

# Les horloges atomiques: *instruments* *de mesure et expériences de physique*



Prof. Gaetano Mileti

***Laboratoire Temps - Fréquence (LTF)***

*Institut de Physique, Faculté des Sciences*

*Université de Neuchâtel, Suisse*



1. Présentation et introduction
2. Du temps *astronomique* au temps *atomique*
3. Exemples d'horloges atomiques
4. Remarques conclusives

# 1. PRÉSENTATION ET INTRODUCTION



Observatoire Cantonal de Neuchâtel



*A. Hirsch*

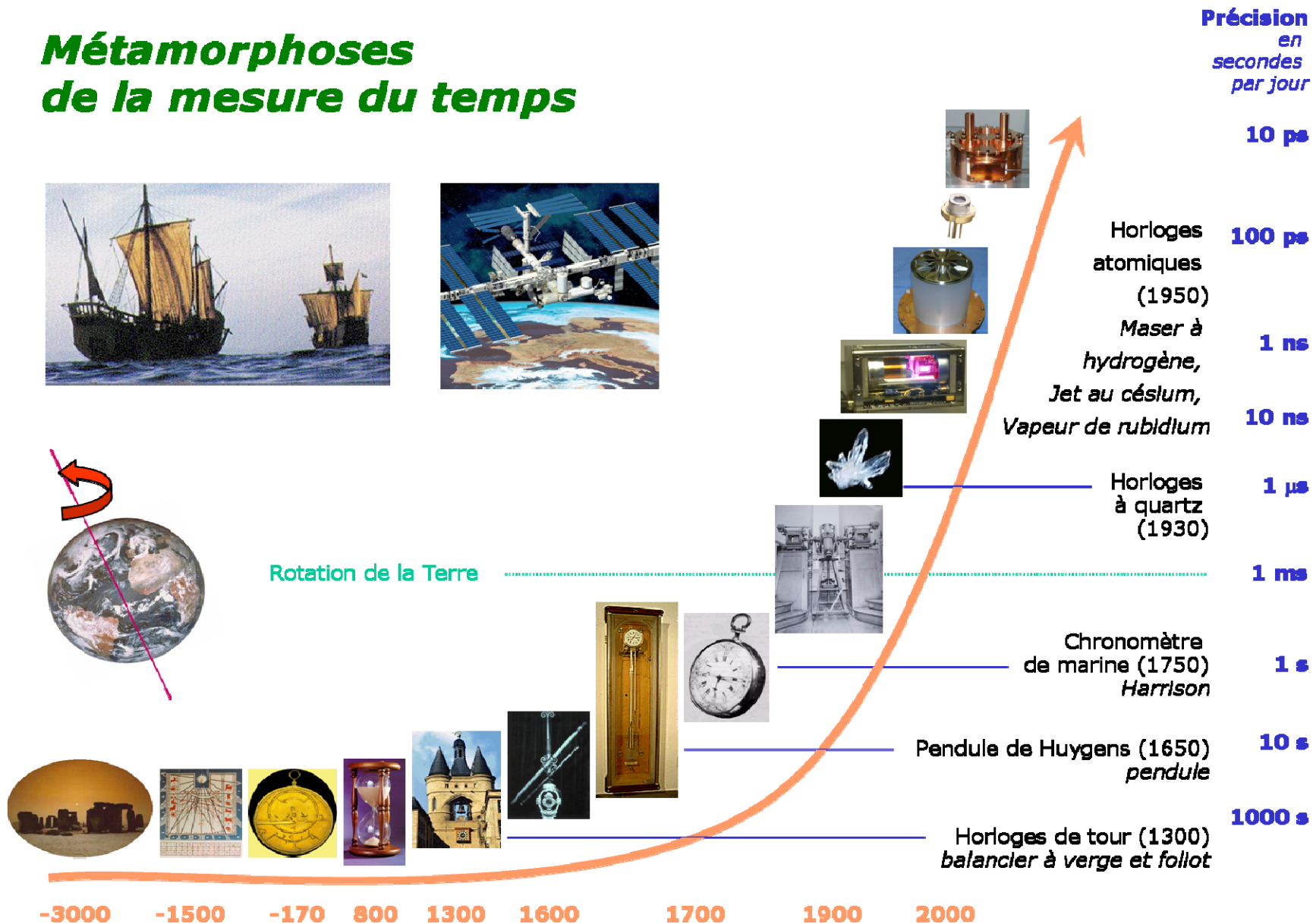


Laboratoire Temps – Fréquence (LTF)  
Université de Neuchâtel



# QUELLE HEURE EST-IL? OÙ SUIS-JE?

## Métamorphoses de la mesure du temps



# OÙ SUIS-JE?

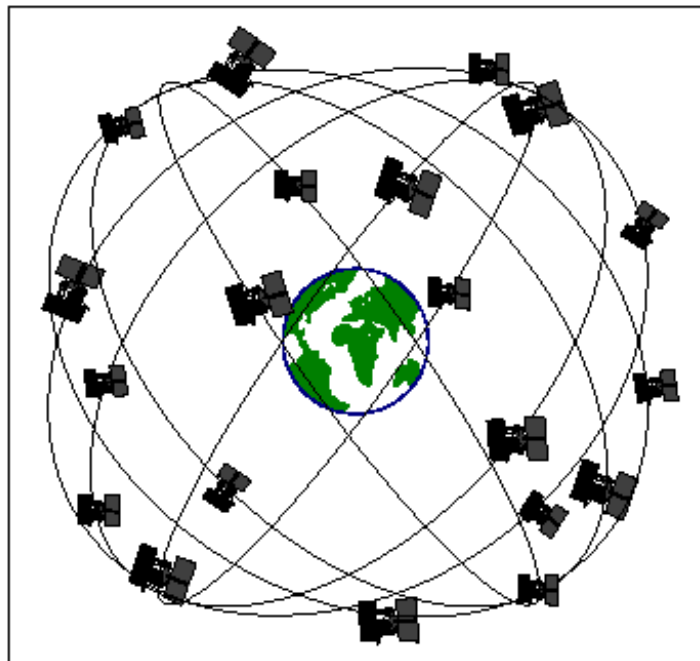


Détermination de la longitude en mer:

*1 seconde d'erreur*

~

*500 m d'erreur  
(à l'équateur)*



Positionnement par satellite:

*1 nano seconde d'erreur  
(0.000'000'001 s)*

~

*30 cm d'erreur*



# SUIS-JE CONNECTÉ?



Réseaux de télécommunication et de distribution d'énergie «intelligents»:

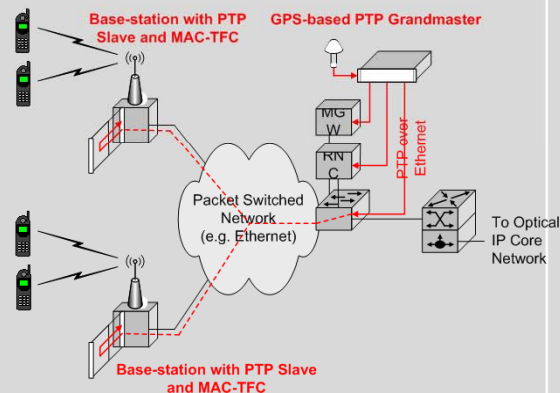
ont besoin d'une synchronisation à environ **1 microseconde**

(0.000'0001 s)

## 4G LTE base stations:

Phase time synchronization for online TDD and MBSFN

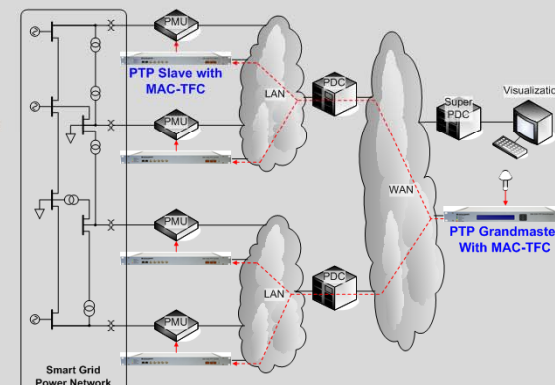
High jitter rejection  
Holdover >> 24 h



## POWER Smart Grid:

1 µsecond synch of Phase Measurement Units

Holdover >> 24 h



## 2. QUELLE HEURE EST-IL? TEMPS ASTRONOMIQUE

Observatoire de Neuchâtel (1858 – 2007)

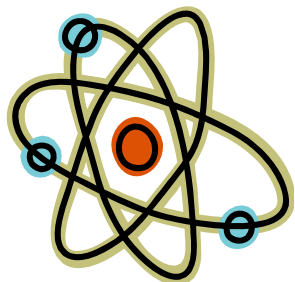


Oscillateurs mécaniques  
(garde-temps)



# QUELLE HEURE EST-IL? TEMPS ATOMIQUE

## Observatoire de Neuchâtel (1858 – 2007)

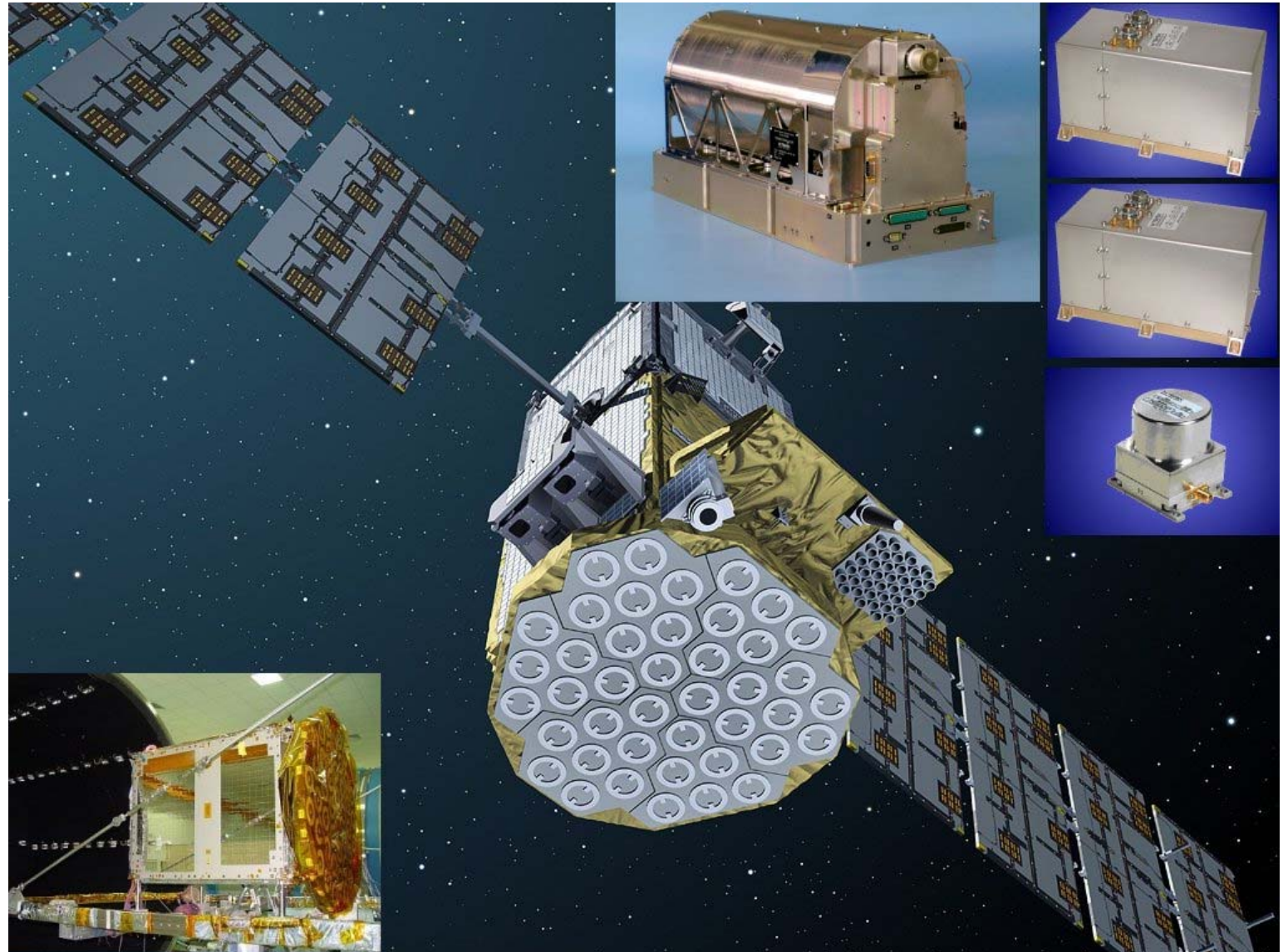
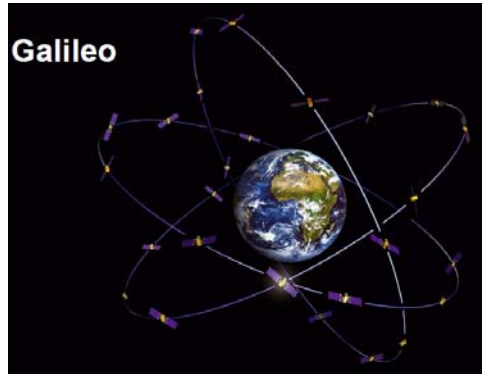


## Oscillateurs à quartz (nouveaux garde-temps)



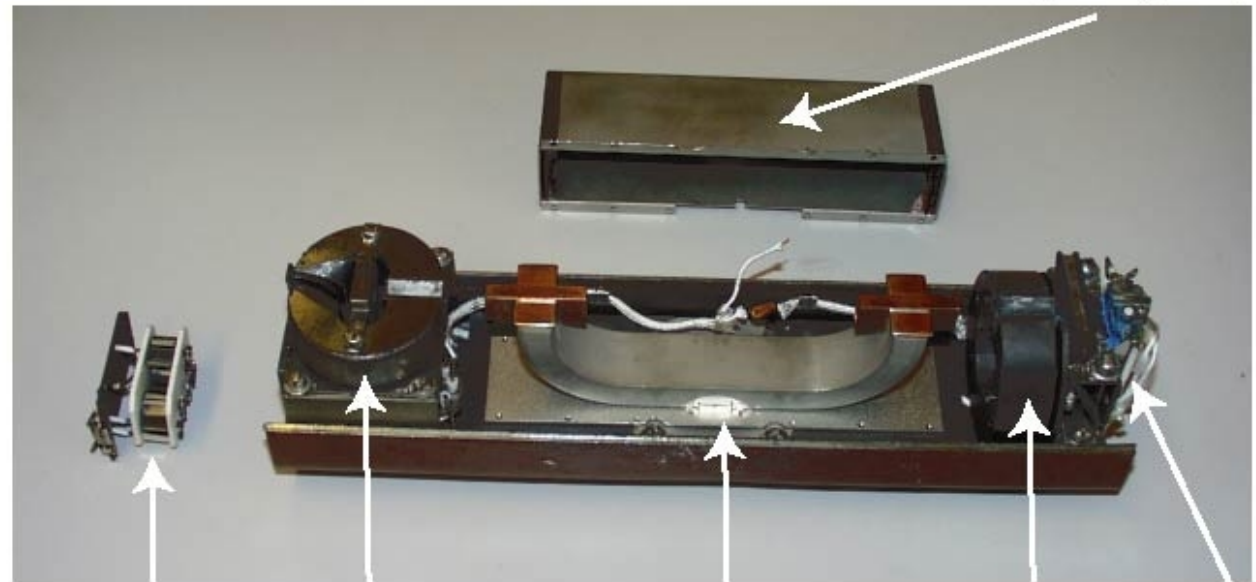


# 3. EXEMPLES D'HORLOGES ATOMIQUES



# HORLOGE ATOMIQUE À JET DE CÉSIVIUM

Blindage magnétique



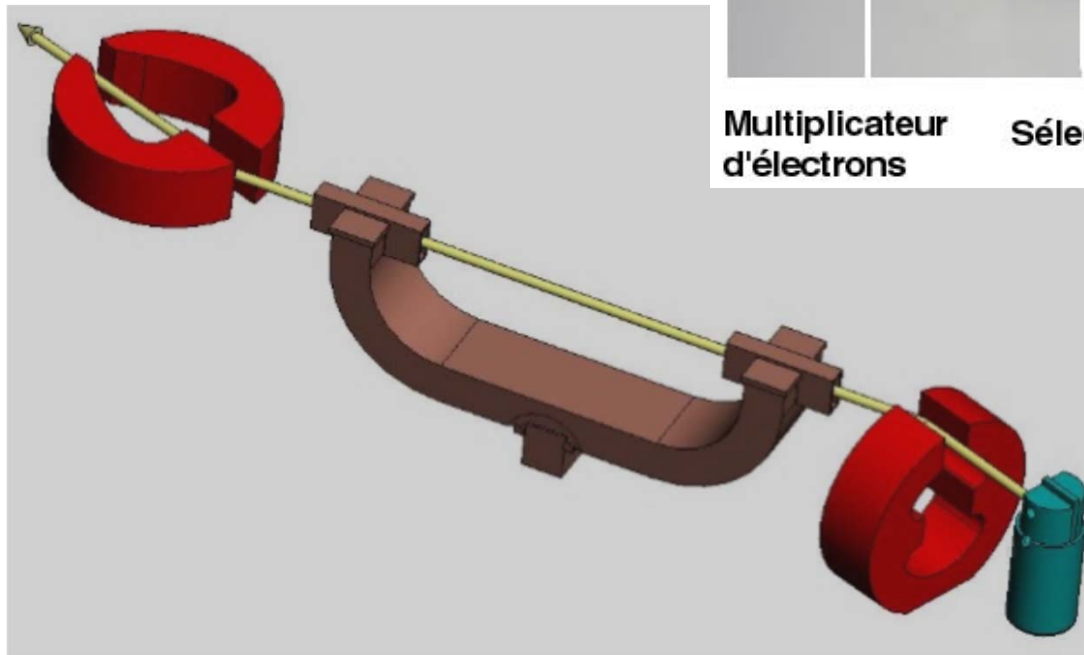
Multiplicateur  
d'électrons

Sélecteur B

Cavité de Ramsey

Sélecteur A

Source  
de césium

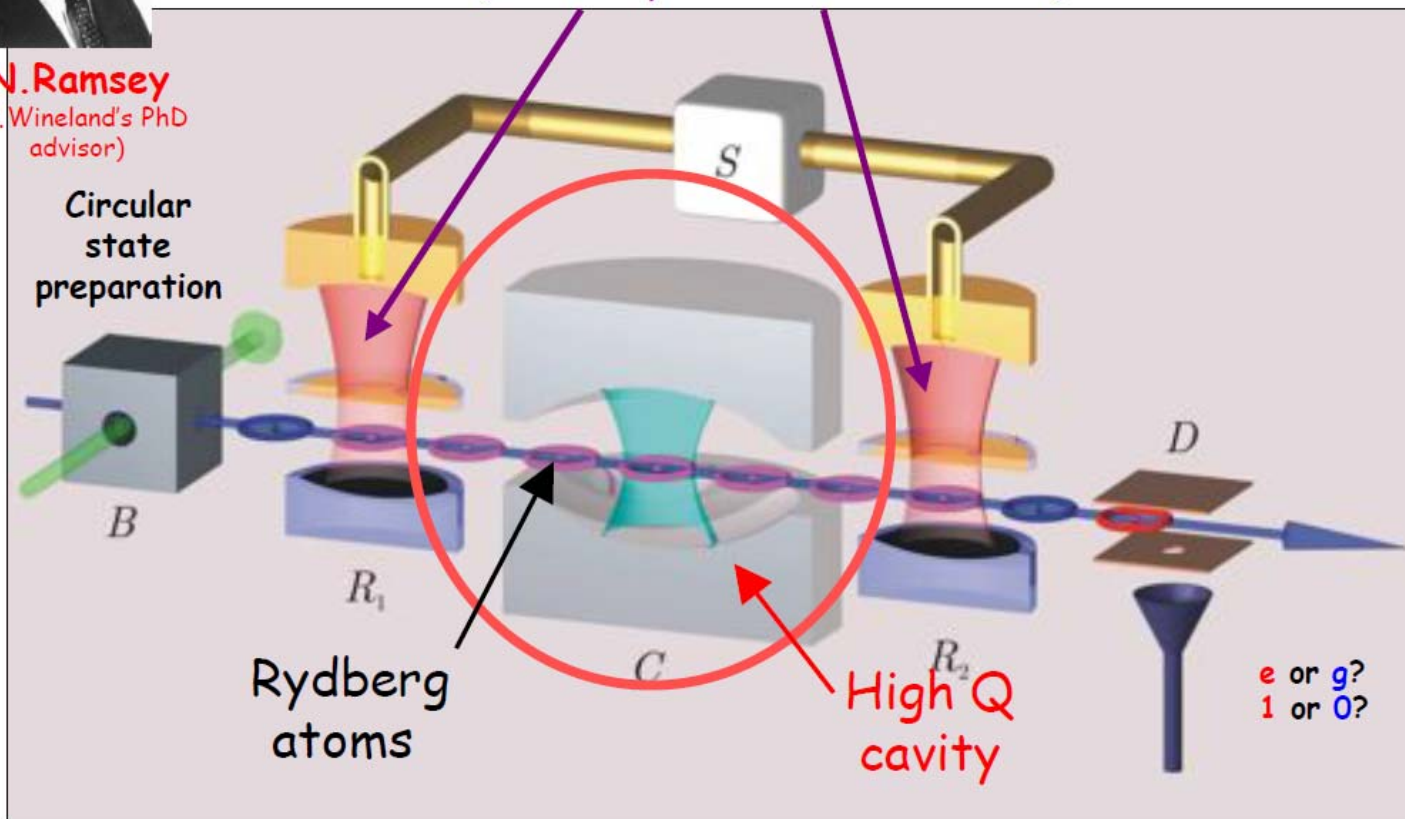




**N. Ramsey**  
(D. Wineland's PhD advisor)

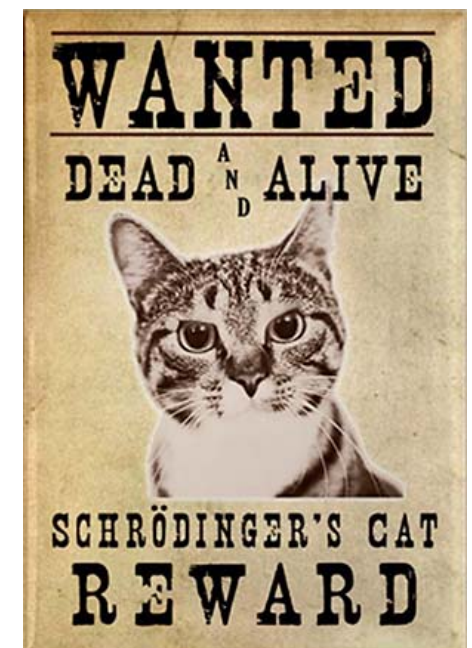
## An artist's view of set-up...

Classical pulses  
(Ramsey interferometer)

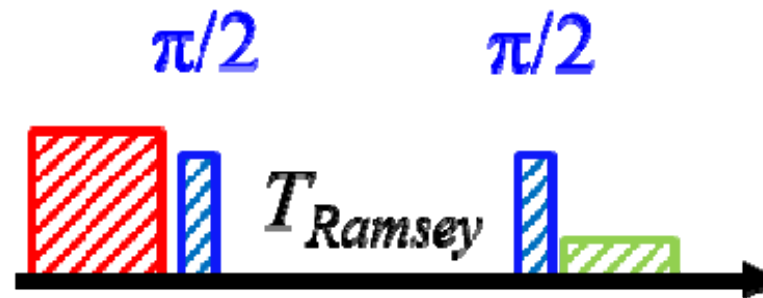
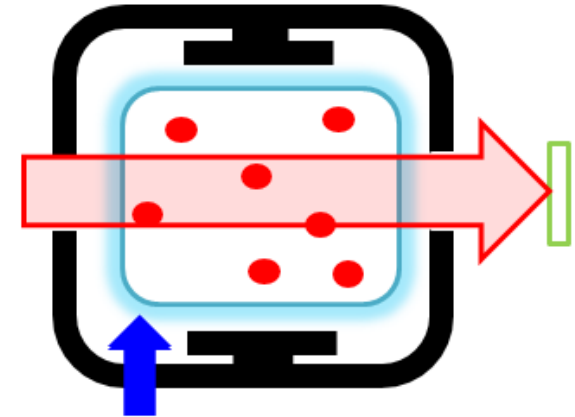
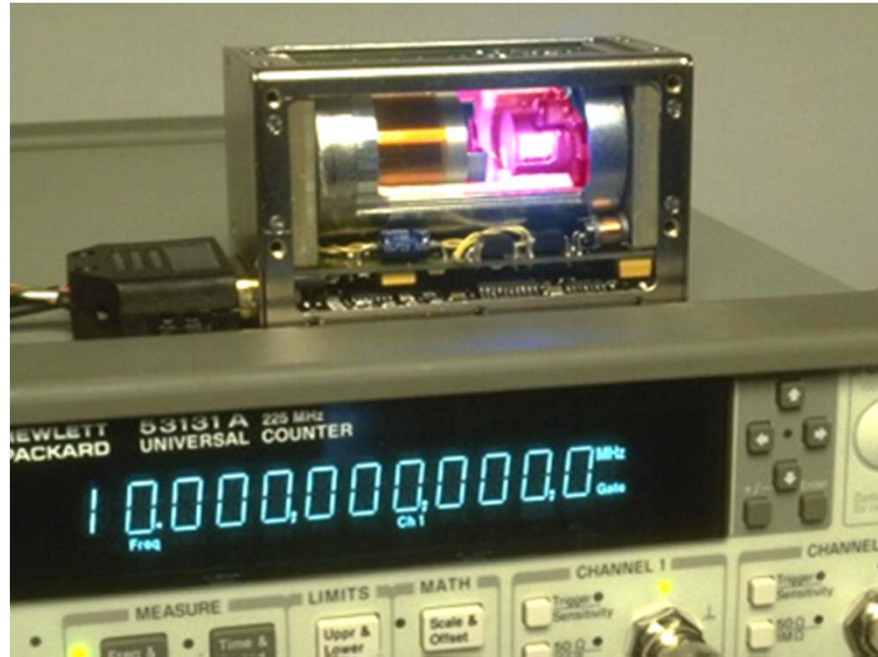


An atomic clock delayed by photons trapped inside

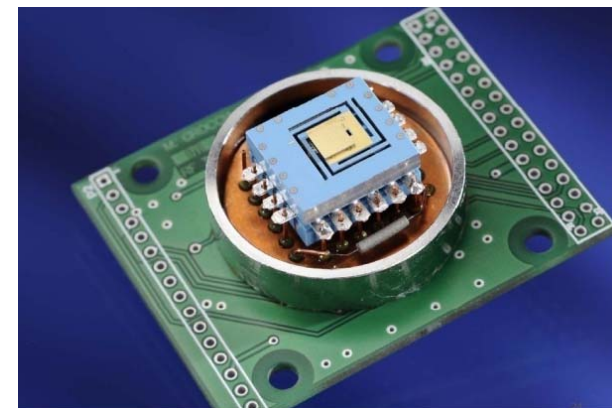
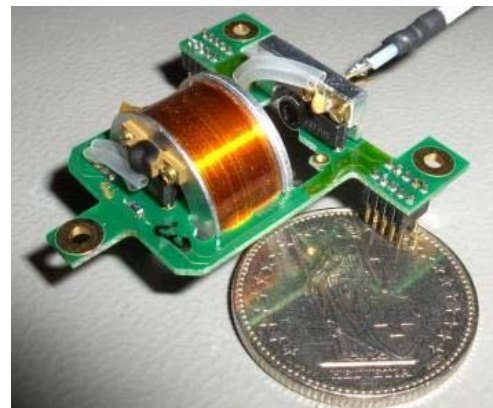
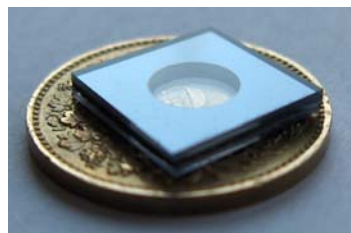
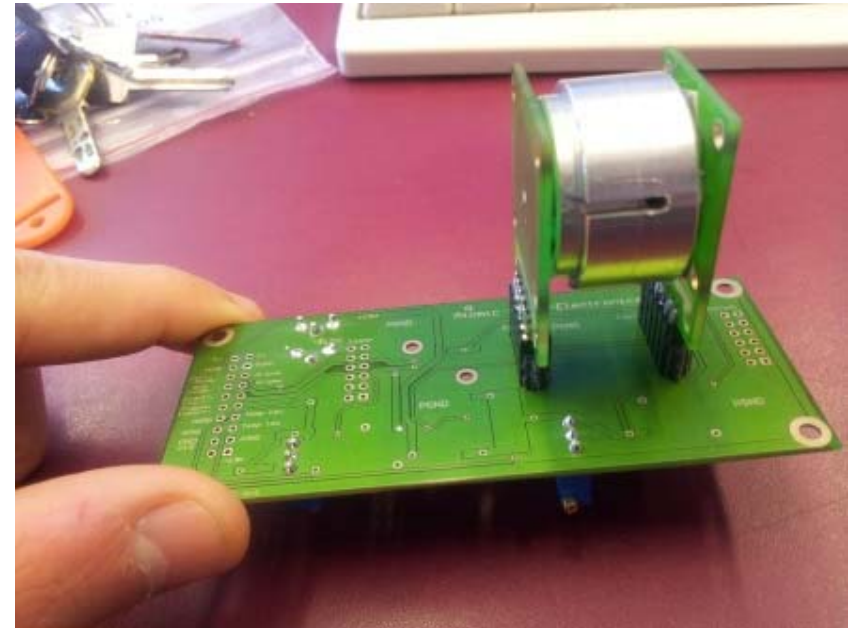
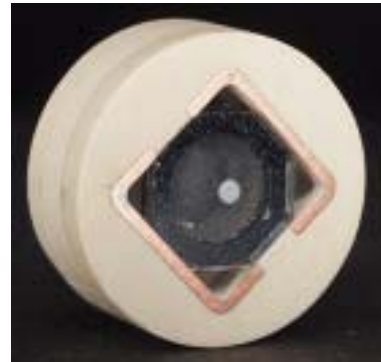
Source: présentation de S. Haroche, prix Nobel de Physique 2012



# HORLOGE ATOMIQUE À VAPEUR DE RUBIDIUM



# MINIATURISATION



## 4. REMARQUES CONCLUSIVES

---

Les horloges atomiques sont

- des instruments indispensables pour de nombreuses applications que nous utilisons dans notre quotidien.
- des instruments indispensables dans de nombreuses expériences de recherche fondamentale nécessitant une mesure précise du temps (ou/et des fréquences).
- des instruments à l'intérieur desquels on effectue des expériences de physique et de métrologie (apportant de nouvelles connaissances et pouvant aussi améliorer les horloges).
- des instruments qui exploitent les progrès scientifiques et technologiques provenant d'autres domaines.

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Prof. **Gaetano Mileti**

Gaetano.Mileti@unine.ch

Laboratoire Temps – Fréquence (LTF)

<http://www2.unine.ch/cms/lang/fr/pid/4058>

[www.unine.ch](http://www.unine.ch)

