?  
En l'occurrence ici dx, dt etc... sont des reels (enfin des formes differentielles réelles pour etre exact), donc y a pas vraiment d'interet de rajouter un i, mis a part une commodité d'écriture.

L'évident est journallement l'étendard des imbéciles.

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 15h09

#62

**Amanuensis**

ACCRO

Date d'inscription:  
septembre 2010

Messages: 9 593

Re : Bac - Relativité restreinte - Paradoxe des jumeaux

Et pourquoi pas  
 $ds^2 = d(ix)^2 + d(jy)^2 + d(kz)^2 + dt^2$ , avec in  $i^2=j^2=k^2=-1$

Parce que cela se révèle plus source d'erreur qu'autre chose, parce qu'une quadratique sur R de signature (4, 0) n'a pas les mêmes propriétés qu'une quadratique de signature (1, 3), et qu'il est préférable ne pas le cacher devant une transformation douteuse.

C'est une idée qu'on trouve des les premières années de la RR, et elle a été abandonnée, à l'usage...

Unsinn, du siegst und ich muß untergehn!

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 15h04

#61

**Zefram Cochrane**

ACCRO

Date d'inscription:  
janvier 2011

Messages: 1 687

Re : Bac - Relativité restreinte - Paradoxe des jumeaux

Pourquoi il n'écrivent pas alors ?  
 $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + d(it)^2$ ; s'il prennent  $c = 1$  ?

Minkowski : [TEX]  $300\,000\text{ km} = \sqrt{-1}$  secs [/TEX]

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 14h56

#60

**Amanuensis**

ACCRO

Date d'inscription:  
septembre 2010

Messages: 9 593

Re : Bac - Relativité restreinte - Paradoxe des jumeaux

Envoyé par **ù100fil**

Comment cette interprétation colle avec l'unité de temps qu'est la seconde par exemple ? Elle varie avec les trajectoires cela poserait problème non ?

C'est l'invariance active sous-entendue. La physique, donc le résultat d'une expérience donnant la seconde (une horloge), est invariant par transformation ACTIVE, et donc un intervalle "droit" de genre temps suivant par l'horloge et obtenu par

tout transformation du groupe de Poincaré appliqué à un intervalle B suivi par une horloge de même construction à la même "longueur" que B.

D'où une préférence qu'on peut avoir pour la version active du principe de relativité.

Unsinn, du siegst und ich muß untergehn!

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 14h51

#59

Amanuensis

ACCRO

Date d'inscription:  
septembre 2010

Messages: 9 593

Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Envoyé par MissPacMan

2- J'ai fait disparaître c dans la métrique de Minkowski (désolé habitude de matheux).

C'est l'habitude de moult physiciens aussi (ils disent qu'ils prennent  $c=1$  😊). Dès qu'on s'est "détaché" de la vision en "coordonnées classiques", c'est assez naturel...

Unsinn, du siegst und ich muß untergehn!

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 14h35

#58

Zefram  
Cochrane

ACCRO

Date d'inscription:  
janvier 2011

Messages: 1 687

Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Du tout MissPacMan,

Les "gens" intègrent facilement le concept de variation du temps (temps propre ou temps coordonnée ?) ; LA problématique est d'expliquer en profondeur pourquoi est-ce le voyageur qui revient plus jeune et pas l'autre fixe au regard de la symétrie coordonnée du problème

comme l'illustre l'égalité  $c^2t'^2 - x'^2 = c^2t^2 - x^2$

Cordialement,  
Zefram

Minkowski : [TEX] 300 000 km =  $\sqrt{-1}$  secs [/TEX]

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 14h33

#57

MissPacMan

ACCRO

Date d'inscription:  
décembre 2011

Messages: 907

Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Envoyé par ù100fil

Comment cette interprétation colle avec l'unité de temps qu'est la seconde par exemple ? Elle varie avec les trajectoires cela poserait problème non ?

Patrick

Ca pose pas vraiment problème, la seconde est définie comme un certain nombre de transitions de niveau d'énergie dans le krypton (ou le césium), elle "varie" avec la trajectoire dans le sens que si on prend un atome de krypton avec soi et qu'on part faire un petit tour (à des vitesses rapides) en comptant le nombre de transition de notre atome, et qu'on revient à notre point de départ, où qqun d'autre était resté immobile avec son petit atome de krypton lui aussi, en comptant lui aussi le nombre de transition, et bien nos nombres de transitions seront différents a priori.

Mais la seconde reste ce qu'elle est.

PS: Je m'aperçois de deux choses dans mes messages précédents, 1- j'ai mis un t a inertiel!  
2- J'ai fait disparaître c dans la métrique de Minkowski (désolé habitude de matheux).

L'évident est journallement l'étendard des imbéciles.

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 14h16

#56

ù100fil

ACCRO

Date d'inscription:  
novembre 2006

Localisation: ici et là bas  
car je suis quantique

Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Envoyé par MissPacMan

et d'une prévision frappante de la RR, le temps propre varie avec les trajectoires, ou dit de façon plus spectaculaire, l'âge va dépendre de la façon dont on se déplace.

Comment cette interprétation colle avec l'unité de temps qu'est la seconde par exemple ? Elle varie avec les trajectoires

Patrick

L'imagination est plus importante que le savoir (Albert Einstein)



Répondre

Réponse rapide

Répondre avec citation



Aujourd'hui - 13h21

#55

MissPacMan

ACCRO

Date d'inscription:  
décembre 2011

Messages: 907

**Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux**

Pour répondre ensuite aux deux "visions" du paradoxe des jumeaux.

C'est vrai qu'historiquement ce qui était "paradoxal" c'est l'apparente symétrie de la situation, opposé à la dyssymétrie des âges des jumeaux sur terre à l'arrivée. Ça c'est le côté paradoxe. Je ne trouve pas forcément extrêmement pertinent d'insister sur cela dans une approche pédagogique de la RR, on peut éventuellement en parler (ou répondre à l'interrogation si elle est levée).

Il y a ensuite ce que je qualifierai du "cas d'école" des jumeaux, qui est juste une illustration de la notion de temps propre, et d'une prévision frappante de la RR, le temps propre varie avec les trajectoires, ou dit de façon plus spectaculaire, l'âge va dépendre de la façon dont on se déplace. Il me semble que plus que la dyssymétrie, c'est cette prévision étonnante qui heurte les gens, et à laquelle "ils ont du mal à croire".

Après je dois avouer que je lis rarement les (innombrables) fils à ce sujet, et que peut-être ce qui heurte effectivement les gens, c'est la dyssymétrie.

Dans les deux cas, je pense qu'expliquer pourquoi le temps propre (i.e. celui que l'on ressent) est la longueur (pour le (pseudo) produit scalaire de Minkowski) d'une trajectoire est un passage "clé", qui vient agréablement compléter l'argument sur les longueurs des trajectoires.

La preuve avec les transformations de Lorentz "explicite", shunte cette explication.

L'évident est journallement l'étendard des imbéciles.



Répondre

Réponse rapide

Répondre avec citation



Aujourd'hui - 13h13

#54

MissPacMan

ACCRO

Date d'inscription:  
décembre 2011

Messages: 907

**Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux**

Envoyé par mariposa  
Bonjour, (...) des jumeaux.

Bof, chuis pas vraiment convaincue. Parce que pour moi, comme dit plus haut, cette présentation, en l'état, élude un point délicat qui est "Pourquoi le temps propre c'est ds (pour les courbes de genre temps)?"

Il me semble que l'explication la plus convaincante passe qd même par l'évocation de plusieurs choses.

1/ Dans un référentiel intertiel où on est immobile, le temps mesuré par les horloges est le temps ressenti (ce que je qualifierai de définition naïve du temps ressenti).

2/ Les transformations de Lorentz (ou les changements de repères intertiels si on préfère) conservent la métrique (on peut d'ailleurs définir directement une formule de changement de repère intertiel comme un élément (de la composante neutre) du groupe orthochrone, sans donner de formule explicite)

3/ Du référentiel intertiel "tangent".

Et on prouve alors que l'extension naturelle du temps naïf ressenti, ne peut être que l'intégrale le long de la trajectoire de ds, ce qui s'identifie au calcul classique de la longueur de la trajectoire, à ceci près que ds<sup>2</sup> peut être négatif, et qu'on se limite à ce genre de calcul pour les trajectoires de genre temps (ce qui au passage explique la convention de choix des signes dans la métrique, (1,3) au lieu de (3,1)).

On imagine se déplacer dans un référentiel intertiel de base, disons celui du laboratoire.

Dans le référentiel intertiel tangent (qui est le référentiel intertiel dont la vitesse de l'origine coïncide avec notre vitesse instantanée (mesurée dans le ref du labo bien sûr) à la date t, et dont l'origine à la date t coïncide avec notre position), il est facile de se convaincre que dt<sup>2</sup> est le carré du temps vécu parce que c'est le temps coordonné du ref intertiel dans lequel on est immobile, d'autre par dx<sup>2</sup>=dy<sup>2</sup>=dz<sup>2</sup>=0, dans ce référentiel... parce qu'on est immobile. Dans ce référentiel là, le temps vécu (enfin son carré) vaut ds<sup>2</sup> (pendant un instant infinitésimal).

Pour passer du référentiel intertiel tangent au référentiel intertiel "du laboratoire" (celui considéré fixe dans lequel se passe l'expérience), on doit utiliser une transformation de Lorentz, qui a la forme qu'elle a, mais dont on se fiche, et dont la seule propriété qu'on retient c'est qu'elle conserve ds<sup>2</sup>. Autrement dit, pour connaître le temps que nous avons vécu "infinitésimalement" à la date t, à partir des mesures effectuées dans le référentiel du laboratoire, il faut calculer

$ds^2 = dt_{lab}^2 - dx_{lab}^2 - dy_{lab}^2 - dz_{lab}^2 = dt_{tang}^2$ . C'est bien cette quantité là, et pas une autre qui correspond au temps vécu (à partir du moment où l'on accepte la définition naïve du temps vécu)

À partir de là, (c'est un procédé classique en physique, mais on peut de toute façon le justifier en subdivisant le mouvement en des temps de plus en plus petit) il est facile de se convaincre que pour connaître l'intégralité du temps vécu le long de notre trajectoire... hé bien on calcule l'intégrale de ds le long de la trajectoire.

Et ensuite on peut se rebrancher sur votre raisonnement, et expliquer que cela correspond à la longueur Minkowski de la trajectoire, et tout comme en euclidien, deux trajectoires différentes n'ont aucune raison d'avoir la même longueur etc...

Je sais bien que ceci n'est pas une explication du paradoxe stricto sensu, mais il me semble que cet ajout est nécessaire à la résolution du paradoxe consistant à calculer des longueurs de trajectoires dans l'espace de Minkowski.

### Amanuensis

ACCRO

Date d'inscription:  
septembre 2010

Messages: 9 593

#### Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Envoyé par al1brn

*Est-ce que nous sommes d'accord que "se placer dans un référentiel inertiel" signifie en choisir un parmi ceux qui existent. Je ne suis pas complètement satisfait de ma formulation*

Il y a de quoi. "Se placer dans", "existe", ...

"Choisir de modéliser la situation en postulant un référentiel inertiel".

Pour mémoire personne n'a jamais été capable d'exhiber "un référentiel inertiel qui existe".

*En RR, il y a deux classes de référentiels : les inertiels et les autres.*

Comme en classique. Et pas comme en RG, où il n'y a pas de référentiel inertiel là où le tenseur de courbure n'est pas nul.

*Les inertiels ne sont pas arbitraires, ils font partie de la structure de l'univers en quelque sorte.*

Ils sont liés à l'inertie, et donc à toutes les expériences pratiques mettant en jeu l'inertie. Mais si l'inertie "fait partie de la structure de l'Univers", les référentiels inertiels sont des idéalités.

*Ceci étant dit, si, dans le référentiel inertiel choisi, je décris les chemins de Pierre et de Paul par une succession de référentiels inertiels "tangents"*

Totale horreur, qui n'a pas de sens. Si on choisit un référentiel, c'est pour décrire une situation, un mouvement, des chemins. Cela n'a aucun sens de parler de "description par une succession de référentiels".

Il y a une énorme confusion (déjà bien détectée...) entre "référentiel" et quelque chose qui est peut-être la 4-vitesse.

(En RR, il suffit d'un vecteur de genre temps pour décrire un référentiel ; mais ce n'est pas une raison pour confondre les deux concepts. Et encore moins à chercher à la diffuser, à contaminer des lecteurs, en répétant cette confusion message après message.)

Dernière modification par Amanuensis ; Aujourd'hui à 12h57.

Unsinn, du siegst und ich muß untergehn!

### Amanuensis

ACCRO

Date d'inscription:  
septembre 2010

Messages: 9 593

#### Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Envoyé par mariposa

*situation qui confine à l'absurde.*

Elle n'est pas absurde en elle-même. Et présenter cela comme absurde est un défi à la logique et au raisonnement.

La différence d'âge acquis est juste contraire à la notion de temps absolu, et il n'y a aucun argument logique, rien, nada, en faveur d'un temps absolu.

L'idée de temps absolu est seulement une habitude acquise, une sorte de "vérité" sans base logique qu'on ne met pas en doute parce qu'on n'a pas de raison de le faire.

Présenter la seule différence d'âge acquis comme absurde renforce l'idée, fausse, que l'idée de temps absolu ait une quelconque base rationnelle.

*La solution du paradoxe*

C'est un exemple de ce que j'ai indiqué, non pas une explication qui viendrait contrer une "absurdité", mais juste un cours de RR.

Si on considère la différence d'âge absurde, alors avec une telle "explication" on devrait conclure que la RR est absurde...

Dernière modification par Amanuensis ; Aujourd'hui à 12h48.

Unsinn, du siegst und ich muß untergehn!

### al1brn

#### Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

HABITUE

Date d'inscription:  
septembre 2010

Messages: 142

Envoyé par mariposa

*Pour faire ce calcul des temps horloges il se place dans un référentiel inertiel ( $t,x$ ) celui correspond aux vitesses initiales nulles et montre que les 2 lignes d'univers de Pierre et Paul sont très différentes. Le calcul prend 2 lignes (voir mon post précédent).*

*Comme on peut le voir le repère inertiel est le moyen mathématique pour calculer les temps propres de Pierre et Paul mais ne joue aucun rôle physique. On notera qu'il n'y a pas de transformation de Lorentz à faire. De même les accélérations ne jouent aucun rôle dans l'explication du paradoxe des jumeaux.*

Bonjour,

Est-ce que nous sommes d'accord que "se placer dans un référentiel inertiel" signifie en choisir un parmi ceux qui existent. Je ne suis pas complètement satisfait de ma formulation, j'en cherche une qui s'oppose au point de vue classique dans lequel le choix du référentiel est quelconque. En RR, il y a deux classes de référentiels : les inertiels et les autres. Les inertiels ne sont pas arbitraires, ils font partie de la structure de l'univers en quelque sorte.

Ceci étant dit, si, dans le référentiel inertiel choisi, je décris les chemins de Pierre et de Paul par une succession de référentiels inertiels "tangents" (le référentiel inertiel ayant la vitesse du voyageur à un instant  $t$  dans le référentiel inertiel choisi initialement), je vais bien arriver à la conclusion que le plus jeune a vécu des différences de vitesses plus importantes. Ce constat me semble vrai quel que soit le référentiel inertiel initial.

Pourquoi est-ce si horrible d'appeler ça une accélération plus importante ?

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 12h36

#50

ClairEsprit

ACCRO

Date d'inscription:  
décembre 2004

Messages: 577

Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Envoyé par mariposa

*Au retour sur Terre Pierre est jeune il a 30 ans (confirmé par son horloge atomique) alors que Paul a 90 ans (confirmé par son horloge atomique), il marche avec une canne et présente des symptômes de la maladie de Parkinson.*

*Voilà donc l'énoncé du paradoxe, situation qui confine à l'absurde.*

**La solution du paradoxe**

*Heureusement il y a un physicien nommé Einstein qui a la clef du problème.*

Bonjour,

pour moi, comme Amanuensis l'a souligné, le paradoxe des jumeaux ne réside pas dans la différence d'âge mais dans l'apparente symétrie des points de vue. C'est d'ailleurs comme ça qu'on me l'a introduit en fac : d'abord un cours sur la RR puis la présentation du paradoxe (on l'avait eu sous forme de question de partiel d'ailleurs, à laquelle j'avais répondu qu'il n'y avait pas de paradoxe car selon moi on tentait de traiter un problème en RR avec des référentiels non inertiels ce qui n'était pas approprié puisque le demi-tour impliquait une accélération).

Répondre Réponse rapide Répondre avec citation

Aujourd'hui - 12h20

#49

mariposa

ACCRO

Date d'inscription:  
février 2005

Localisation: Bretagne  
Côtes d'Armor

Âge: 64

Messages: 8 793

Re : Bac – Relativité restreinte – Paradoxe des jumeaux

Envoyé par MissPacMan

Bonjour,

*Dans ce cas, c'est cette phrase qu'il faut "justifier", le temps usuel dont on a l'habitude, c'est un temps coordonnée (chez moi, je regarde l'heure sur ma pendule, qui m'indique le temps coordonnée du référentiel de mon appartement), relier l'intégrale de  $ds$  et le temps "effectivement vécu" n'est pas une chose a priori évidente, surtout quand on prend des expériences terre à terre pour l'illustrer.*

*Il me semble que pour comprendre (et être convaincu par) le fait que la longueur des courbes (vis à vis de la métrique de Minkowski) des trajectoires des deux jumeaux soit différentes, implique qu'ils n'auront pas le même âge à la fin, il faut se convaincre de ce qu'est le temps propre.*

*Se convaincre que ce que mesure la montre à notre poignet, c'est l'intégrale de  $ds$  le long de notre ligne d'univers. C'est, ce me semble, le point délicat dans cette approche.*

*Avec l'approche par les référentiels, et la transformée de Lorentz, les jumeaux adoptent l'approche de monsieur tout le monde pour mesurer leur âge (leur temps propre donc), i.e regarder une horloge (d'un repère inertiel) fixe dans le "milieu dans lequel ils évoluent" (bien sûr le fait qu'ils "évoluent" i.e se meuvent, implique que leur temps propre va a priori différer de ce que va indiquer l'horloge du référentiel, mais comme leur vitesse est très petite devant  $c$ , on peut négliger ce phénomène).*

*L'avantage des repères inertiels, c'est quand même que leur temps propre (i.e celui de l'origine, ou de tout observateur immobile dans ce référentiel) est leur temps coordonnée (lu dans le même référentiel).*

Bonjour,

Je vous reviens sur le statut du repère inertiel dans le problème des jumeaux.

Pour cela je commence à reformuler le paradoxe des jumeaux autrement.

**Reformulation du paradoxe des jumeaux.**

Soient 2 jumeaux Pierre et Paul âgés de 20 ans qui quittent la Terre à l'instant zéro et s'accordent à faire chacun de son côté une balade dans l'espace et revenir ultérieurement sur Terre.

Au retour sur Terre Pierre est jeune il a 30 ans (confirmé par son horloge atomique) alors que Paul a 90 ans (confirmé par son horloge atomique), il marche avec une canne et présente des symptômes de la maladie de Parkinson.

Voilà donc l'énoncé du paradoxe, situation qui confine à l'absurde.

## La solution du paradoxe

Heureusement il y a un physicien nommé Einstein qui a la clef du problème.

A partir de la seule donnée de la métrique de Minkowski il est capable d'expliquer pourquoi les temps indiqués par les horloges sont si différents.

Pour faire ce calcul des temps horloges il se place dans un référentiel inertiel (t,x) celui correspond aux vitesses initiales nulles et montre que les 2 lignes d'univers de Pierre et Paul sont très différentes. Le calcul prend 2 lignes (voir mon post précédent).

Comme on peut le voir le repère inertiel est le moyen mathématique pour calculer les temps propres de Pierre et Paul mais ne joue aucun rôle physique. On notera qu'il n'y a pas de transformation de Lorentz à faire. De même les accélérations ne jouent aucun rôle dans l'explication du paradoxe des jumeaux.



↳ Répondre

↳ Réponse rapide

↳ Répondre avec citation



+ Répondre à la discussion

Page 1 sur 5 | 1 2 3 4 | Dernière »

Navigation rapide | Physique | Haut de page

« Jumeaux: un aller sans retour | - »

### Discussions similaires

#### Relativité restreinte - Illustration avec les jumeaux

Par bubbleseb dans le forum Physique

Réponses: 14

Dernier message: 10/03/2012, 19h17

#### Relativité, paradoxe des jumeaux

Par Djo57 dans le forum Physique

Réponses: 3

Dernier message: 19/10/2009, 11h01

#### relativité restreinte : paradoxe 1

Par bibicema dans le forum Physique

Réponses: 2

Dernier message: 26/02/2009, 17h48

#### Relativité...Paradoxe des jumeaux de Langevin.

Par Mumyo dans le forum Physique

Réponses: 56

Dernier message: 13/12/2008, 13h59

#### Relativité, Relativité Restreinte et théorie des jumeaux.

Par Styx13 dans le forum Physique

Réponses: 168

Dernier message: 09/08/2007, 20h41

A voir en priorité dans les contenus de Futura-Sciences : [relativité temp](#), [relativité théorie](#), [paradoxe philosophique](#), [paradoxe physique](#), [paradoxe quantique](#), ...

Nous vous recommandons : [cour relativité](#), [définition relativité](#), [cour relativité](#), [définition relativité](#), [cour relativité](#), ...

Sur le forum : [paradoxe scientifique](#), [mathématique paradoxe](#), [paradoxe scientifique](#), [mathématique paradoxe](#), [mathématique paradoxe](#), ...

Dans tout le site : [paradoxe des jumeaux](#), [paradoxe des jumeaux video](#), [relativité restreinte](#), [relativité restreinte cours](#), [tpe relativité restreinte](#), [relativité restreinte du gps](#), [relativité restreinte video](#), ...

### Les tags pour cette discussion

[bac](#), [jumeaux](#), [paradoxe](#), [relativité](#)  
Voir le nuage de tag

Ajouter / Modifier les tags

[Nous contacter](#) [Sciences](#) [Archives](#) [Haut de page](#)

Fuseau horaire GMT +2. Il est actuellement 15h15. Powered by vBulletin®

Copyright © 2013 vBulletin Solutions, Inc. All rights reserved.

SEO by vBSEO ©2011, Crawlability, Inc.

Traduction by association vBulletin francophone (www.vbulletin-fr.org)

Skin by CompleteVB / FS