Pourquoi la théorie de la relativité restreinte est-elle contradictoire ?

Pascal Dubois 16/11/2026

Cette note a pour objet d'expliciter la contradiction inhérente à la théorie de la relativité restreinte et d'en préciser les raisons.

Depuis la disparition d'Herbert Dingle (1890-1978)[1], le débat sur ce point semble s'être éteint. L'élément nouveau que nous apportons consiste en une autre approche de la relativité permettant d'expliquer les résultats expérimentaux sans introduire une dilatation du temps entre référentiels en mouvement relatif_ ce qui fait disparaître la contradiction.

On trouvera des développements complémentaires dans les notes auxquelles il est fait référence en bas de pages. Ces notes sont publiées sur le site : [https://www.aimer-la-physique.com/].

Mots-clés : relativité restreinte ; contradiction ; horloge ; synchronisation ; dilatation du temps ; retard ; changement de référentiel ; invariance ; masse ; énergie totale ; Dingle.

1. Référentiels galiléens

Les référentiels galiléens sont ceux dans lesquels l'espace apparaît homogène et isotrope et le temps uniforme vis-à-vis des phénomènes physiques, ce qui veut dire que ces phénomènes sont inchangés par les opérations de translation dans l'espace, rotation dans l'espace et translation dans le temps.

La définition même des référentiels galiléens impose que deux référentiels galiléens en mouvement relatif sont nécessairement en mouvement de translation spatiale rectiligne et uniforme l'un par rapport à l'autre.

On associe aux référentiels galiléens une propriété très importante, qui constitue le **principe de relativité** :

« Les lois de la physique sont invariantes par changement de référentiel galiléen ».

Les référentiels comportent :

- d'une part, un repère donnant les coordonnées d'espace grâce à des graduations basées sur un étalon de longueur ;
- d'autre part, des horloges[2] placées en tous points du repère, délivrant une unité de temps identique à celle d'une horloge- étalon.

Les unités de distance spatiale et de durée sont bien sûr identiques dans tous les référentiels.

[1] Herbert Dingle *« Science at the Crossroads »* 1972, réédité par GogLib.
[2] Une horloge est un dispositif physique échantillonnant le temps par une succession de cycles identiques.

La **synchronisation des horloges**[3] d'un même référentiel permet de mesurer la durée séparant deux événements qui se produisent en deux points différents ; deux événements sont dits simultanés s'ils se produisent au même instant donné par les horloges placées en ces points.

Considérons deux référentiels galiléens en mouvement relatif. Si, à un instant donné t dans un référentiel, toutes les horloges de l'autre référentiel marquent le même temps t' (qui peut donc être égalé à t par décalage d'ensemble), le temps est considéré comme absolu.

Les équations reliant les coordonnées d'espace et de temps d'un même événement dans deux référentiels galiléens sont alors les équations (dites galiléennes) de la Mécanique newtonienne. La loi d'addition des vitesses associée à ces équations n'impose pas de limitation à la vitesse d'un mobile.

2. Théorie de la relativité restreinte

La théorie de la relativité restreinte conduit à rejeter la notion de temps absolu : d'un référentiel à l'autre les horloges apparaissent désynchronisées.[4]

Sans préjuger du contenu de la théorie, on peut prendre cette assertion comme hypothèse pour établir les équations de changement de coordonnées permettant de passer d'un référentiel galiléen Σ (x, y, z, t) à un référentiel galiléen Σ' (x', y', z', t') en mouvement rectiligne et uniforme par rapport à Σ parallèlement à l'axe (x). [5]

On fixe : $t = t' = 0$ quand les origines des repères coïncident ; on désigne par u la vitesse de Σ' par rapport à Σ.

Les invariances liées à la notion de référentiel galiléen imposent que les équations de changement de coordonnées soient linéaires.

On commence par montrer que la désynchronisation est liée à l'existence d'une vitesse limite (qui s'avère être la vitesse de propagation libre c des ondes électromagnétiques dans le vide).

Il en résulte que la loi de composition des vitesses selon l'axe (x) (v dans Σ et v' dans Σ') s'écrit :

$$v' = (v - u) / (1 - uv/\mathbf{c}^2) \qquad (1)$$

Les équations permettant de passer des coordonnées dans Σ aux coordonnées dans Σ' s'écrivent :

$$\begin{cases} x' = a\,(x - u\,t) \\ t' = a\,(t - u\,x/\mathbf{c}^2) \end{cases} \qquad (2)$$

Les équations inverses sont :

$$\begin{cases} x = a'\,(x' + u\,t') \\ t = a'\,(t' + u\,x'/\mathbf{c}^2) \end{cases} \qquad (3)$$

[3] Cf. note *« Une autre approche de la relativité »* paragraphe 2.2.

[4] Dans la note « *Masse, énergie et référentiels* », on explique que la désynchronisation des horloges peut être vue comme une conséquence du **Principe de Mach : *l'inertie des objets matériels est induite par l'ensemble des autres masses présentes dans l'univers.***

[5] Cf. note *« Une autre approche de la relativité »* paragraphes 2.3.1. à 2.3.3.

avec : $$a\,a' = \Upsilon^2 = 1/(1-u^2/\mathbf{c}^2) \qquad (4)$$

Quand l'horloge du référentiel Σ, placée au point de coordonnée x, marque le temps t, cela veut dire que la durée écoulée depuis l'origine des temps dans Σ est égale à t.

L'horloge de Σ' qui lui fait face, d'abscisse x', marque un temps t' donné par l'équation (2), qui peut s'écrire aussi :

$$t' = a\,(1-u^2/\mathbf{c}^2)\,t - u\,x'/\mathbf{c}^2 = (a/\Upsilon^2)\,t - u\,x'/\mathbf{c}^2 \qquad (5)$$

Mais les observateurs de Σ notent, qu'au temps 0 dans Σ, les horloges de Σ' marquent des temps différents de 0 (désynchronisation). Ainsi, en application de la relation (5), l'horloge placée en x' marque un temps :

$$t'_0 = -\,u\,x'/\mathbf{c}^2$$

Pour l'observateur placé en x dans Σ, la durée écoulée dans le référentiel Σ' est donc égale à :

$$t' - t'_0 = (a/\Upsilon^2)\,t$$

Notons que la relation ci-dessus ne dépend pas de x et est donc valable quel que soit l'observateur. Pour les observateurs de Σ, s'il s'est écoulé une durée Δt dans leur référentiel, il semble s'être écoulé dans Σ' la durée :

$$\Delta t' = (a/\Upsilon^2)\,\Delta t \qquad (6)$$

Selon la valeur donnée au paramètre a, il peut donc apparaître une distorsion entre les durées écoulées dans les deux référentiels. Il faut noter que Δt' est mesuré à partir de la même horloge, tandis que Δt résulte des mesures de deux horloges distinctes.[6]

Deuxième hypothèse majeure : la théorie de la relativité postule l'impossibilité d'opérer une distinction entre les référentiels galiléens.[7]

Pour l'écriture des équations de changement de coordonnées (2) et (3), on choisit donc :

$$a = a' = \Upsilon \qquad \left(= 1/\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}\right)$$

Les équations de changement de coordonnées et leurs inverses ont alors exactement la même forme. **On obtient les formules de Lorentz :**

Pour passer de (x,t) à (x', t') : $$\begin{cases} x' = \Upsilon\,(x - u\,t) \\ t' = \Upsilon\,(t - u\,x/\mathbf{c}^2) \end{cases} \qquad (7)$$

Pour passer de (x',t') à (x, t) : $$\begin{cases} x = \Upsilon\,(x' + u\,t') \\ t = \Upsilon\,(t' + u\,x'/\mathbf{c}^2) \end{cases} \qquad (8)$$

Notons que ce choix conduit à une invariance totale de la vitesse de la lumière quelle que soit la direction des rayons lumineux considérés.

[6] Au temps 0, la mesure dans Σ est celle de l'horloge en correspondance avec x'.
[7] Ce postulat va au-delà du principe de relativité.

L'équation (6) devient : $\Delta t' = \Delta t / \Upsilon$ (9)

On observe une dilatation de la durée entre deux événements, mesurée à l'aide de deux horloges différentes (dans Σ)[8] par rapport à la durée mesurée par une seule horloge (temps propre), c'est-à-dire dans le référentiel où ces événements ont la même position spatiale (Σ').

3. Contradiction inhérente à la théorie

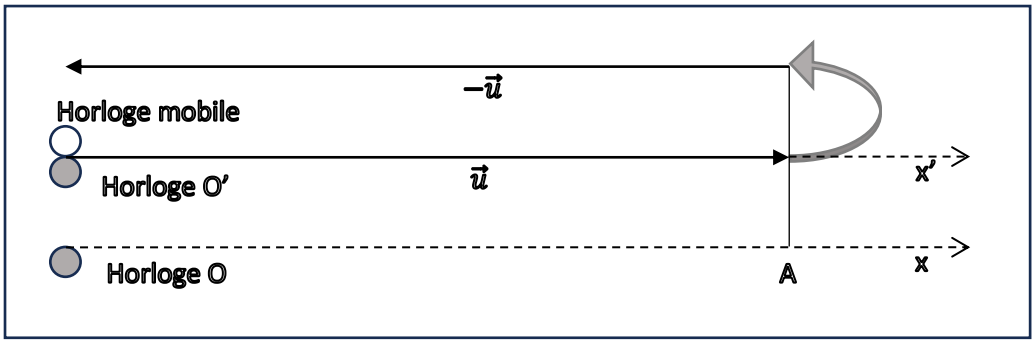
Compte tenu de ce qui vient d'être exposé, la question suivante se pose : La dilatation du temps a-t-elle une réalité physique ou s'agit-il d'un effet apparent lié à la désynchronisation des horloges ?

3.1. Peut-on imaginer une expérience permettant de comparer les durées marquées par une horloge de Σ et une horloge de Σ' en s'affranchissant du phénomène de désynchronisation ? [9]

Remarquons que les horloges situées à l'origine commune (O,O') des référentiels ne présentent pas de désynchronisation à l'instant 0, puisqu'on a fait le choix de les synchroniser en ce point.

L'expérience que nous proposons consiste à porter une horloge de Σ à la vitesse u de façon à l'accoler à l'horloge O' de Σ' à l'instant 0, en la synchronisant à cet instant 0. Cette horloge fait ensuite un aller-retour le long de l'axe (x), à la vitesse u à l'aller et à la vitesse - u au retour. Elle reste donc accolée à l'horloge O' de Σ' pendant tout le trajet aller.

A son retour en O, la durée affichée par l'horloge mobile est comparée avec celle donnée par l'horloge O de Σ, restée fixe. La durée des trajets rectilignes est supposée suffisamment grande pour que l'on puisse négliger les durées induites par le demi-tour et par le ralentissement final dans la comparaison.



Soulignons maintenant une hypothèse importante admise par la théorie de la relativité restreinte : dans les trajets rectilignes à vitesse constante, le rythme de l'horloge n'est pas affecté par son mouvement, ni par les phases d'accélération ou de décélération qu'elle a pu subir préalablement. Cela veut dire qu'elle délivre la même unité de temps que les horloges des référentiels.[10]

[8] Au temps 0, la mesure dans Σ est faite par l'horloge en correspondance de x'.
[9] Cf. note *« Une autre approche de la relativité »* paragraphe 2.3.4.
[10] En partie 4, nous verrons que cette hypothèse n'est pas retenue dans la nouvelle approche de la relativité.

Durant le trajet aller OA, l'horloge mobile marque donc le même temps que l'horloge O'.

Compte tenu de ce qui a été exposé en partie 2 de la présente note, l'application de la théorie de la relativité restreinte conduit à prédire que l'horloge mobile indiquera à la fin du trajet aller une durée de voyage plus faible que l'horloge A de Σ qui lui fait face :

$$t' = t/\gamma .$$

Par symétrie, les durées du voyage retour sont identiques à celles du voyage aller : dans Σ, la durée du trajet AO à la vitesse $-u$ est égale à celle du trajet OA à la vitesse u. Et on peut considérer que l'on attache à l'horloge mobile un référentiel Σ'' se déplaçant à la vitesse $-u$ par rapport à Σ.

Au retour à son point de départ, l'horloge mobile indiquera une durée égale à $2t'$ et l'horloge restée fixe une durée égale à $2t$. L'horloge mobile doit donc présenter un retard égal à :

$$2(t - t') = 2\,(1-1/\gamma)\,t$$

Le retard des horloges atomiques en mouvement, tel que calculé par la théorie de la relativité restreinte, a été validé par de nombreuses expériences, la première étant celle réalisée par Hafele et Keating en 1971.

Le phénomène de dilatation du temps apparaît comme une conséquence mathématique du choix du coefficient γ dans l'écriture des équations de changement de coordonnées. Les résultats expérimentaux donnent une réalité physique à ce phénomène.

3.2. Quelles sont les conséquences de la réalité physique de la dilatation du temps ?

Les tenants de la théorie de la relativité restreinte considèrent que la non-symétrie entre l'horloge fixe et l'horloge mobile explique le résultat et qu'il n'y a pas lieu de s'interroger davantage.

Pour notre part, nous considérons que, le calcul de la relativité restreinte étant basé sur l'assimilation de l'horloge mobile à une horloge du référentiel Σ' lors du voyage aller, l'interprétation de l'expérience va au-delà de l'explication du retard de l'horloge mobile.

La réalité physique de la dilatation du temps implique que, **si le référentiel Σ est considéré comme fixe, le temps s'écoule réellement plus lentement dans Σ' que dans Σ.** Il ne s'agit pas d'une apparence.

Réalisons une expérience analogue à partir du référentiel Σ'. On en déduit que, **si le référentiel Σ' est considéré comme fixe, le temps s'écoule réellement plus lentement dans Σ que dans Σ'.**

Si on donne un sens physique au temps, les deux propositions ci-dessus sont inconciliables. L'écoulement du temps dans un référentiel ne peut pas dépendre du fait qu'on le considère fixe ou mobile par rapport un autre référentiel.

On doit en conclure que la théorie de la relativité restreinte conduit à une contradiction.

Les tenants de la théorie de la relativité restreinte rejettent cette conclusion. Ils refusent de lier la notion de « dilatation du temps » à celle « d'écoulement du temps », mais n'expliquent pas physiquement pourquoi l'horloge mobile retarde.

Qu'est-ce que l'écoulement du temps ?

On peut le définir comme la succession des cycles identiques d'une horloge. Ce qui revient à dire que l'horloge matérialise l'écoulement du temps (succession de cycles) en même temps qu'elle le mesure (comptage du nombre de cycles pour obtenir la durée).

Si l'on adopte cette définition, l'écoulement du temps est nécessairement identique dans tous les référentiels, puisque toutes les horloges sont réputées identiques à une même horloge étalon.

Il n'y a qu'une possibilité : il faut postuler que l'écoulement du temps est universel ; il est identique dans tous les référentiels.

Cela implique qu'on n'observe pas de dilatation des durées. Mais les opérations de synchronisation des horloges dans chaque référentiel ne conduisent pas au temps absolu de la mécanique newtonienne.

Compte tenu de la relation (6), il faut choisir $a = \gamma^2$ et $a' = 1$ pour écrire les équations de changement de coordonnées. Nous allons préciser cela en partie 4, en soulignant les différences par rapport à la théorie de la relativité restreinte.

4. Nouvelle approche de la relativité

4.1. Universalité de l'écoulement du temps[11]

Avec l'hypothèse d'universalité de l'écoulement du temps, tout événement apparaît après une durée T, indépendante du référentiel considéré, depuis l'instant origine commun aux référentiels.

Nous dirons qu'un événement est « produit » dans un référentiel si le temps affiché par l'horloge du point auquel il est rattaché est identique à cette durée ($t = T$). Dans un référentiel mobile par rapport à ce référentiel privilégié, l'événement est « perçu » à un temps différent ($t' \neq T$ sauf si $x'=0$).

Le référentiel dans lequel se déroule une expérience constitue le référentiel privilégié pour cette expérience. C'est lui qui doit être considéré comme le référentiel fixe Σ pour l'application des équations de changement de coordonnées (2), qui deviennent :

$$\begin{cases} x' = \Upsilon^2 (x - u\,t) \\ t' = \Upsilon^2 (t - u\,x / \mathbf{c}^2) \end{cases} \qquad (10)$$

Les équations inverses sont :

$$\begin{cases} x = x' + u\,t' \\ t = t' + u\,x' / \mathbf{c}^2 \end{cases} \qquad (11)$$

On vérifie facilement, qu'avec ces équations, l'absence de dilatation des durées s'accompagne d'une absence de contraction des distances.

[11] Cf. note *« Une autre approche de la relativité »* paragraphe 2.4.

Les équations (11) peuvent s'écrire comme suit :

$$\begin{cases} x' = x - u\,t' \\ t' = t - u\,x' / \mathbf{c}^2 \end{cases} \qquad (12)$$

Sous cette forme, elles s'interprètent parfaitement de manière physique :

- à 'instant t', l'opérateur placé en x' dans Σ' perçoit l'abscisse x dans Σ ; la première équation traduit simplement la conservation des distances ;

- compte tenu de la désynchronisation des horloges, l'événement produit dans Σ en (x,t) est perçu en x' dans Σ' à un temps décalé de :

$$- u\,x' / \mathbf{c}^2$$

Sous la forme (10), les équations traduisent que, à un instant donné dans un référentiel, l'image de l'autre différentiel apparaît déformée en raison de la désynchronisation.

Pour un événement produit au point (x',t') de Σ' (donc une expérience se déroulant dans Σ'), les équations sont :

$$\begin{cases} x_1 = \Upsilon^2\,(x' + u\,t') \\ t_1 = \Upsilon^2\,(t' + u\,x' / \mathbf{c}^2) \end{cases} \qquad (13)$$

Elles ne s'obtiennent pas par inversion des équations (10). Pour un même couple (x',t'), (x_1,t_1) diffère du (x,t) des équations (10) et (11).

D'autre part, à la différence de ce qui est admis par la théorie de la relativité restreinte, la conjonction des coordonnées x et x' ne constitue pas un événement unique, mais peut s'obtenir de deux façons différentes, chaque observateur considérant qu'il s'agit d'un événement produit dans son propre référentiel. Il n'y a plus de correspondance biunivoque.

Finalement, dans l'approche que nous proposons, les référentiels ne sont pas équivalents. A chaque événement est associé un référentiel privilégié, mais il n'existe pas de référentiel absolu unique. Et le changement de référentiel n'est plus biunivoque.

4.2. Analyse basée sur des considérations énergétiques [12]

Dans le référentiel Σ, l'énergie totale[13] d'une particule de masse au repos m_0 et de vitesse v, s'écrit :

$$E = \gamma_v\, m_0\, \mathbf{c}^2 \qquad \text{avec} \qquad \gamma_v = 1/\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Si l'on ne fait pas a priori l'hypothèse que la masse au repos est invariante par changement de référentiel, l'énergie totale dans Σ' s'écrit :

$$E' = \gamma_{v'}\, m'_0\, \mathbf{c}^2$$

La loi de composition des vitesses (1) conduit à la relation suivante entre E et E' :

$$E' = \gamma\,(1 - u\,v/\mathbf{c}^2)\,(m'_0/m_0)\,E$$

[12] Cf. note *« Une autre approche de la relativité »* paragraphes 3.1. et 3.2.

[13] L'énergie totale d'une particule libre, sans charge, ni moment cinétique, est ici définie comme la somme de son énergie au repos et de son énergie cinétique.

A partir de l'équation fondamentale de la dynamique, on démontre que les formules de Lorentz (7) sont compatibles avec l'hypothèse d'invariance de la masse au repos ($m'_0 = m_0$).

Les formules alternatives proposées (10) sont, elles, compatibles avec la conservation de l'énergie totale de la particule, au sens exposé ci-après :

Dans le référentiel Σ, une particule de masse au repos m_0 et de vitesse u a pour énergie totale :

$$E = \gamma\, m_0\, \mathbf{c}^2$$

On postule que cette énergie est conservée dans le référentiel Σ' où la particule est au repos ; la masse au repos de celle-ci dans Σ' devient :

$$m'_0 = \gamma\, m_0$$

Notre nouvelle approche de la relativité conduit donc à substituer l'invariance de l'énergie totale à celle de la masse au repos.

4.3. Influence de l'énergie sur le rythme des horloges

Nous avons vu au paragraphe 3.1. qu'une horloge (atomique) en mouvement retarde par rapport à une horloge restée fixe dans un référentiel. Dans l'hypothèse d'universalité du temps où nous nous plaçons, **ceci ne peut s'expliquer qu'en admettant que le niveau d'énergie influe sur le rythme de l'horloge.**[14]

Si T désigne la période d'une horloge au repos et T' la période de cette même horloge mise en mouvement à la vitesse u, on a :

$$T'/T = E'_0/E_0 = m'_0/m_0 = \Upsilon = 1/\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \qquad (3.17)$$

Selon le choix d'invariant fait pour l'énergie, on est donc conduit à des interprétations différentes pour certains phénomènes considérés comme base de vérification expérimentale de la théorie de la relativité restreinte :

- *dans le cadre de la RR*, le retard des horloges en mouvement et l'augmentation de la durée de vie des muons atmosphériques voyageant à grande vitesse sont imputés à la dilatation du temps entre les référentiels ; on suppose que les horloges continuent à délivrer la même unité de temps ;

- *avec le choix de conservation de l'énergie totale* par changement de référentiel, ces phénomènes sont imputés à la modification de l'énergie au repos des atomes de l'horloge atomique ou de celle des muons, du fait de l'énergie reçue pour passer du référentiel Σ au référentiel Σ' ; l'écoulement du temps n'est pas modifié, mais les horloges ne délivrent plus la même unité de temps.

[14] Cf. note « Retard des horloges atomiques »

5. Tableau récapitulatif

	Théorie de la relativité restreinte	**Autre approche de la relativité**
Ecoulement du temps	Entre deux référentiels, les horloges apparaissent désynchronisées. Il existe un phénomène de dilatation du temps :la durée entre deux événements, mesurée par deux horloges distinctes, est plus grande que la durée mesurée par une seule horloge (temps propre).	Entre deux référentiels, les horloges apparaissent désynchronisées. L'écoulement du temps est universel. Il n'existe donc pas de dilatation du temps.
Comparaison de référentiels *Evénements*	Tous les référentiels sont équivalents. La conjonction d'un point d'un référentiel avec un point d'un autre référentiel constitue un événement unique. Le changement de coordonnées est biunivoque.	Tout événement peut être rattaché à un référentiel particulier, dans lequel le temps affiché par l'horloge du point où se produit l'évènement est égal à la durée écoulée depuis l'instant origine. La comparaison s'effectue entre ce référentiel et un référentiel mobile. Le changement de coordonnées n'est pas biunivoque.
Retard des horloges en mouvement *Durée de vie des muons*	Le retard d'une horloge atomique en mouvement par rapport à une horloge restée fixe s'explique par la dilatation du temps. De même que l'augmentation de la durée de vie des muons atmosphériques voyageant à grande vitesse.	Le retard d'une horloge atomique en mouvement par rapport à une horloge restée fixe est dû à l'augmentation de son énergie totale en raison de son énergie cinétique. La fréquence de l'horloge est modifiée. Il en est de même pour les muons.
Vitesse de la lumière	La vitesse de la lumière **c** est identique dans toutes les directions et invariante par changement de référentiel.	La lumière émise par une source fixe dans un référentiel se propage à la vitesse **c** dans ce référentiel. En revanche, dans un référentiel mobile, la vitesse de la lumière est inférieure à **c** dans les directions autres que celle du déplacement de ce référentiel.
Invariance de l'énergie	La masse au repos est invariante par changement de référentiel	L'énergie totale est invariante par changement de référentiel

Le terme « référentiel » sous-entend qu'il s'agit d'un référentiel galiléen.

Selon la manière d'établir la théorie de la relativité restreinte, on peut considérer que la contradiction qui lui est inhérente vient du postulat d'invariance totale de la vitesse de la lumière ou de celui d'équivalence parfaite des référentiels.