

Nécessaire imagination scientifique

George Gamow (1904-1969) est l'un des physiciens les plus influents du XX^{ème} siècle : on lui doit notamment la théorie du « big bang », aujourd'hui admise pour décrire la naissance de l'Univers. Gamow s'est aussi illustré par son talent de vulgarisateur : il s'est en effet appliqué à faire comprendre au grand public les théories de la physique moderne.

Cette activité propose un extrait du Nouveau monde de M. Tompkins, ouvrage dans lequel Gamow raconte les rêveries d'un employé de bureau. Au début de cet extrait, M. Tompkins rêve d'un monde où la célérité de la lumière est beaucoup plus faible que dans la réalité : ainsi les effets de la relativité sont beaucoup plus marqués dans les situations quotidiennes...

Les aiguilles de la grande horloge au-dessus du porche de l'université indiquaient cinq heures. La rue était quasiment déserte, à l'exception d'un cycliste isolé qui s'approchait lentement de lui. (...) L'horloge sonna cinq coups et le cycliste (de toute évidence en retard) appuya plus fort sur les pédales. M. Tompkins n'eut pas l'impression qu'il accélérât réellement (...)

« La vitesse limite de la nature doit être beaucoup plus basse ici, conclut-il. J'estime qu'elle ne doit pas dépasser 30 kilomètres à l'heure. Ils n'ont pas besoin de radar dans cette ville. »

De fait, l'ambulance qui passait à vive allure à cet instant n'allait guère plus vite que le cycliste. Malgré ses gyrophares et la sirène hurlante, elle se traînait. M. Tompkins voulut rattraper le cycliste (...) mais comment le rejoindre? Il remarqua alors une bicyclette appuyée contre le mur de l'université. M. Tompkins se dit qu'elle appartenait sans doute à un étudiant en cours et qu'il pouvait sans problème l'emprunter quelques instants. Vérifiant que personne ne le regardait, il sauta en selle et se lança dans la rue à la poursuite de l'autre cycliste. (...)

M. Tompkins était bon cycliste et il faisait de son mieux pour rattraper le jeune homme. Mais il n'était pas du tout facile de prendre de la vitesse avec cette bicyclette. Il avait beau appuyer aussi fort que possible sur les pédales, il n'accélérait pas. Ses jambes devenaient douloureuses, pourtant, en passant devant le lampadaire du coin de la rue, il n'allait guère plus vite qu'au départ. Apparemment, ses efforts ne menaient à rien. Il commençait à comprendre pourquoi l'ambulance ne faisait pas mieux que le cycliste. (...) Le cycliste qui filait devant lui sembla se rapprocher et il finit par le rejoindre.

« Excusez-moi, demanda-t-il. Cela ne vous gêne pas de vivre dans une ville avec une limitation de vitesse aussi faible?

- Une limitation de vitesse? répondit l'autre tout surpris. Il n'y a pas de limitation de vitesse ici. Je peux aller n'importe où aussi vite que je veux. Ou, plus exactement, je le pourrais si j'avais une moto au lieu de ce vieux vélo !
- Mais vous alliez très lentement quand vous êtes passé devant moi il y a quelques instants, dit M. Tompkins.
- Je n'appellerais pas cela aller lentement, rétorqua le jeune homme. (..) D'ailleurs nous y voilà », dit le jeune homme en freinant et en descendant de bicyclette.

M. Tompkins s'arrêta lui aussi. Il regarda l'horloge de la poste, qui indiquait cinq heures et demie.

« Ah! Ah! s'exclama-t-il d'un ton triomphal. C'est bien ce que je vous disais. En vérité, vous rouliez lentement et vous avez mis une bonne demi-heure pour passer ces dix pâtés de maisons. Il était cinq heures quand vous êtes passé devant moi à la hauteur de l'université ; il est maintenant cinq heures et demie !

- Avez-vous eu l'impression qu'une demi-heure était passée? lui demanda son compagnon. Vous a-t-elle vraiment paru durer une demi-heure ? »

M. Tompkins dut admettre que cela ne lui avait pas paru si long, quelques minutes tout au plus. D'ailleurs, en regardant la montre à son poignet, il vit qu'elle ne marquait que cinq heures cinq.

« Oh! murmura-t-il, vous voulez dire que l'horloge de la poste avance?

- Vous pouvez le dire comme cela, répondit le jeune homme. À moins, bien sûr, que ce soit votre montre qui retarde. Elle s'est déplacée par rapport à ces horloges, n'est-ce pas ? À quoi donc vous attendiez-vous ? »

(...) Et le jeune homme disparut dans le bureau de poste.

M. Tompkins (...) remit sa montre à l'heure sur l'horloge de la poste et, pour s'assurer que tout fonctionnait normalement, il attendit dix minutes. Elle indiquait toujours la même heure que l'horloge : tout était en ordre.

En continuant à descendre la rue, il arriva à la gare. Il décida alors de comparer sa montre à l'horloge de la gare et constata, à son grand dépit, qu'elle retardait un peu.

« Oh mon Dieu, encore la relativité, conclut M. Tompkins. Cela doit arriver chaque fois que je me déplace. Que c'est ennuyeux! Devoir remettre sa montre à l'heure après chaque déplacement ! »

Au même instant, un homme élégamment vêtu sortit de la gare. Il paraissait avoir une quarantaine d'années. Regardant autour de lui, il reconnut une vieille dame qui attendait sur le bord du trottoir et il se dirigea vers elle pour la saluer. À la grande surprise de M. Tompkins, la vieille dame accueillit le nouvel arrivant en l'appelant « cher grand-père ! » Comment cela était-il possible ?

Comment cet homme-là pouvait-il être le grand-père de la vieille dame? Débordant de curiosité, M. Tompkins se dirigea vers le couple et demanda timidement :

« Je vous prie de m'excuser, mais vous ai-je bien entendu ? Êtes-vous vraiment son grand-père ? »

(...)

Le nouveau monde de M. Tomkins
par George Gamow et Russel Stannard

Questions

1. Dans le monde dont rêve M. Tomkins, que vaut la célérité de la lumière dans le vide ? Justifier à l'aide du texte.
2. Les retards que constate M. Tomkins peuvent-ils résulter d'un défaut de sa montre ? Justifier à l'aide du texte.
3. Sans calcul, montrer que la relativité permet d'interpréter le décalage que constate M. Tomkins entre l'heure indiquée par sa montre et celle indiquée par la pendule de la poste. En particulier, définir soigneusement les événements considérés et utiliser la notion de durée propre entre ces événements.
4. Pourquoi le retard pris par la montre de M. Tomkins, dans son rêve, est-il beaucoup plus important qu'il ne l'aurait été dans la réalité ? Justifier à l'aide de la relation entre durée propre et durée mesurée.
5. Imaginer une réponse possible de l'homme qui sort de la gare à la question que lui pose M. Tomkins à la fin de l'extrait.

CORRECTION DES QUESTIONS

1. Dans le monde dont rêve M. Tomkins, que vaut la célérité de la lumière dans le vide ? Justifier à l'aide du texte.

→ M. Tomkins constate que $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ est la vitesse limite impossible à dépasser : dans son rêve, $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ est donc la célérité de la lumière.

2. Les retards que constate M. Tomkins peuvent-ils résulter d'un défaut de sa montre ? Justifier à l'aide du texte.

→ Non, sa montre n'a pas de défaut. En effet, lorsque M. Tomkins attend devant l'horloge de la poste pendant 10 minutes, sa montre et l'horloge ont avancé de 10 mn.

3. Sans calcul, montrer que la relativité permet d'interpréter le décalage que constate M. Tomkins entre l'heure indiquée par sa montre et celle indiquée par la pendule de la poste. En particulier, définir soigneusement les événements considérés et utiliser la notion de durée propre entre ces événements.

→ On considère deux événements :

1) départ de M. Tomkins

2) passage de M. Tomkins devant l'horloge de la poste

La durée propre qui s'écoule entre ces deux événements est celle, notée Δt_p , mesurée par l'horloge liée à M. Tomkins, autrement dit sa montre.

La durée mesurée depuis le sol terrestre est celle, notée Δt_m , affichée par l'horloge de la poste. On a bien $\Delta t_m > \Delta t_p$, comme l'indique la relation de dilatation des durées :

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_p}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

4. Pourquoi le retard pris par la montre de M. Tomkins, dans son rêve, est-il beaucoup plus important qu'il ne l'aurait été dans la réalité ? Justifier à l'aide de la relation entre durée propre et durée mesurée.

→ Dans le monde réel Δt_m et Δt_p auraient été très peu différentes. L'idée de Gamow consistant à imaginer une célérité faible pour la lumière accentue considérablement les effets relativistes.

En effet, le quotient $\frac{v^2}{c^2}$ est voisin de 1, le dénominateur de la relation citée à la question précédente est alors voisin de 0 et donc Δt_m est très supérieure à Δt_p .

5. Imaginer une réponse possible de l'homme qui sort de la gare à la question que lui pose M. Tomkins à la fin de l'extrait.

→ Toute réponse suggérant que l'homme est souvent en mouvement pourra être acceptée. On gardera bien à l'esprit que cette approche est simpliste, comme nous l'avons indiqué dans les commentaires de cette activité.

On pourra donner aux élèves la suite du texte de Gamow :

— Ah, je vois, dit l'homme en souriant. Je dois peut-être vous expliquer que mon métier m'oblige à voyager beaucoup. (...) Je passe dans le train une grande partie de ma vie. »

La raison pour laquelle la montre de M. Tomkins retarde est l'accélération qu'elle a subie au démarrage de son vélo, puis de la décélération qui explique son arrêt devant le bureau de poste. Il s'agit donc d'un effet de la relativité générale ! Si on avait voulu se limiter strictement aux effets de la relativité restreinte, il aurait fallu que M. Tomkins observe simultanément les deux horloges alors qu'il était en mouvement rectiligne uniforme. Gamow, dans la suite de son livre, explique cela très en détail.