

Même si la présence des deux observateurs, au moment du croisement, en un même point de l'espace-temps est seulement approchée (à epsilon près), elle n'est pas de nature à invalider le raisonnement, car les effets liés à des écarts aussi faibles sont négligeables face à l'échelle des phénomènes étudiés -- et, le cas échéant, leur influence pourrait être calculée explicitement.

Mais quel impact réel aurait, par exemple, un écart de dix centimètres entre les deux observateurs dans une dimension spatiale transverse (la deuxième ou la troisième), si l'événement observé se situe à cent milliards de kilomètres dans la première dimension spatiale ? Cela revient à considérer un triangle rectangle dont :

- la base (distance longitudinale) est de  $L = 10^{14}$  m (cent milliards de kilomètres),
- la hauteur (écart transverse) est de  $\epsilon = 0,1$  m.

L'angle formé theta est donné par :

$$\tan(\theta) = \epsilon / L = 0,1 / 10^{14} = 10^{-15}$$

L'hypoténuse vaut :

$$\sqrt{L^2 + \epsilon^2} = \sqrt{(10^{14})^2 + (0,1)^2} = \sqrt{10^{28} + 0,01} \sim 10^{14} \text{ m}$$

La différence de longueur entre l'hypoténuse et la base est donc :

$$\sqrt{10^{28} + 0,01} - 10^{14} \sim 10^{14} (\sqrt{1 + 10^{-28}} - 1)$$

En utilisant l'approximation  $\sqrt{1 + x} \sim 1 + x/2$  pour  $x \ll 1$ , on obtient :

différence  $\sim 10^{14} \times (10^{-28} / 2) = 5 \times 10^{-15} \text{ m}$

Autrement dit, la différence entre les deux longueurs est de 5 femtomètres, soit une taille inférieure au rayon d'un noyau atomique. Cet écart est totalement négligeable, tant du point de vue géométrique que physique.

À cette échelle, toute correction est bien inférieure à tout seuil de détection raisonnable, et ne remet aucunement en cause la validité du raisonnement.

Par ailleurs, il n'est même pas nécessaire de faire intervenir deux observateurs distincts : dans des expériences comme celle de la navette et du missile, un même observateur peut changer de référentiel en accélérant. Cela suffit à poser la question du temps propre et des relations de simultanéité selon les différents référentiels traversés.

