

Expériences : cinématique relativiste

Mécanique, cours 23.exp

Jean-Philippe Ansermet

- Détection de mu-mésons (muons) à la surface de la Terre
- Spectre Moessbauer en fonction de la température

Observation :

- Des rayons cosmiques frappent la haute atmosphère.
- Des muons sont produits.
- On sait que leur temps de vie est de 2×10^{-6} s.
- On en détecte à la surface de la Terre.

On peut s'en étonner, car :

- la vitesse des muons au plus vaut c
- déplacement en 2×10^{-6} s : 600 m
- la distance est de 10 km.

Soit une source d'émission de rayonnement
à des intervalles de temps τ_0

Si l'observateur voit la source se déplacer à une vitesse v

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

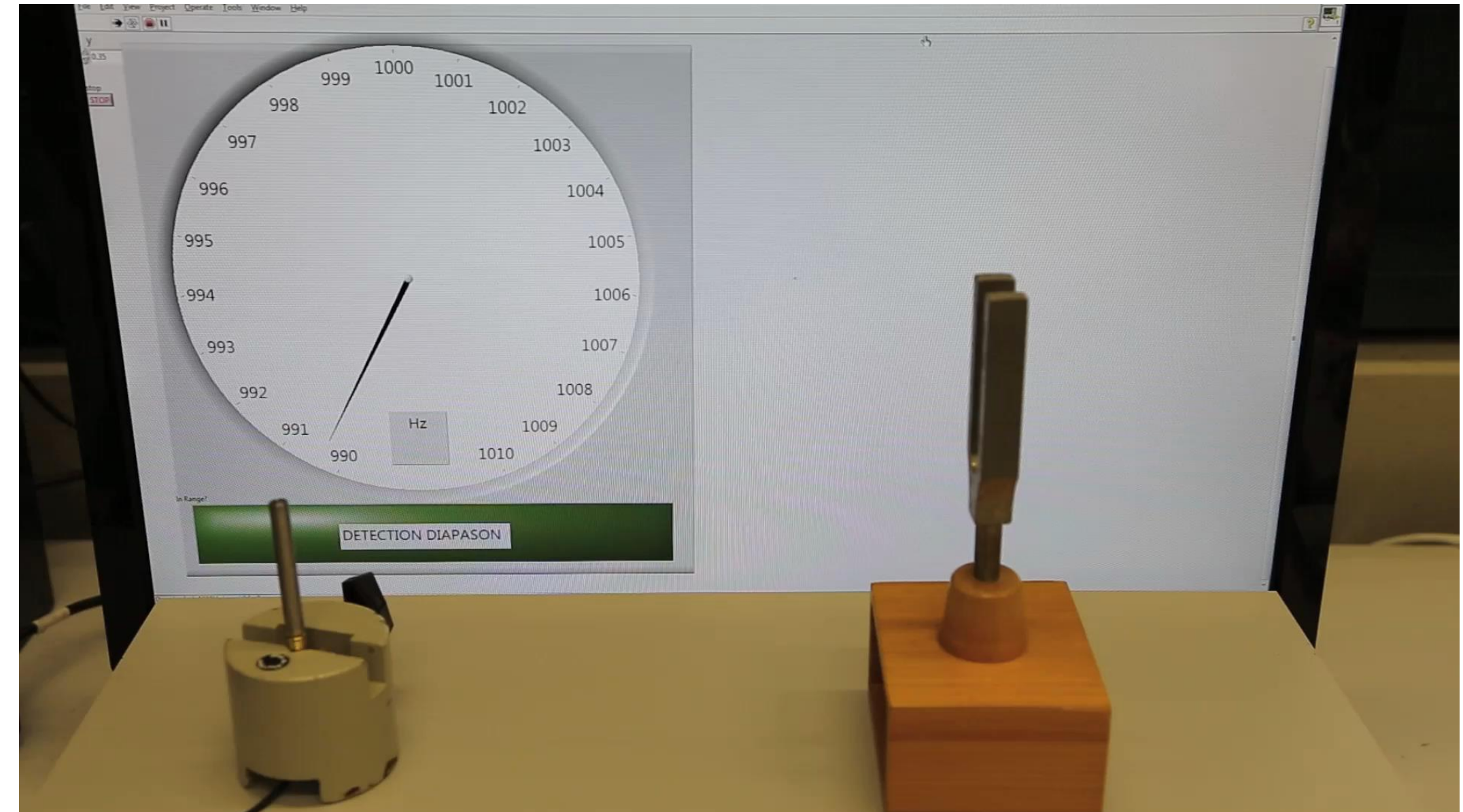
Entre deux impulsions, la source se déplace :

$$T = \tau + \frac{\tau v}{c} = \tau \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

Fréquence de résonance :

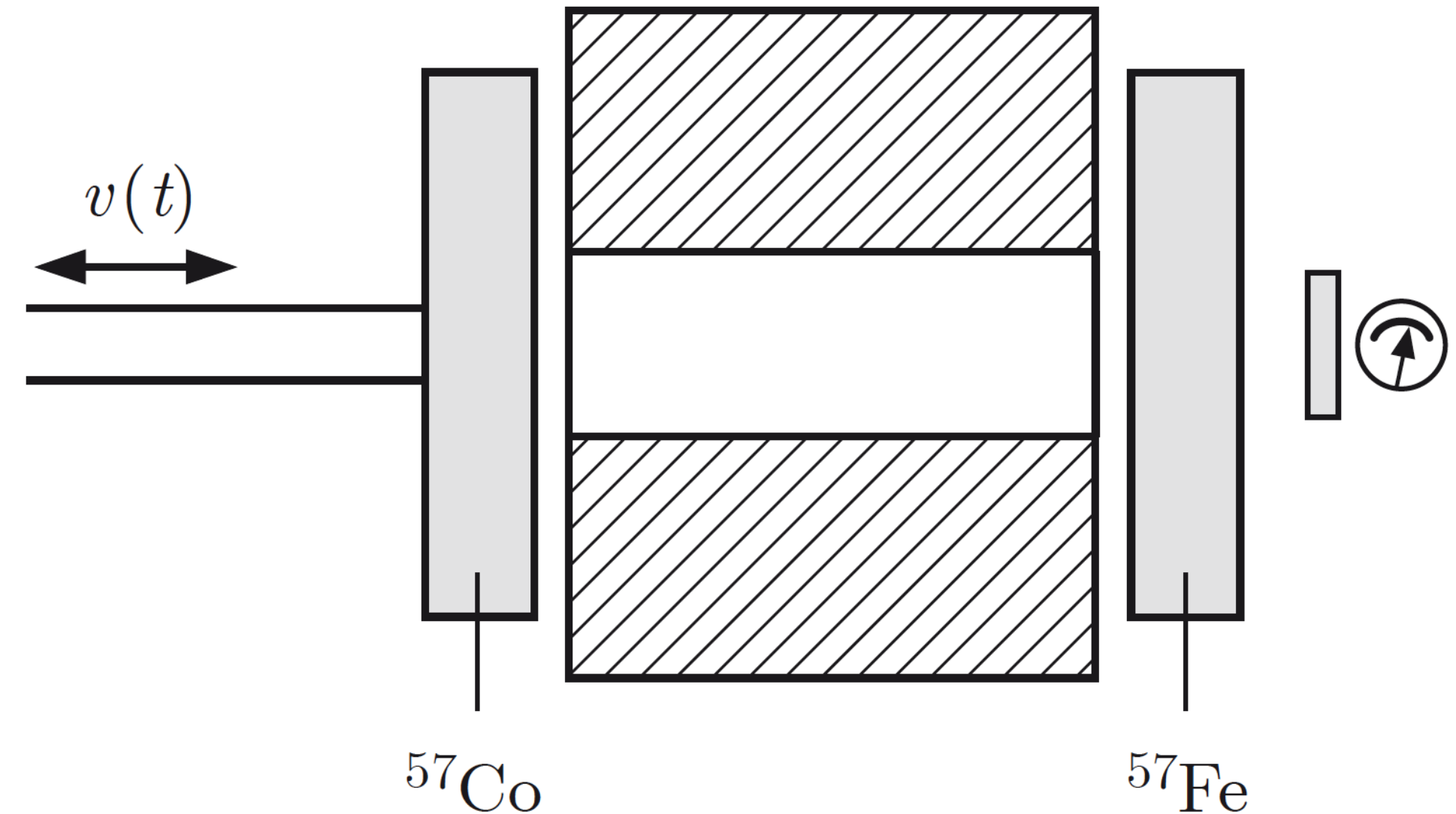
$$f = \frac{1}{T}$$

Décalage Doppler



- Effet Doppler longitudinal pour une onde acoustique.

Effet Moessbauer, principe



- Les noyaux de cobalt émettent des rayons gamma.
- Si leur fréquence est exactement celle des noyaux de fer, il y a absorption,
- Quand il y a absorption, il y a moins de gamma observés dans le détecteur.

Effet Moessbauer, effet de la température

- Quand on chauffe un solide, la vitesse moyenne des atomes augmentent.
- Absorption détectée dans un temps de mesure grand.

$$f = \frac{1}{\langle T \rangle}$$

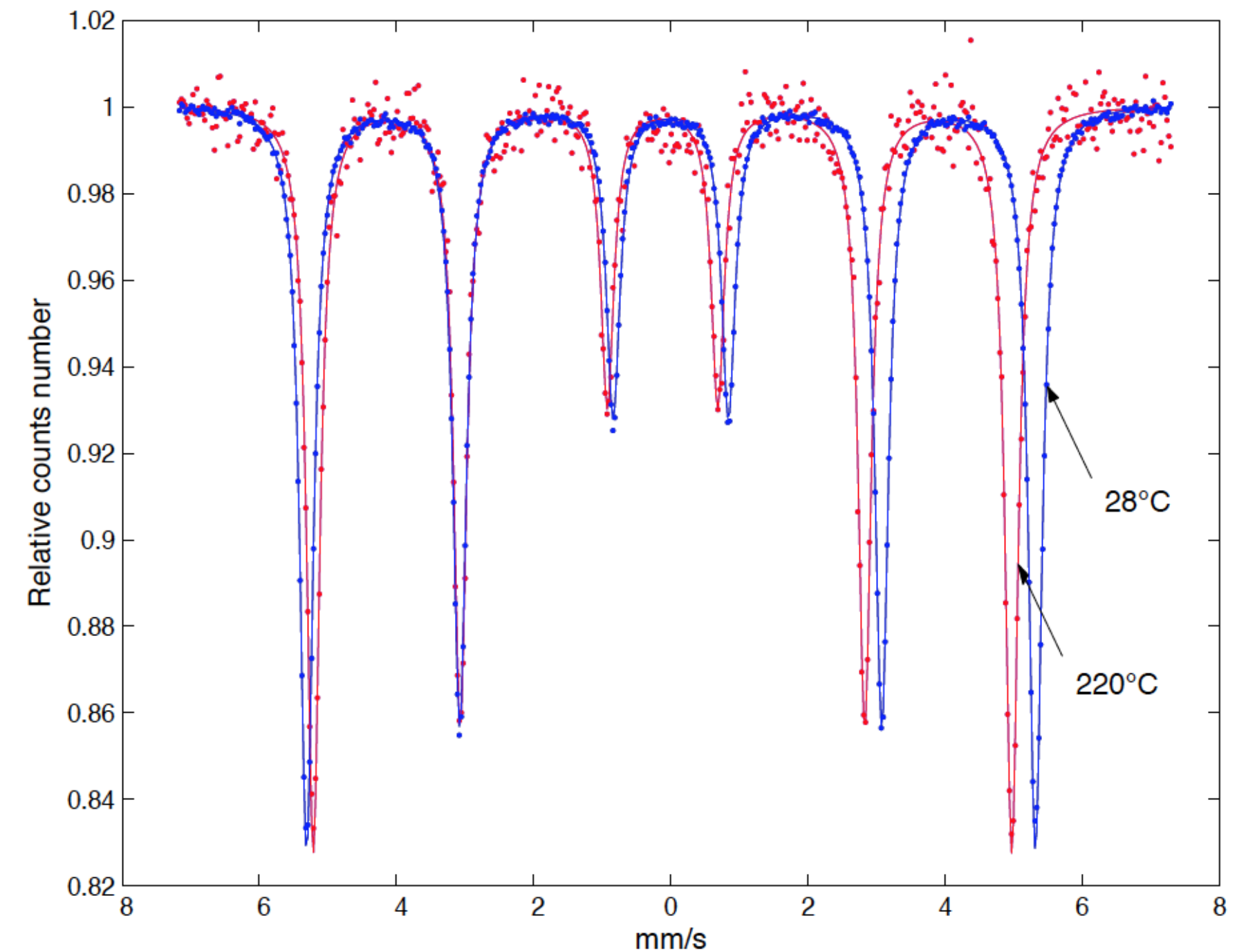
- L'effet Doppler du premier ordre est moyenné à zéro.

$$\langle T \rangle = \langle \tau \rangle \left(1 + \frac{\langle v_a \rangle}{c} \right)$$

- L'effet du second ordre produit un léger déplacement de raie :

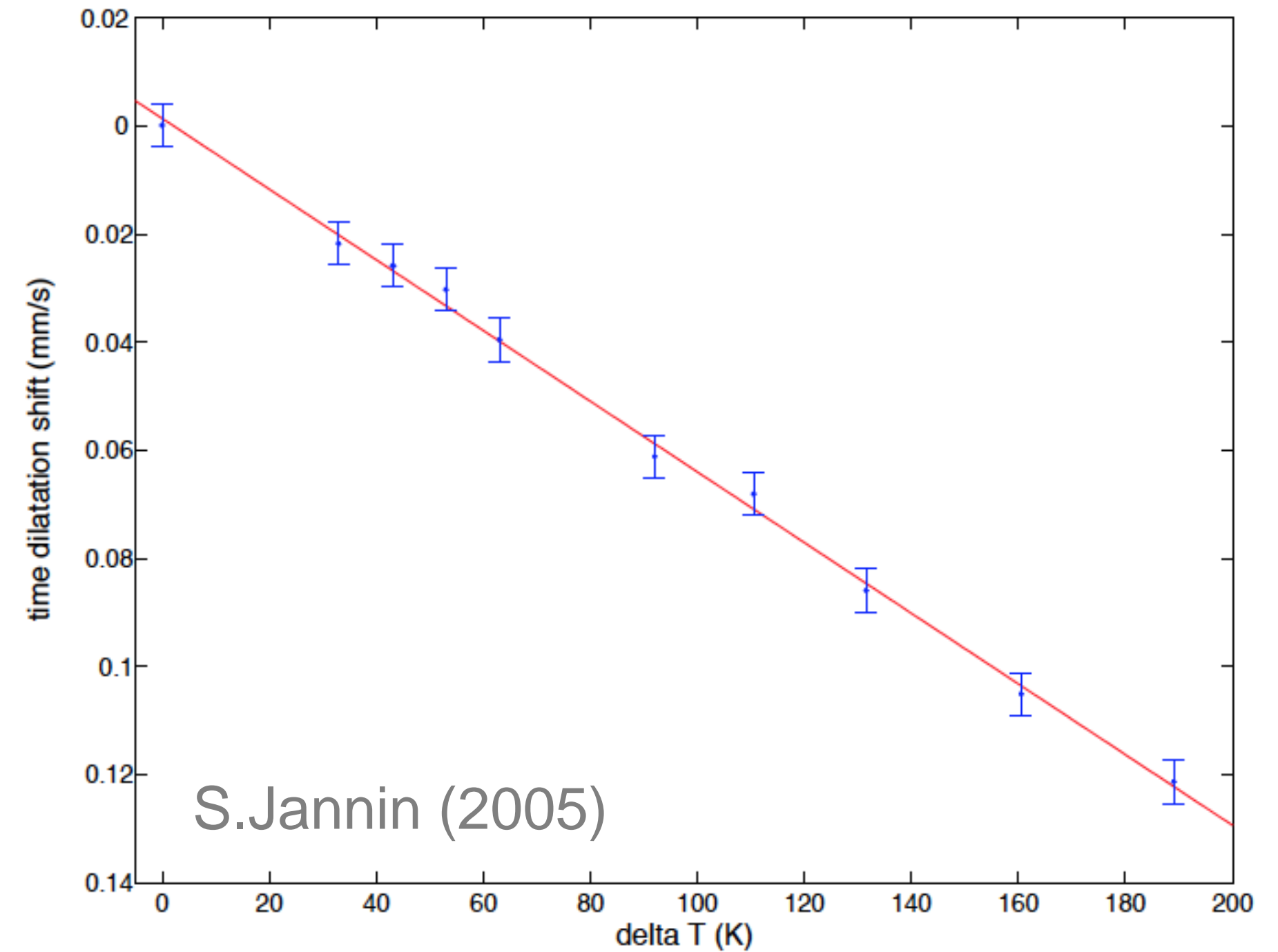
$$\langle \tau \rangle = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{\langle v_a^2 \rangle}{c^2}}}$$

Effet Moessbauer, effet de la température



- Mesure Sami Jannin 2005
- Le centre de gravité se déplace !
- L'aimantation détermine les raies et leurs écarts.
- La densité électronique varie très peu.

Effet Moessbauer, effet de la température



- Pour 100 K, la raie se déplace de :

$$\sqrt{\langle (\delta v_a)^2 \rangle} = 0.07 \text{ mm s}^{-1}$$