

RELATIVITÉ RESTREINTE



Capacité(s) contextualisée(s) mise(s) en jeu durant l'activité :

- ✓ Savoir que la vitesse de la lumière dans le vide est la même dans tous les référentiels galiléens.
- ✓ Extraire et exploiter des informations relatives à une situation concrète où le caractère relatif du temps est à prendre en compte.
- ✓ Exploiter la relation entre durée propre et durée mesurée.

But

- Découvrir les notions de la relativité restreinte.

Documents

(s'approprier)

Doc 1 : Les postulats de la relativité restreinte

« Une heure assis à côté d'une jolie femme semble durer une minute. Une minute assis sur un four brûlant semble durer une heure. C'est cela, la relativité. »

Albert Einstein

En 1905, Albert Einstein publie dans la revue Annalen der Physik quatre articles révolutionnaires, dont « Zur Elektrodynamik bewegter Körper », où il étudie de façon théorique les conséquences logiques de deux hypothèses révolutionnaires, que l'on se permettra de résumer ainsi,

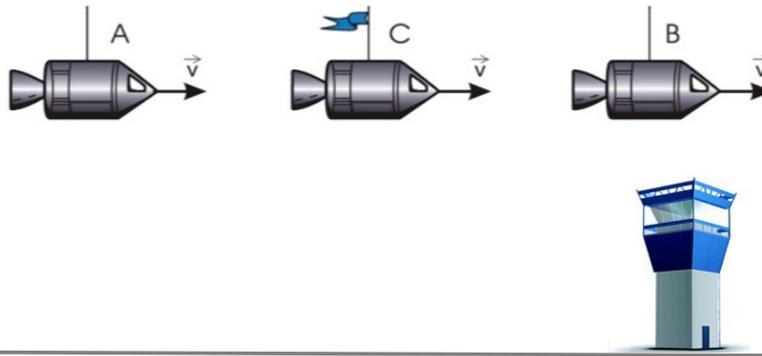
- les lois de la Physique sont les mêmes dans tous les référentiels d'inertie (ou référentiels galiléens).
- la vitesse de la lumière dans le vide est la même dans tous les référentiels d'inertie : elle ne dépend pas, par exemple, du mouvement de sa source ou de l'observateur.



La relativité restreinte ne considère que le cas des référentiels galiléens. Sinon, il faut prendre en compte les théories de la relativité générale.

Doc 2 : Expérience de pensée sur la simultanéité d'un événement

Trois astronautes se déplacent à travers l'espace, d'un mouvement rectiligne et uniforme par rapport à la Terre, au moyen des vaisseaux spatiaux A, C et B. Les vaisseaux se suivent à des distances rigoureusement égales. C porte le commandement pour l'ensemble de la flotte. Les ordres sont transmis aux vaisseaux A et B au moyen **d'ondes électromagnétiques se propageant dans toutes les directions à la vitesse c indépendante du référentiel**. Sur Terre, la base de contrôle surveille l'évolution des vaisseaux.



Afin de tenter de synchroniser les horloges de A et de B, C émet l'information :
« Il est midi pile ! ».

Quelques questions

1. Dans le référentiel du vaisseau commandant, les deux vaisseaux A et B reçoivent-ils l'information en même temps ?
2. Même question dans le référentiel terrestre.

Documents (suite)

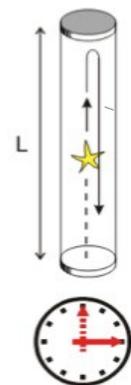
(s'approprier)



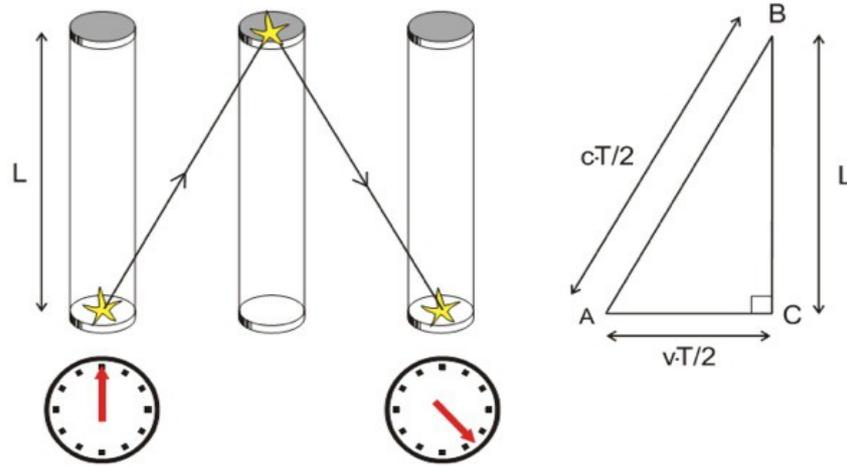
Doc 3 : Expérience de pensée sur la dilatation du temps

Considérons une "horloge à lumière", où une impulsion lumineuse effectuée des va-et-vient dans un tube entre deux miroirs parallèles distants d'une longueur L . Un mécanisme compte le nombre d'allers et retours comme dans les horloges mécaniques normales.

Embarquons cette horloge dans un vaisseau en mouvement rectiligne uniforme de vitesse v par rapport à la Terre. Supposons en plus que la vitesse soit perpendiculaire au tube de l'horloge. Mesurons l'intervalle de temps entre les événements "le signal part du miroir inférieur" et "le signal est reçu par le miroir inférieur".



Vu de la Terre, l'horloge est en mouvement uniforme de vitesse v et le signal parcourt une distance plus longue.



Quelques questions

1. Exprimer la durée Δt_0 d'un aller-retour de l'impulsion lumineuse dans le référentiel du vaisseau en fonction de L et c .
2. A l'aide du théorème de Pythagore, exprimer la distance AB parcourue par l'impulsion lumineuse dans le référentiel terrestre en fonction de L , v et Δt .
3. En déduire l'expression de la durée Δt d'un aller-retour de l'impulsion lumineuse dans le référentiel terrestre en fonction de L , c et v .
4. Retrouver alors la relation entre la durée Δt_0 et Δt :

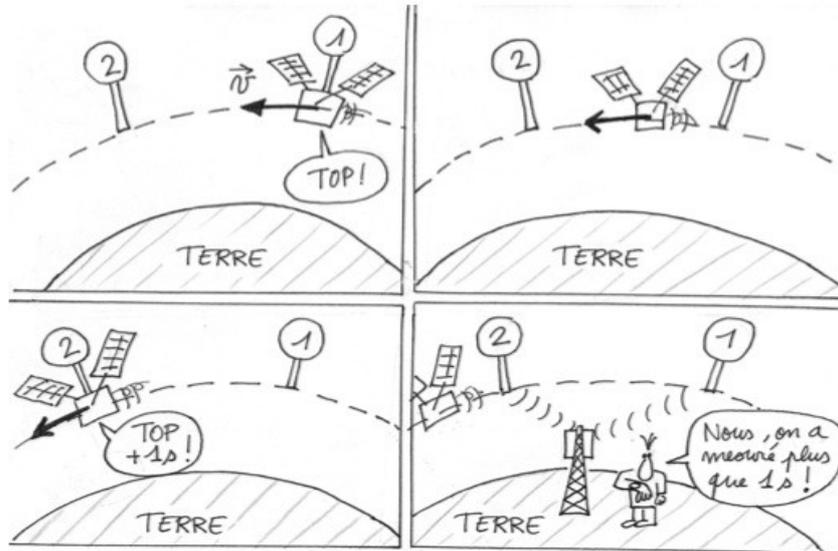
$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \text{ avec } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ (facteur de Lorentz)}$$

5. A l'aide de l'expression précédente et de votre calculatrice graphique, tracer l'allure du graphique représentant le rapport $\frac{\Delta t}{\Delta t_0}$ en fonction du rapport $\frac{v}{c}$ et commenter le.

Documents (suite)

(s'approprier) 

Doc 4 : Désaccord entre horloges embarquées et horloges immobiles.



Les satellites de la constellation GPS ne constituent pas un réseau de balises fixes, ils sont en orbite avec une vitesse $v = 3,87 \text{ km.s}^{-1}$ par rapport au sol. Toutes les horloges (celles des satellites et celles qui sont fixes par rapport au sol) sont de même nature. On constate pourtant un désaccord entre elles.

Source : http://eduscol.education.fr/ressources_physique-chimie_TS

Conclusion :

(analyser, valider, communiquer)



A l'aide des documents précédents, rédiger une synthèse argumentée montrant que le phénomène de relativité restreinte est à prendre en compte pour réaliser une géolocalisation précise par GPS.

Source : <http://physique.ac-orleans-tours.fr/>



Pour les plus curieux...

Dilatation du temps et contraction des longueurs

<http://www.youtube.com/watch?v=JTAMfufMI1o>