L'ASTRONAUTE ET SON HORLOGE EMBARQUEE

Dans plusieurs œuvres de science-fiction (et notamment dans la série déjà ancienne des STAR TREK), des vaisseaux spatiaux sont censés se déplacer à une vitesse « supraluminique », c'est-à-dire supérieure à celle de la lumière dans le vide. Or, la relativité nous enseigne que la vitesse (c) de la lumière est une vitesse limite qu'aucun corps ne peut dépasser ni même atteindre.
Est-ce à dire que la science-fiction bafoue carrément la science tout court ?

La réponse n'est pas si simple : Dire qu'aucun corps matériel ne peut atteindre ni, *a fortiori*, dépasser la vitesse c signifie que la vitesse d'un corps quelconque doit toujours être inférieure à c lorsqu'elle est mesurée dans un référentiel galiléen et selon des horloges en repos et synchronisées dans ce repère. En admettant comme approximativement galiléen un repère basé sur la Terre et des étoiles, la vitesse d'un astronef ne peut, en vertu de la théorie de la relativité, qu'être inférieure à c par rapport à ce repère.
Mais, de même que nous mesurons généralement la durée d'un voyage que nous faisons sur terre d'après notre montre, qui voyage avec nous, envisageons maintenant le fait que les passagers de l'astronef compteront généralement le temps de leur périple en se référant à une horloge de haute précision embarquée dans leur vaisseau spatial. Nous savons par les textes précédents (notamment le texte : « Quelques conséquences de la transformation de Lorentz »), qu'une horloge animée de grande vitesse apparaît ralentie par rapport aux horloges fixes et synchronisées qu'elle rencontre successivement sur son parcours. Par conséquent, l'horloge embarquée dans l'astronef raccourcira les durées par rapport aux horloges rencontrées dans le référentiel que nous avons cité. Si les distances parcourues par l'astronef sont, elles, mesurées dans ce référentiel (tout comme les distances que nous parcourons en voiture sont mesurées au sol), la vitesse de l'astronef paraîtra aux astronautes supérieure à celle relevée par les observateurs immobiles dans le référentiel. En effet : supposons, par exemple, que l'astronef parcoure une distance x, d'après le référentiel galiléen, en un laps de temps Δt mesuré dans ce référentiel. Nous savons que l'horloge embarquée dans l'astronef indiquera, elle, un laps de temps égal à $a\Delta t$ (rappel : $a = (1 - v^2/c^2)^{1/2}$). La vitesse v de cet astronef, selon le référentiel, sera $x/\Delta t$, mais, pour les astronautes qui connaissent x et qui mesurent $a\Delta t$, la vitesse V sera $x/a\Delta t = (x/\Delta t)/a = v/a$; elle sera donc supérieure à v.

Détaillons ceci :

$$V = v/a = v/(1 - v^2/c^2)^{1/2} = 1/(1/v^2 - 1/c^2)^{1/2} = \boxed{c/(c^2/v^2 - 1)^{1/2}}$$

Il est impératif que $v < c$, c.-à-d. $c^2/v^2 > 1$. Si, en outre, et seulement si $c^2/v^2 < 2$ ($\Leftrightarrow c/v < \sqrt{2}$) alors $c^2/v^2 - 1 < 1$ et donc $(c^2/v^2 - 1)^{1/2} < 1$ ce qui équivaut à $\mathbf{V > c}$.

On en déduit que la vitesse V, évaluée par les astronautes, sera supérieure à c lorsque $c/v < \sqrt{2}$, c'est-à-dire : $\boxed{c/\sqrt{2} < v < c}$.
c étant fixée exactement à 299 792, 458 km/s, $\boxed{\mathbf{c/\sqrt{2} \approx 211\,985,28\ km/s}}$.

Au dessus de cette dernière vitesse (mesurée dans le référentiel que nous nous sommes fixé) et qui est inférieure à c, donc théoriquement possible, **la vitesse V, calculée par les astronautes d'après leur horloge embarquée, sera supérieure à c, donc « supraluminique ».**

<u>Exemple numérique</u> :

Supposons un astronef quittant la Terre et parcourant dans l'espace une distance de 150 millions de km (c'est-à-dire approximativement la distance Terre-Soleil) avec une vitesse constante v de 270 000 km/s (nous sommes bien dans le cas où $c/\sqrt{2} < v < c$). En prenant $c \approx 300\,000$ km/s, pour ne pas compliquer les calculs, nous obtenons $c/v \approx 3/2{,}7 \approx 1{,}111$. .

$$\Rightarrow \ V \approx 619\,422 \text{ km/s}.$$

Les astronautes considéreront alors leur vitesse de croisière comme plus du double de celle de la lumière dans le vide. Ils franchiront la distance Terre-Soleil en environ 4 mn 2s d'après leur horloge embarquée. Mais, pour des observateurs sur Terre, ils auront accompli ce voyage en environ 9 mn 15s.
Si les astronautes reviennent avec la même vitesse qu'à l'aller, ils auront encore voyagé 4 mn 2s et à une vitesse toujours supraluminique selon leur horloge. Ils auront vieilli un peu moins que les terriens, comme nous l'avons vu dans l'expérience imaginaire du « voyageur de Langevin ».

On peut retenir de tout ceci que, si un jour l'homme parvient à voyager dans l'espace avec des vitesses assez proches de c, il pourra parcourir de très grandes distances en un temps qui lui sera peu long et selon une vitesse qui lui paraîtra supraluminique.

Une dernière question théorique se pose à ce sujet : Cette vitesse supraluminique a-t-elle une limite supérieure ?
Puisque $V = c/(c^2/v^2 - 1)^{1/2}$, lorsque $v \dashrightarrow c$, $c^2/v^2 \dashrightarrow 1$ et $V \dashrightarrow \infty$.

Il n'y a pas de limite supérieure théorique à la vitesse supraluminique que les astronautes pourront peut-être mesurer un jour selon l'horloge de leur astronef.

*