

Effet de la distance dans l'objection de la navette et du missile

Lorsque la navette spatiale accélère brutalement à une vitesse de $0,5c$ en s'éloignant d'un missile, la relativité restreinte prévoit un basculement de la ligne de simultanéité. Cela signifie que les événements considérés comme simultanés avant l'accélération ne le sont plus après, et ce glissement temporel dépend directement de la distance de l'objet observé. Plus le missile est éloigné, plus l'effet devient marqué.

Formule relativiste du glissement temporel :

$$\Delta t = (v \times x) / c^2$$

où :

$$- v = 0,5c = 1,5 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$- c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Cas 1 : Missile à 1000 km

$$x = 1000 \text{ km} = 10^6 \text{ m}$$

$$\Delta t = (1,5 \times 10^8 \times 10^6) / (9 \times 10^{16}) = 1,67 \times 10^{-3} \text{ s} \approx 1,67 \text{ millisecondes}$$

Cas 2 : Missile à 10^{10} km

$$x = 10^{10} \text{ km} = 10^{13} \text{ m}$$

$$\Delta t = (1,5 \times 10^8 \times 10^{13}) / (9 \times 10^{16}) = 1,67 \times 10^4 \text{ s} \approx 4 \text{ heures et } 38 \text{ minutes}$$

Résumé comparatif

Distance du missile	Δt (glissement temporel)	Décalage temporel
1000 km	$1,67 \times 10^{-3} \text{ s}$	$\approx 1,67 \text{ ms}$
10^{10} km	$1,67 \times 10^4 \text{ s}$	$\approx 4 \text{ h } 38 \text{ min}$

Conclusion physique

Pour de faibles distances (1000 km), le glissement temporel est négligeable. Mais pour des distances astronomiques (10^{10} km), ce même effet fait reculer l'événement dans le passé de plusieurs heures selon le nouveau référentiel de la navette. Cela renforce l'objection : si l'on donne un statut réel à la position du missile au moment de l'accélération, alors l'effet relativiste implique une absurdité — le missile semble 'reculer dans le passé'.

Cas additionnel : Missile mobile à 3000 km/h vers la navette

Si le missile se déplace à 3000 km/h (soit 833 m/s) en direction de la navette au moment de l'accélération, il n'est plus immobile dans le référentiel terrestre. Cela signifie que

l'événement « le missile est à 10^{13} m à $t = 0$ » devient un événement mobile. Pour le traiter correctement, on utilise la transformation de Lorentz complète :

$$t' = \gamma \times (t - v \cdot x / c^2)$$

Avec :

- $v = 0,5c = 1,5 \times 10^8$ m/s (vitesse finale de la navette),
- $x = 10^{13}$ m (position du missile au moment de l'accélération),
- $t = 0$ (temps dans le référentiel terrestre),
- $\gamma \approx 1,1547$.

On obtient :

- Glissement temporel simple (missile immobile) : $\Delta t \approx 16667$ secondes ≈ 4 h 38 min,
- Temps dans le référentiel de la navette : $t' \approx -19245$ secondes ≈ -5 h 20 min.

Ce résultat est encore plus frappant : dans le nouveau référentiel de la navette, l'événement observé est perçu comme ayant eu lieu plus de 5 heures dans le passé. Cela renforce l'objection : si le missile a une existence réelle et actuelle, le fait que la navette change de vitesse ne devrait pas faire reculer son existence dans le passé.

Remarque sur la durée de l'accélération

Pour simplifier, on suppose ici une accélération instantanée de la navette. Cela permet d'utiliser directement les transformations de Lorentz pour analyser le changement de simultanéité. En pratique, une accélération réelle aurait une durée finie, mais l'effet total sur la simultanéité resterait le même : le glissement temporel observé serait réparti progressivement pendant la phase d'accélération, sans changer l'effet global étudié ici.