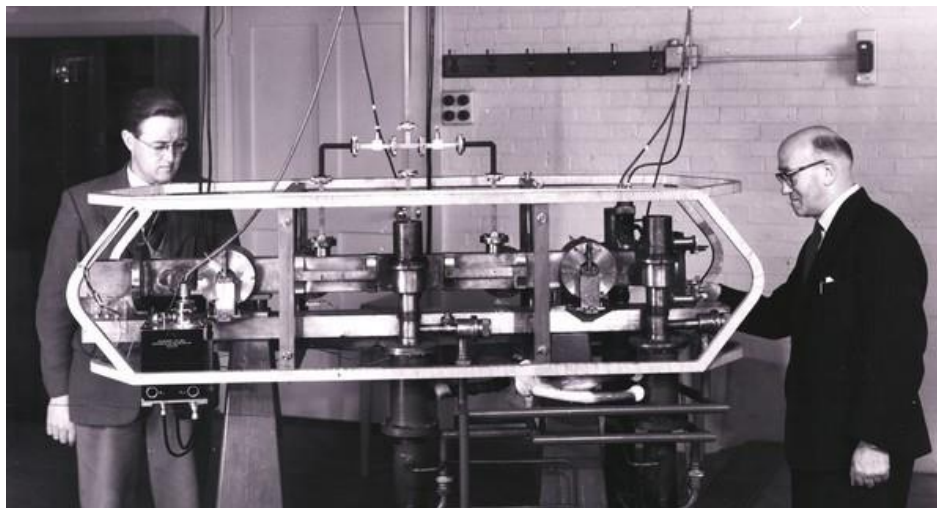


## I TEMPS ATOMIQUE

Les moyens de communications modernes demandent une très grande précision dans la mesure du temps.

On utilise pour cela des horloges qui mesurent la seconde à partir des oscillations entre deux niveaux de l'atome de césium.

**La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 1333**



## II POSTULATS D'EINSTEIN

**Premier postulat : le principe de la relativité**

*Toutes les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels d'inertie.*

**Deuxième postulat : Le principe de la constance de la vitesse de la lumière**

*La vitesse de la lumière dans le vide est la même dans tous les référentiels d'inertie.*

$$C = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$$

## III DILATATION DU TEMPS.

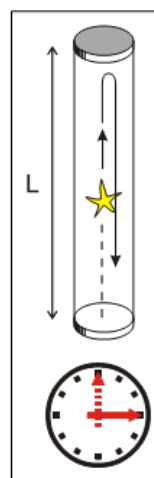
Une impulsion lumineuse effectuée des va-et-vient dans un tube disposé entre deux miroirs parallèles distants d'une longueur  $L$ .

Un mécanisme compte le nombre d'allers et retours comme dans les horloges mécaniques normales.

Embarquons cette horloge dans un vaisseau en mouvement rectiligne uniforme à la vitesse  $v$  par rapport à la Terre.

Supposons en plus que la vitesse soit perpendiculaire au tube de l'horloge.

Mesurons l'intervalle de temps entre les événements "le signal part du miroir inférieur" et "le signal est reçu par le miroir inférieur"



## Que mesure l'astronaute?

Pour l'astronaute, l'horloge est au repos. Le signal lumineux parcourt à la vitesse  $c$  une distance  $2L$  entre les deux miroirs.

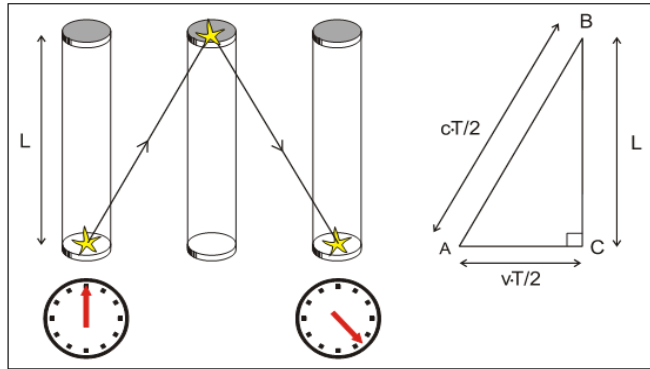
L'intervalle de temps  $T_0$  mesuré dans le référentiel de l'astronaute entre les deux événements est appelé  **période propre**  de l'horloge.

$$T_0 = 2L/c$$

Pour nous, l'horloge est en mouvement uniforme de vitesse  $v$  et le signal parcourt une distance plus longue. D'après le second postulat, la vitesse du signal lumineux est pour nous également  $c$ .

Il met donc un temps  $T/2 > T_0/2$  pour parcourir la distance  $AB > L$  entre les deux miroirs.

Dans le référentiel terrestre, où on a disposé deux horloges séparées dans l'espace, l'intervalle de temps est supérieur à celui enregistré dans le référentiel de l'astronaute, à l'aide d'une seule horloge.



## Définitions: intervalles de temps propre et impropre.

**La durée entre deux événements se produisant au même lieu de l'espace est appelée intervalle de temps propre.** Cet intervalle est mesuré par une seule horloge se trouvant à l'endroit où les événements se produisent.

**La durée entre deux événements se produisant en des lieux différents de l'espace est appelée intervalle de temps impropre.** Cet intervalle ne peut être mesuré que par deux horloges se trouvant aux deux endroits où les événements se produisent

Pour l'observateur extérieur : on appelle  $T$  l'intervalle de temps séparant les deux événements (temps impropre).

$$(cT/2)^2 = (vT/2)^2 + (L)^2 \quad (\text{Th. de Pythagore})$$

En utilisant la relation précédente entre  $L$  et  $T_0$ , on montre que  $T_0^2 = T^2(1 - v^2/c^2)$

On peut généraliser en liant temps impropre et temps propre.

$$\Delta T_{\text{impropre}} = \frac{\Delta T_{\text{propre}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

**Conclusion** Deux horloges  $A$  et  $B$  séparées dans l'espace, enregistrent entre deux événements un intervalle de temps (impropre) plus grand que l'intervalle de temps (propre) enregistré par une seule horloge se déplaçant de  $A$  vers  $B$ , et qui est présente aux deux événements.

**On appelle souvent ce phénomène « Dilatation du temps »**

## IV PREUVE EXPERIMENTALE DE LA DILATATION DU TEMPS:

Expérience des muons (B. Rossi et D. B. Hall 1941)

Ou horloges embarquées dans avions.