

# Les références de fréquence

+

Réunion RAF du 19/6/2025

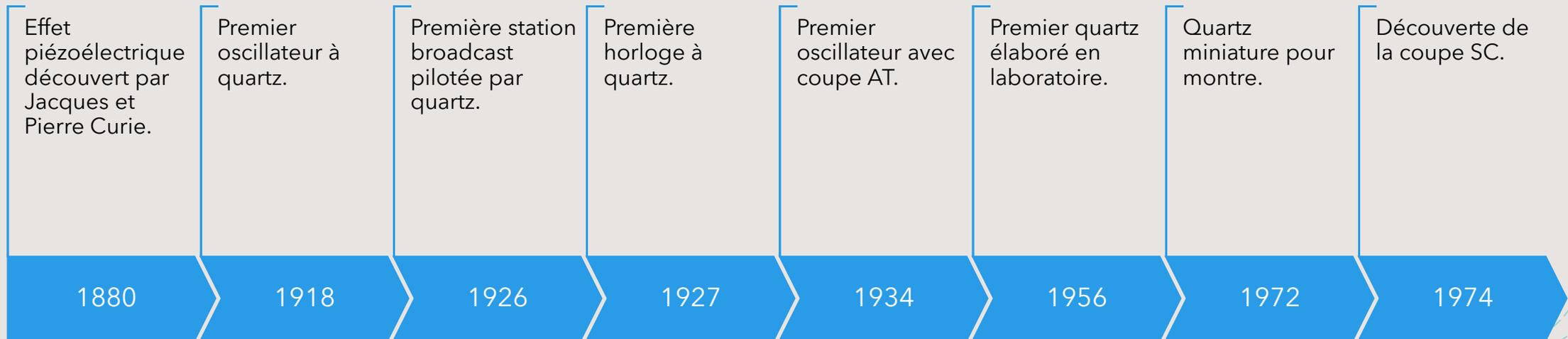
# Où trouve-t-on des références de fréquence ?

- Dans tous les émetteurs et récepteurs.
- Dans toutes les horloges et les montres.
- Dans tous les réseaux de communications terrestres et spatiaux
- Dans tous les réseaux 4G et 5G.
- Dans les laboratoires de recherche.
- Dans tous les équipements militaires.
- Pour l'élaboration du TAI et de l'UTC.
- Bref, partout.

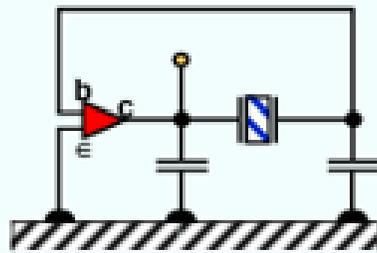
# Quelles sont les différentes références de fréquence ?

- Les horloges (oscillateurs) à quartz.
- Les horloges atomiques.
  - Les horloges au rubidium.
  - Les horloges au césium.
  - Les masers à hydrogène.
- Les horloges GNSS (GPS, Galileo, Glonass, Beidou).
- Les horloges optiques.

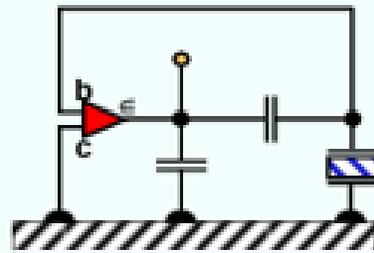
# Historique des oscillateurs à quartz



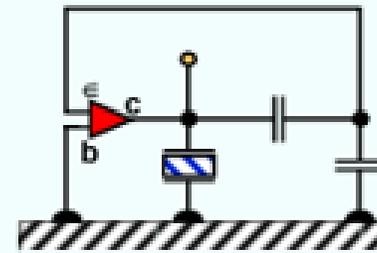
# Les schémas utilisés



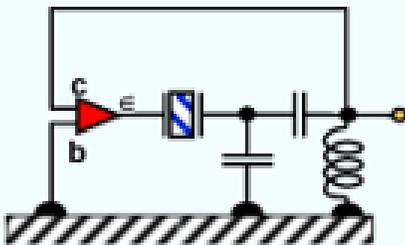
Pierce



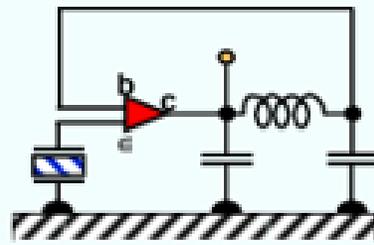
Colpitts



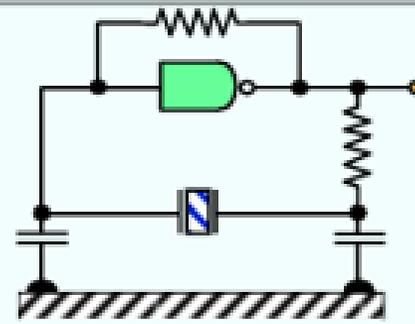
Clapp



Butler

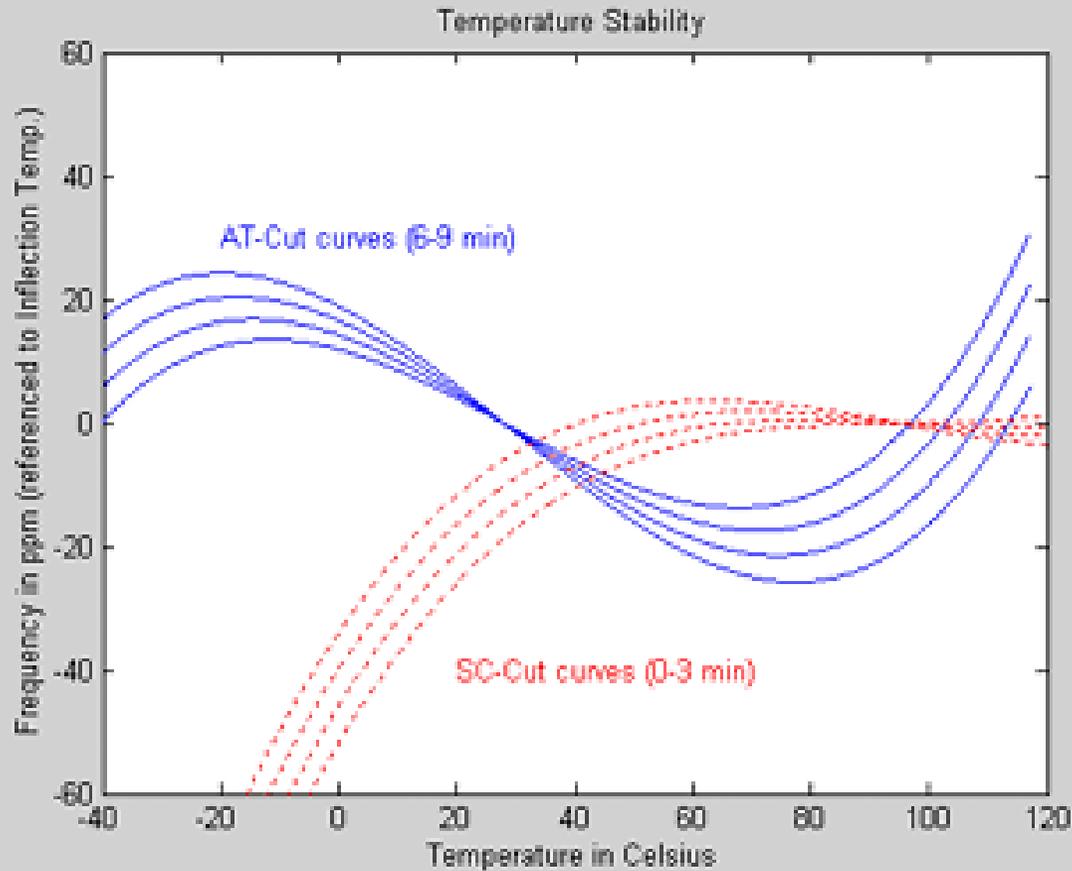


Modified  
Butler



Gate

# Les coupes AT et SC



Les coupes **AT** et **SC** sont deux types de découpes de quartz utilisées dans les oscillateurs de haute précision, notamment pour les applications de télécommunications et de navigation.

## Différences entre AT cut et SC cut

### 1. AT Cut (Angle Theta)

- C'est la coupe la plus courante pour les oscillateurs à quartz.
- Elle offre une bonne stabilité en température, avec un point d'inflexion autour de **25°C**.
- Utilisée dans une large gamme de fréquences (**0,5 à 300 MHz**).
- Moins coûteuse et plus facile à produire.

### 2. SC Cut (Stress Compensated)

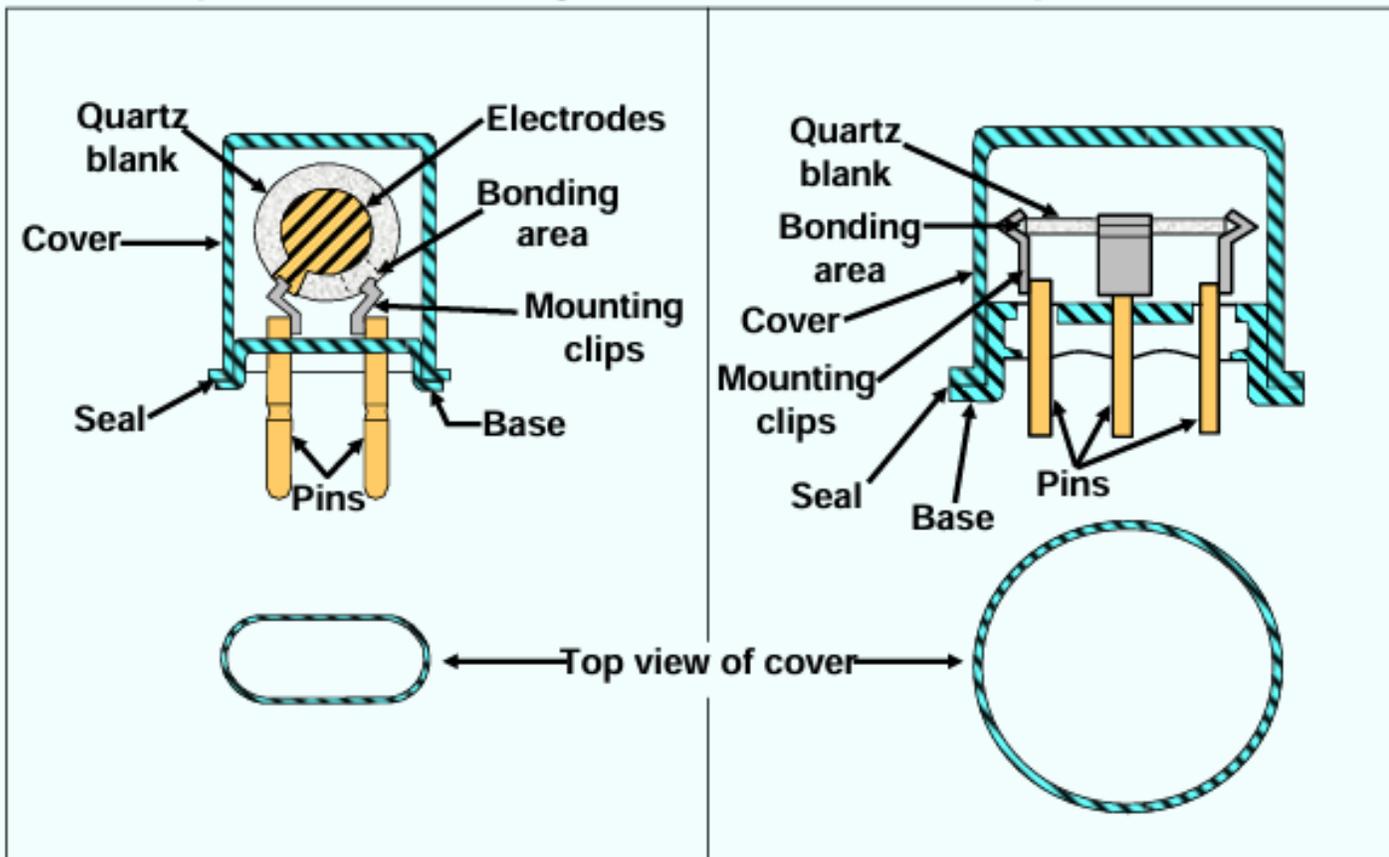
- Conçue pour réduire les effets du stress mécanique et améliorer la stabilité.
- Son point d'inflexion est plus élevé (**environ 92°C**), ce qui la rend idéale pour les oscillateurs à température contrôlée (**OCXO**).
- Meilleure stabilité en fréquence et en vieillissement.
- Plus coûteuse à produire en raison de sa double rotation et de son calibrage rigoureux.

# Exemples de boîtiers utilisés

## Resonator Packaging

Two-point Mount Package

Three- and Four-point Mount Package



# Dérive des oscillateurs à quartz

XO (Simple oscillateur à quartz):  
de 300 à 3000s par an.

TCXO (Oscillateur compensé en température): 30s par an.

MCXO (Oscillateur compensé par microprocesseur): 3s par an.

OCXO (Oscillateur placé dans un four) 0.3s / an

# Probablement le meilleur et le plus cher oscillateur à quartz !

**rakon**

ULTRA STABLE OSCILLATOR (USO) |  $10^{-14}$  SHORT-TERM STABILITY CLASS OCXO

## HSO14

The Ground USO HSO14 is a High Stability Oscillator (HSO) specifically designed to meet the stringent requirements of calibration and metrology laboratories, as well as high-performance applications such as master & atomic clocks and ground stations.

This  $10^{-11}$  stability class USO exhibits impressive short-term stability (Allan Standard Deviation, ADEV) of  $8 \times 10^{-14}$ . A superior ADEV of  $6 \times 10^{-14}$  is available on special request. The HSO14 delivers excellent close-in phase noise (e.g., -130 dBc/Hz at 1 Hz offset, 5 MHz). It is a high-performance reference oscillator ideal for scenarios that require exceptionally stable frequency stability, reliable signals and outstanding ADEV performance. It is available in the following frequencies: 5 MHz or 10 MHz.

### Features

- Frequency: 5 or 10 MHz
- Short-term stability:  $8 \times 10^{-14}$  at 5 and 10 MHz
- Frequency stability:  $\pm 5 \times 10^{-11}$  over 0 to +50 °C
- Supply voltage: 24 V
- Ageing:  $\pm 5 \times 10^{-11}$  ( $\pm 50$  ppt) per day

### Applications

- Reference oscillator for laboratories
- Reference oscillator for maser and atomic fountains
- Ground stations

73 x 135 x 84 mm



SMA1



# Les horloges atomiques L'oscillateur au Rubidium

ELECTRONICS & DEFENSE

## MRO-50

Miniature, Ultra-Portable High Precision  
& Performance Atomic Frequency Source



# L'oscillateur au césium



## Key Features:

- $< 5E-13$  accuracy high-performance models
- $< 1E-12$  accuracy standard-performance models
- Accuracy levels achieved within 30 minutes of startup
- $< 8.5E-13$  at 100s high-performance models
- $< 2.7E-12$  at 100s standard-performance models
- $< 1E-14$  flicker floor high-performance models
- $< 5E-14$  flicker floor standard-performance models
- No deterministic frequency drift
- 100 kHz, 1, 5 and 10 MHz RF sine wave outputs
- Three 1 PPS outputs
- Two 1 PPS inputs to steer to external GNSS receiver or other 1 PPS source
- AC and DC operating voltages
- Internal battery back-up for short-term power interruptions

# Le maser à hydrogène

ELECTRONICS & DEFENSE

## IMASER 3000

SMART ACTIVE HYDROGEN MASER CLOCK



# A quoi servent les horloges atomiques ?



Aux chercheurs en physique et en astronomie.



A déterminer le TAI et l'UTC.



A faire fonctionner les systèmes GNSS (GPS, Galileo, Glonass, Beidou).



A synchroniser les réseaux de télécommunications fixes.



A synchroniser les réseaux mobiles 4G et 5G.



A synchroniser les émetteurs DAB+ et TNT.



A synchroniser les transactions financières.

# Comparaison des dérives des oscillateurs

---

XO (Simple oscillateur à quartz): de 300 à 3000s par an.

---

TCXO (Oscillateur compensé en température): 30s par an.

---

MCXO (Oscillateur compensé par microprocesseur): 3s par an.

---

OCXO (Oscillateur placé dans un four) 0.3s / an

---

Rubidium: 6ms / an

---

Césium: 30 $\mu$ s / an

---

Maser à hydrogène: 300ns / an à 3 $\mu$ s / an

Pour un OM, comment réaliser une référence de fréquence reliée à une horloge atomique ?

Réponse: Avec un oscillateur à quartz ou au Rubidium asservi par GPS

- + On trouve facilement ce type d'oscillateur sur EBAY
- + Il suffit de connecter une antenne GPS et une alimentation.
- + L'oscillateur fournit une sortie pps et une sortie à 10 MHz.
- + L'oscillateur est synchroniser par le signal GPS qui lui-même provient d'une horloge atomique à bord du satellite.



# Générateur HF avec entrée de synchronisation à 10 MHz

- + On trouve régulièrement ce type de générateur sur Ebay.
- + Il suffit de relier la sortie 10 MHz du récepteur GPS à l'entrée 10MHz de synchronisation du générateur
- + Toutes les fréquences générées par le générateur auront la même stabilité que le 10 MHz du récepteur GPS.



Générateur de signaux RF  
SMH-S1

Occasion | Professionnel

**459,87 EUR**  
ou Offre directe  
*+82,13 EUR pour la livraison  
de États-Unis*