

## QUIZ - RELATIVITÉ

### PHY1642 - Relativité

*Département de physique  
Université de Montréal, Automne 2011  
par Stéphane Durand*

1. La contraction des longueurs est-elle réelle ou une illusion ?
2. Selon l'adage bien connu, tout est relatif en relativité. Mais cela est fondamentalement faux. Alors, qu'est-ce qui est relatif et qu'est-ce qui est absolu en relativité ? Et pourquoi ce qui est absolu est le plus important ?
3. Lequel des 3 effets relativistes suivants est le plus fondamental ?
  - a) la contraction des longueurs
  - b) la dilation du temps
  - c) la relativité de la simultanéité
  - d) les 3 sont aussi fondamentaux l'un que l'autre
4. Dans quelles situations la distinction entre le passé et le futur est-elle une illusion ?
5. Si le jumeau-voyageur peut revenir dans le futur de la Terre, cela implique-t-il que le futur existe déjà ?
6. Le passé existe-t-il encore?
7. Est-ce que la masse augmente vraiment avec la vitesse ? Plus précisément, est-ce la masse ou l'inertie qui augmente avec la vitesse ?
8. Que veut vraiment dire  $E = mc^2$  ?  
Plus précisément, laquelle des 4 expressions suivantes est la bonne?  
(il faut avoir eu la bonne réponse au numéro précédent)
  - a)  $E_0 = mc^2$
  - b)  $E = mc^2$
  - c)  $E_0 = m_0c^2$
  - d)  $E = moc^2$
9. Qui a découvert le concept d'espace-temps ?
10. Qui a découvert le premier la théorie de la relativité ?
11. Quelles erreurs cruciales Einstein a-t-il faites dans sa vie ?

12. Si le temps est relatif, que signifie l'âge de l'univers ?

Réponse: <https://stephane-durand.ca/si-le-temps-est-relatif-que-signifie-lage-de-lunivers/>

13. Le champ magnétique existe-t-il vraiment ? Ou plutôt : est-il vraiment fondamental ?

14. Certaines choses établies peuvent-elles plus vite que la lumière ?

- a) l'extrémité d'un faisceau tournant
- b) l'extrémité d'un bâton ultra-long en rotation
- c) l'expansion de l'univers
- d) l'effet EPR quantique

15. Pourquoi la vitesse de la lumière est une limite infranchissable? On peut l'expliquer d'au moins 3 façons différentes.

16. Même si la vitesse de la lumière est une limite infranchissable, tout l'univers est-il à notre portée ? (voir la remarque à la fin)

17. Si la lumière n'existait pas dans notre univers, la relativité serait-elle remise en question?

18. La vitesse de la lumière est à la fois la vitesse des particules de masse nulle et la vitesse limite (inatteignable) pour les particules de masse non-nulle. Ces deux affirmations sont-elles indépendantes? Comment cela apparaît-il à partir des transformations de Lorentz ?

19. Même si la relativité restreinte n'en a pas besoin, est-il possible de définir un référentiel absolu ? (voir la question no 12)

20. Cette phrase est-elle vraie ?

Le ralentissement du temps est symétrique entre deux référentiels, mais la durée entre deux événements donnés n'est pas symétrique.

21. Laquelle des prédictions suivantes de la théorie de la relativité n'est pas encore vérifiée expérimentalement ?

- a) le ralentissement du temps
- b) la contraction des longueurs
- c) l'augmentation de l'inertie avec la vitesse
- d) l'existence des trous noirs
- e) l'expansion de l'univers

22. Lequel des articles suivants d'Einstein, tous publiés en 1905 (son année miraculeuse!) lui a permis d'obtenir le prix Nobel:

- a) la relativité restreinte
- b)  $E = mc^2$
- c) l'effet photoélectrique
- d) le mouvement brownien

23. Soit deux explosions simultanées aux points A et B. Le point B se trouve à droite du point A. Si je veux que, de mon point de vue, l'explosion A se produise avant l'explosion B, dois-je me mettre en mouvement vers la droite ou vers la gauche ?

- a) vers la droite
- b) vers la gauche
- c) cela dépend où je me trouve par rapport à A et B.

**Attention:** il ne s'agit pas de voir A avant B dans le sens de recevoir un signal lumineux en provenance de A avant B (ce ne serait alors qu'un simple effet d'optique), mais bien que, dans mon référentiel, l'explosion A se produit réellement avant l'explosion B ! Autrement dit, que je sois à gauche de A, entre A et B, ou à droite de B, la conclusion est la même. Et donc la réponse n'est pas le choix (c).

24. Je veux produire une inversion de causalité. J'envoie un signal supraluminique (tachyonique ou autre) vers une fusée en mouvement. La fusée reçoit mon signal et le renvoie aussi à une vitesse supraluminique vers moi. Pour que le signal me revienne AVANT le moment auquel je l'ai envoyé, la fusée doit-elle s'éloigner de moi ou se rapprocher? (La vitesse de la fusée n'a pas besoin d'être supraluminique.)

- a) s'éloigner
- b) se rapprocher

25. La relativité peut-elle est fausse ?

Plus précisément, pourquoi dans notre univers et à notre échelle, la théorie de la relativité ne peut pas être fausse ? Autrement dit, dans un univers où il est impossible de détecter un mouvement à vitesse constante (comme c'est le cas dans le nôtre), la théorie de la relativité est la seule possible ; avec comme cas limite la physique galiléenne.

26. Comprenez tous les mots dans cette remarque fondamentale :

*La relation  $E = mc^2$  est un cas particulier de la version "dynamique" du théorème de Pythagore spatio-temporel.*

27. Une autre façon de démontrer que la résolution du paradoxe des jumeaux ne passe pas par l'étude de l'accélération est de considérer un univers spatialement cylindrique. Dans un tel univers, le jumeau voyageur revient à son point de départ, plus jeune que son frère jumeau resté sur Terre, mais sans jamais avoir rebroussé chemin ! (et donc sans jamais avoir accéléré ou décéléré).

Référence : [La relativité animée](#) (2e édition), p. 82-83.

**Remarque :** Un tel espace cylindrique est-il intrinsèquement courbe ? Contrairement aux apparences, la réponse est non ! Expliquez pourquoi. Autrement dit, la géométrie euclidienne est valide sur sa surface (contrairement à la surface d'une sphère, par exemple).

La façon vue en classe correspondait plutôt aux p. 84-85.

28. La relativité est-elle compatible avec la mécanique quantique ?

29. Les courbures d'espace existent-elles vraiment ? Autrement dit, peut-on expliquer la relativité générale sans passer par le concept de déformation de l'espace-temps ? La réponse est oui ; mais alors, y aurait-il une façon de démontrer expérimentalement la réalité des courbures spatio-temporelles ?

30. Votre question...

### **Tout l'univers à notre portée**

(question facile mais amusante...)

Même si la vitesse de la lumière est une limite absolue, il est possible d'atteindre n'importe quel endroit dans le cosmos en un temps aussi court que l'on veut. Par exemple, la grande galaxie la plus proche de nous, Andromède, se trouve à deux millions d'années-lumière de la Terre, c'est-à-dire que la lumière prend deux millions d'années pour l'atteindre.<sup>1</sup> Or, si on se dirige vers Andromède à une vitesse très proche de celle de la lumière, le temps dans la fusée sera tellement ralenti que nous pourrions l'atteindre en quelques jours !

a) Supposons que l'on se dirige vers Andromède à 99,99999999999999% de la vitesse de la lumière, en combien de jours allons-nous l'atteindre ?  
(il y a quinze "9" après la virgule)

Nous pourrions donc faire l'aller-retour en le double de ce nombre de jours. Bien sûr, pendant ce temps il se sera écoulé 4 millions d'années sur la Terre (deux millions durant l'aller et deux millions durant le retour) puisque du point de vue de la Terre la fusée voyage à environ la vitesse de la lumière. Bref, même s'il existe une vitesse limite, l'univers entier est néanmoins à notre portée – il suffit de voyager à une vitesse assez proche de celle de la lumière...

En fait, si on tient compte des contraintes physiques du corps humain, on doit se limiter à des accélérations raisonnables; ce qui allonge la durée des voyages.

Notez que du point de vue de la fusée, pour qui le temps s'écoule normalement, c'est la distance Terre-Andromède qui est contractée. Voir la version espace-temps de cette explication à la figure de la p. 85.

### **Tableaux des effets relativistes →**

---

<sup>1</sup> La distance plus précise d'Andromède est 2,5 millions d'années-lumière.

### Ralentissement du temps

<i>Vitesse de la fusée par rapport à celle de la lumière</i>	<i>Vieillessement de la Terre pendant qu'il s'écoule <u>un an</u> dans la fusée</i>
10 %	1 an et 2 jours
50 %	1 an et 2 mois
90 %	2 ans
99 %	7 ans
99,9 %	22 ans
99,99 %	71 ans
99,999 %	224 ans
99,9999 %	707 ans
99,99999 %	2236 ans

### Contraction des longueurs

<i>Vitesse de la fusée par rapport à celle de la lumière</i>	<i>Longueur contractée d'une fusée qui mesure <u>10 m au repos</u></i>
10 %	9,9 m
50 %	8,7 m
90 %	4,4 m
99 %	1,4 m
99,9 %	40 cm
99,99 %	14 cm
99,999 %	4 cm
99,9999 %	1,4 cm
99,99999 %	4 mm