

RETOUR VERS LE FUTUR

Sujet inédit - SB

Partie A. Einstein et la relativité

“Imaginez que vous êtes un gendarme, muni du radar le plus perfectionné de tous les temps. Vous êtes sur le bord d’une *autoroute fibre optique*, où défilent des photos, à leur vitesse maximale. Votre radar indique donc sans cesse 3.10^8 m.s⁻¹.

Imaginez maintenant que vous êtes sur le bord d’une *voie ferrée-fibre optique*, vous voyez passer un train à très très grande vitesse, et à l’intérieur, de nouveaux photons, à leur vitesse maximale. Ces photons devraient donc avoir une vitesse égale à leur vitesse dans le vide, à laquelle on devrait ajouter la vitesse du train. Mais si vous flashez l’un de ces photons, votre radar indiquera encore et toujours 3.10^8 m.s⁻¹.”

Sébastien Bruneau, *tentant d’expliquer la relativité à des néophytes*

Document 1. Une expérience de pensée.

1.1. Quel postulat d’Albert Einstein est mis en lumière le document 1 ?

1.2. Quelle conséquence directe ce postulat a-t-il sur les propriétés de l’espace-temps.

Partie B. Principe du voyage dans le temps

Retour vers le futur (Back to the Future) est un film de science-fiction américain réalisé par Robert Zemeckis, sorti en 1985.

L’intrigue relate le voyage dans le passé d’un adolescent, Marty McFly, à bord d’une machine à voyager dans le temps fabriquée par le Docteur Emmett Brown à partir d’une voiture de modèle DeLorean DMC-12. Parti de l’année 1985 et propulsé en 1955, Marty, aidé du “Doc” de 1955, doit résoudre les paradoxes temporels provoqués par ses interventions dans le passé et trouver un moyen de faire fonctionner la machine pour retourner à son époque d’origine.

Document 2. Retour vers le futur. *Ce document est inutile pour la résolution du sujet.*

Le 12 novembre 1955 à 22h04, un éclair frappe l'horloge de Hill Valley¹ et l'arrête à tout jamais. Connaissant à l'avance cette information, Doc souhaite canaliser l'énergie de cet éclair pour récupérer les 2.21 gigawatts de puissance nécessaires à un retour de Marty en 1985.

CC-BY-SA 3.0. Wikipédia, 2013, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Hill%20Valley>

L'horloge est une horloge dite mécanique, c'est-à-dire que son fonctionnement est basé sur les mouvements de systèmes oscillants. Pour la simplification du problème, on admettra que cette horloge est suffisamment précise et que la durée qui s'écoule entre chaque déplacement d'aiguille reste homogène.

Document 3. L'horloge de l'Hôtel de Ville.

On rappelle la formule suivante : $\Delta t' = \Delta t \times \gamma$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ et $\beta = \frac{v}{c}$

$c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

2. Le 12 novembre 1955 à 21h00, heure affichée sur l'horloge de l'hôtel de ville (horloge A), soit 5 ans et demi avant le premier vol dans l'espace de Youri Gagarine, on décide d'envoyer un appareil dans l'espace accueillant une autre horloge (horloge B, atomique), voyageant à une vitesse moyenne $v = 2,3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$. L'évènement étudié est le vol de cet appareil jusqu'au moment où l'éclair s'abat sur l'horloge A.

2.1. Préciser les valeurs des temps suivants :

- Temps propre Δt_B de l'évènement à bord de l'appareil spatial ;
- Temps propre Δt_A de l'évènement sur Terre ;
- Temps de vol $\Delta t'_B$ de l'appareil observé depuis la terre.

2.2. Déterminer la date qu'affichera l'horloge B à la fin de cet évènement.

A la date de l'éclair, l'engin retourne sur terre, dans les mêmes conditions.

2.3. En comparant les nouveaux temps propres du parcours total, déterminer la différence de temps vécue par un homme s'étant retrouvé dans le module spatial, par rapport à un autre homme, resté sur Terre.

2.4. Conclure que l'on pourrait donc assimiler ce trajet à un court voyage dans le temps, que l'on précisera (voyage dans le passé ou dans le futur).

¹ Ville fictive de Californie où se situe l'action des trois films de la trilogie "Retour vers le futur"

En réalité, l'engin spatial habité le plus rapide de l'histoire était Apollo 10, qui a atteint la vitesse maximale de $11\,082\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3. Sans reprendre les calculs précisément, quelle conclusion pourrions-nous alors donner à la question 2 ?

Partie C. 88 miles à l'heure.

Dans le premier film "Retour vers le futur", Doc explique qu'il a conçu une machine à voyager dans le temps à partir d'une voiture de l'époque, une DeLorean DMC-12. Il teste sa machine en envoyant son chien Einstein 1 minute dans le futur :

Doc : Si mes calculs sont exacts, lorsque ce bolide atteindra les 88 miles à l'heure, attends-toi à voir quelque chose qui décoiffe.

(...)

La voiture démarre à toute allure, avec Einstein à son bord. A 88 miles à l'heure, la DeLorean s'enveloppe dans un champ magnétique et disparaît en laissant deux traînées de feu derrière elle, lesquelles passent juste sous les pieds de Doc et Marty.

(...)

Marty : Vous dites que vous avez fabriqué une machine à voyager dans le temps... à partir d'une DeLorean ?

Doc : Faut voir grand dans la vie, quitte à voyager dans le temps au volant d'une voiture, autant en choisir une qui ait de la gueule !

© Patrick Viney, *Back to Hill Valley*, <http://www.backtohillvalley.com>

Plus tard dans le film, Marty, piégé en 1955, devra à nouveau atteindre les 88 miles à l'heure à bord de la DeLorean, afin de retourner en 1985. La voiture devra dans la même seconde récupérer l'énergie de l'éclair qui s'abattera sur l'horloge de l'hôtel de ville, pour que la machine puisse fonctionner.

Document 4. 88 miles à l'heure.

Donnée	Symbole	Valeur	Unité
Masse molaire de l'oxygène	$M(\text{O})$	16	$\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Nombre d'Avogadro	N_A	$6,02\cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Electron-volt (conversion)	1 eV	$1,60\cdot 10^{-19}$	J
Energie d'ionisation totale de l'oxygène	$E_8(\text{O})$	871,41	eV

Mile (conversion)	1 mi	1609	m
Energie moyenne délivrée par un éclair	$E_{\text{éclair}}$	0,5	GJ
Durée moyenne d'un éclair	$t_{\text{éclair}}$	25	ms

Document 5. Données utiles

4. Vérifier qu'il est possible théoriquement de récupérer dans un éclair la puissance nécessaire pour un retour dans le futur, même dans le cas où 80 % de l'énergie était perdue.

5. Quel est le type de transfert d'énergie mis en jeu lors la récupération de l'énergie de l'éclair ?

6. La vitesse atteinte par la DeLorean à la date de l'éclair est-elle une vitesse relativiste ? Justifier.

7. Dans le film, la voiture et ses occupants se dématérialisent et se rematérialisent dans une autre époque, ce qui ne correspond donc pas au procédé de voyage dans le temps décrit dans la partie B.

L'objectif des questions suivantes est de déterminer si l'énergie d'un seul éclair pourrait être au moins capable d'ioniser la totalité des atomes présents dans un être humain.

Pour simplifier, on suppose que le corps humain n'est constitué que d'atomes d'oxygène, ce qui est une approximation très grossière.

7.1. Quel phénomène se produit lorsqu'un électron passe à un état excité en gagnant l'énergie d'un photon.

7.2. Faire un schéma résumant le phénomène évoqué à la question précédente.

8. Lorsque l'on donne suffisamment d'énergie à un électron, il peut être définitivement séparé de son noyau. Il s'agit d'une ionisation de l'atome.

8.1. Déterminer le nombre d'atomes dans un homme de 70 kg.

8.2. En déduire l'énergie nécessaire pour ioniser totalement tous les atomes d'oxygène d'un être humain.

8.3. Conclure sur la capacité d'un éclair à ioniser un être humain, à *fortiori* de le désintégrer, ou de le dématérialiser.