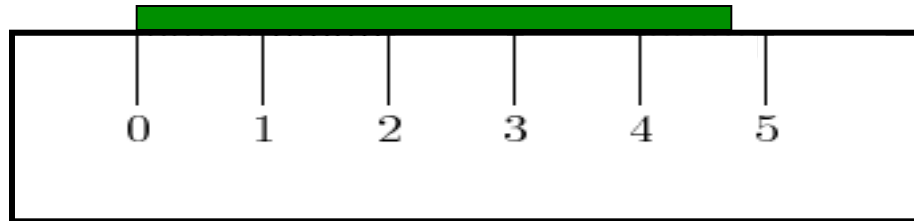


TEMPS & HORLOGES

- ❑ Ecoulements - Astronomie
- ❑ **Oscillateurs et horloges atomiques**
- ❑ Applications

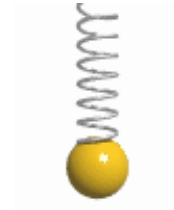
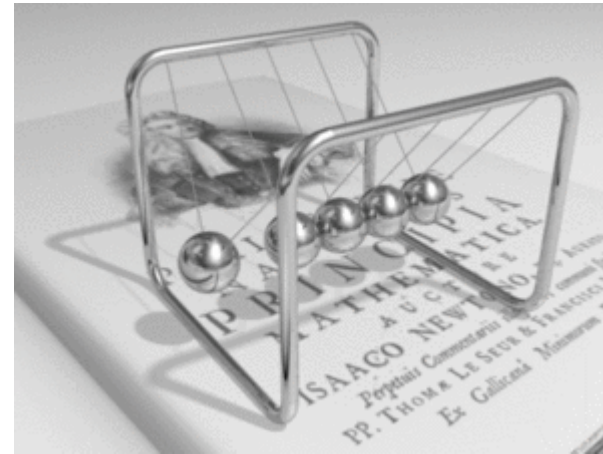
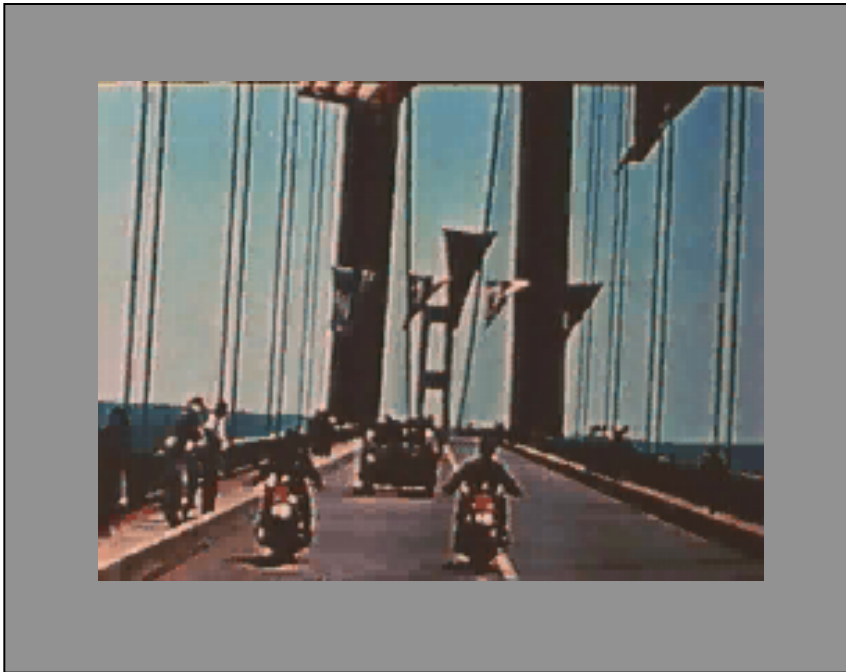
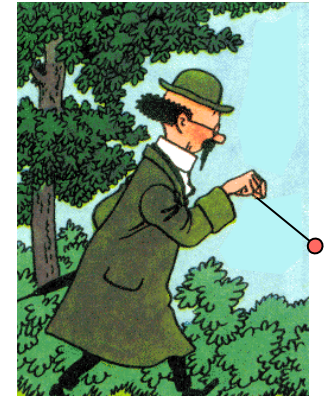
Mesurer une distance avec une règle

→ On compte le nombre de graduations



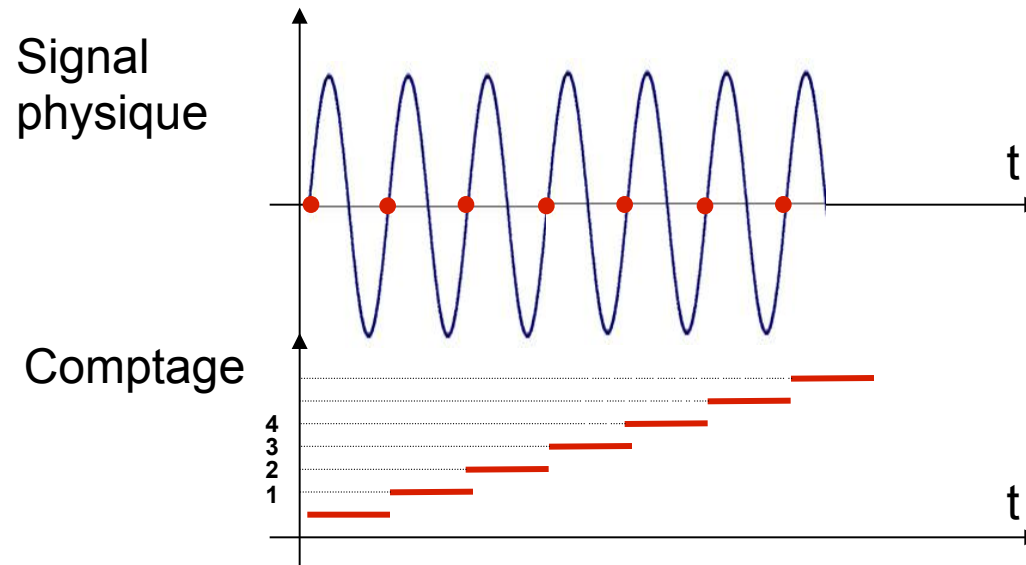
Mesurer le temps avec un oscillateur

Oscillateur = Système dont une caractéristique se reproduit périodiquement



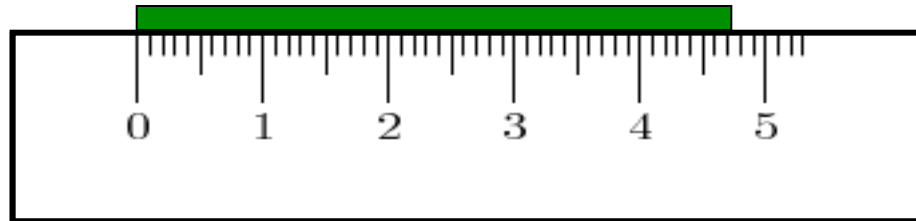
Mesurer le temps avec un oscillateur

→ On mesure une durée en comptant le nombre de périodes d'oscillation



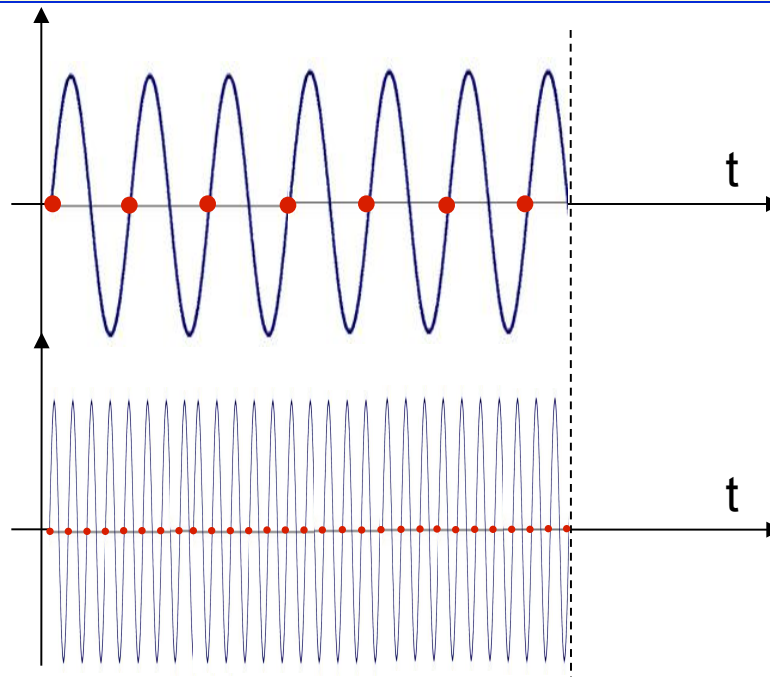
Mesurer une distance avec une règle

→ Importance de la finesse des graduations



Importance de la fréquence d'oscillation

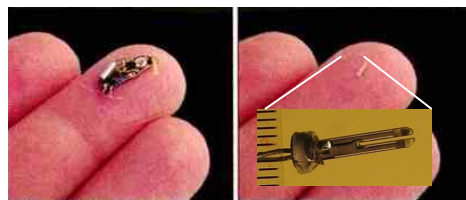
→ Intérêt d'avoir
une grande fréquence



Oscillateur → mécanique



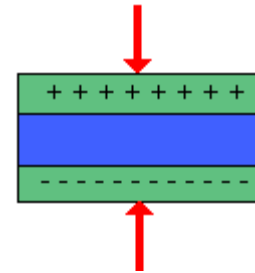
quartz



Les oscillateurs à quartz

Piézoélectricité (P. Curie, 1880) :

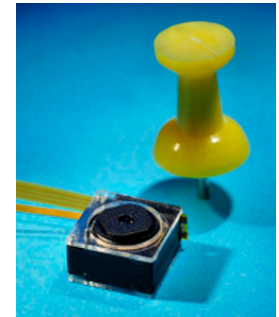
Déformation mécanique $\leftarrow \rightarrow$ **Signal électrique**



Utilisés dans les oscillateurs à quartz

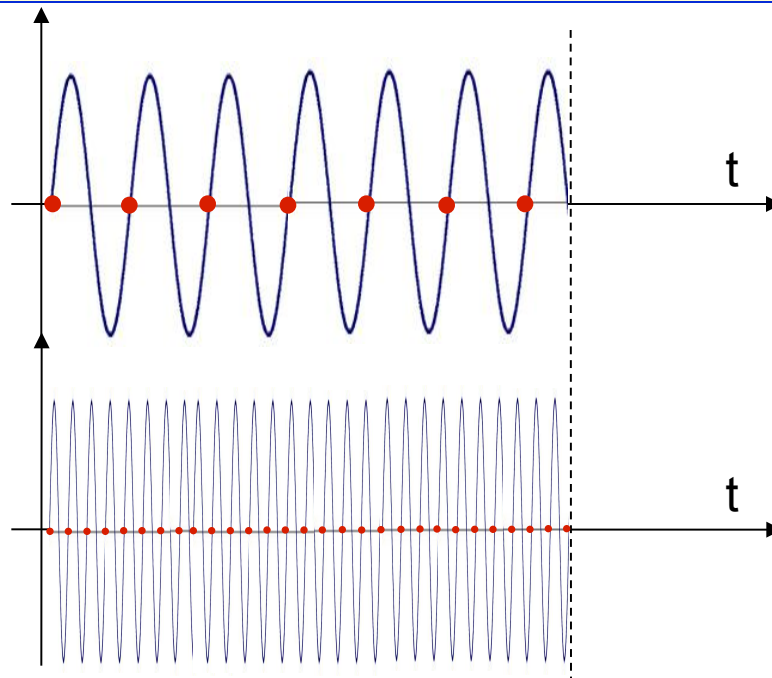


(aussi dans les filtres électroniques, tourne-disques, allume-gaz, moteurs auto-focus, balances, capteurs de température, de pression, d'accélération, de rotation, ...)



Importance de la fréquence d'oscillation

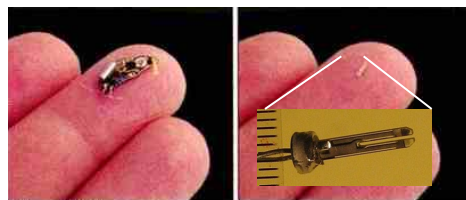
→ Intérêt d'avoir
une grande fréquence



Oscillateur → mécanique



quartz



M. Toscas/Gal 27

micro-onde

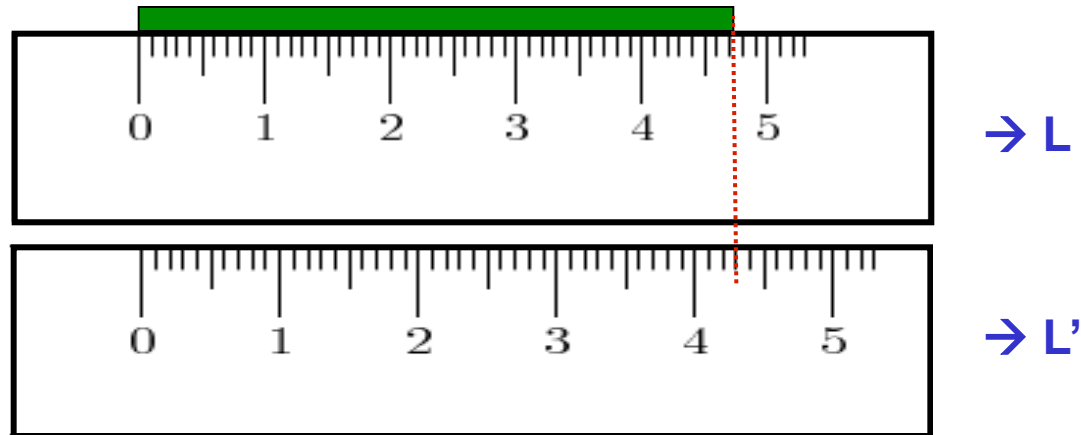


laser

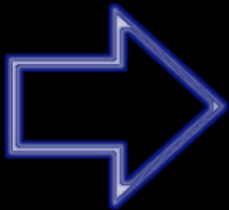


Mesurer une distance avec une règle

→ Importance de la confiance (stabilité, exactitude) dans les graduations

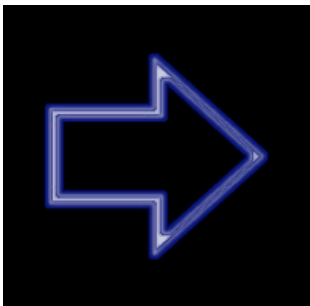
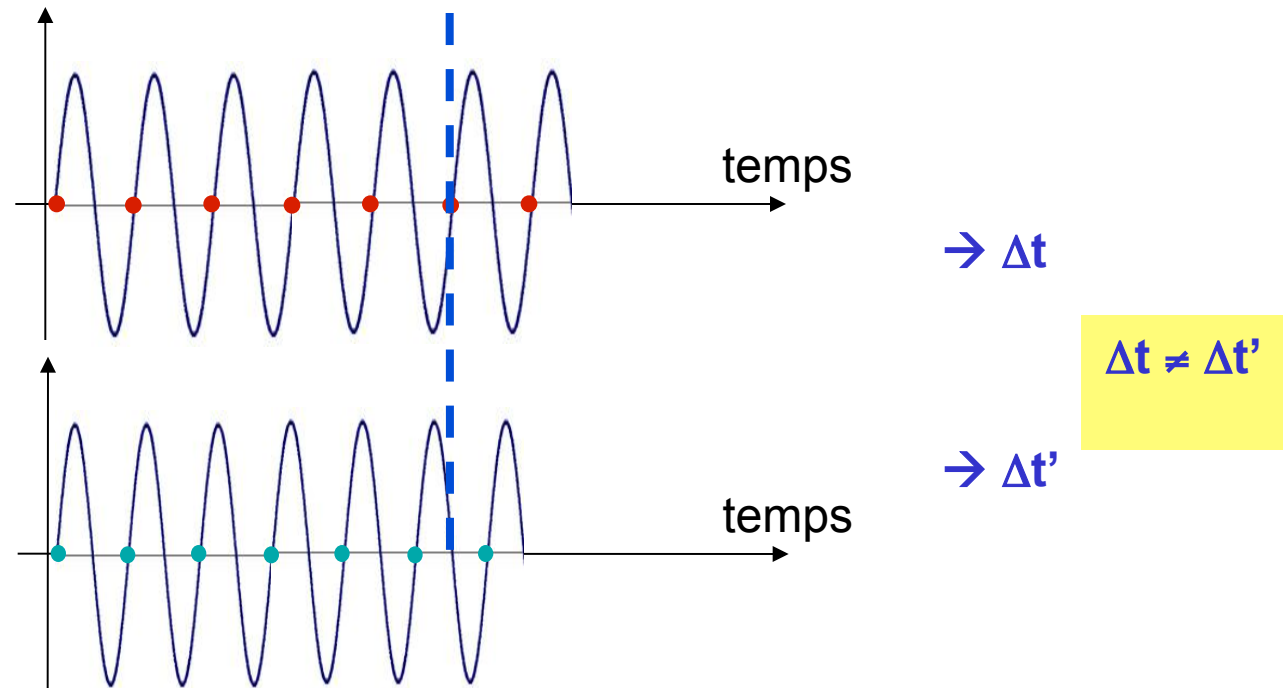


$L \neq L'$



Qualité de la mesure d'une longueur
=
qualité de la graduation de la règle
&
nombre de graduations

Mesurer une distance avec une règle

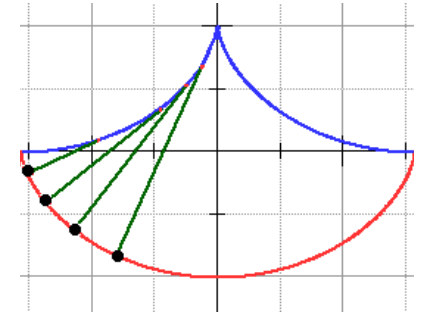


Qualité de la mesure d'une durée
=
qualité de la fréquence (« graduation temporelle »)
&
nombre de périodes comptées

Exemple du pendule oscillant

Fréquence du pendule
$$\nu \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \left(1 - \frac{1}{16} \theta_0^2 \right)$$

- **défaut d'isochronisme**
(amélioration par Huygens : pendule cycloïdal)



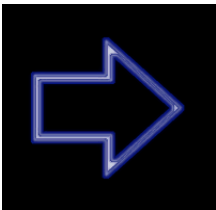
- **sensibilité à g** → 9.83 m.s⁻² aux pôles ; 9.78 m.s⁻² à l'équateur + variations locales + effets des marées : 3. 10⁻⁶ g
- **sensibilité à la pression** → horloges à pression constante
- **sensibilité à la température** (avec une tige en acier, une horloge retarde de 0,5 seconde par jour quand la température augmente de 1°C)
 - associations de métaux de dilatations opposées
 - utilisation de l'invar (horloges astronomiques)

Imperfections des oscillateurs



PROBLEME :

La fréquence d'un oscillateur dépend de sa géométrie, de ses dimensions, de l'environnement, de l'usure, ...



SOLUTION :

Stabiliser la fréquence de l'oscillateur sur une référence absolue : l'ATOME