



[A]

# Détecteur automatique de Marsouins

Théo BERTET

29/06/2022

# Sommaire

## I/ Introduction

- 1) Sercel
- 2) QuietSea

## II/ Train de clics

- 1) Clic unitaire
- 2) Rythme

## III/ Le détecteur

- 1) Algorithme
- 2) Quelques résultats

## IV/ A venir

- 1) De nouvelles fonctionnalités
- 2) D'autres essais

## V/ Sources



[B]

# I/ Introduction

---

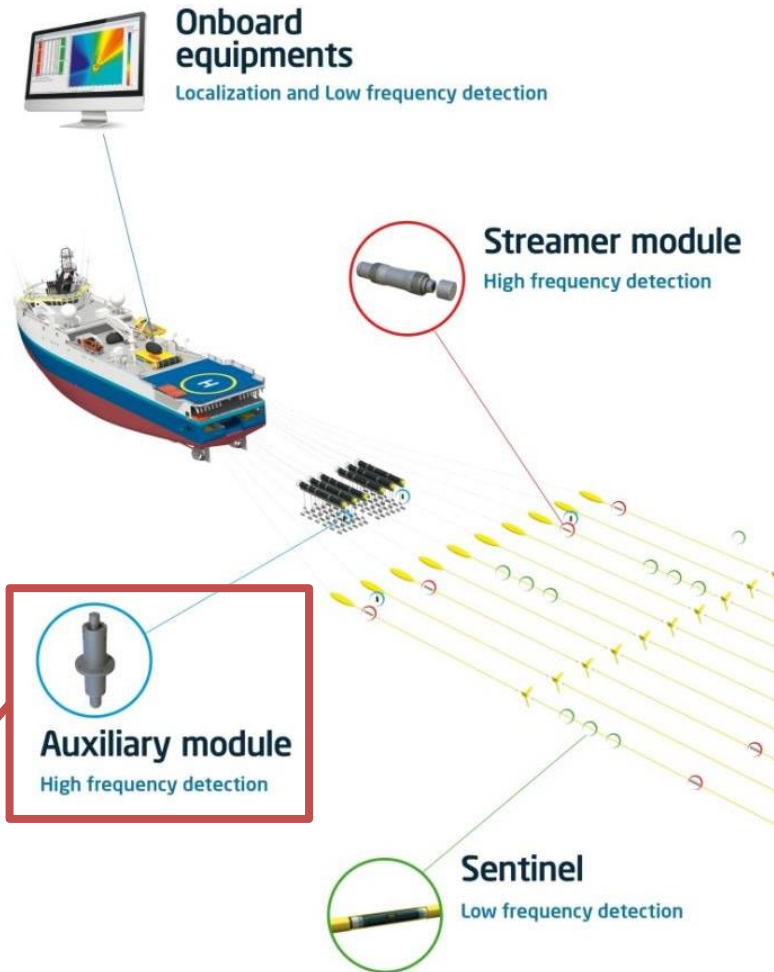
# 1) Sercel

- Pôle équipement de CGG (1500 employés)
- Fournisseur d'équipements pour la sismique depuis 1956
- Développe des équipements pour le terrestre, les puits, les fonds marins et la marine (streamer, modem acoustique, logiciel de navigation, camion vibrant, capteurs, ...)



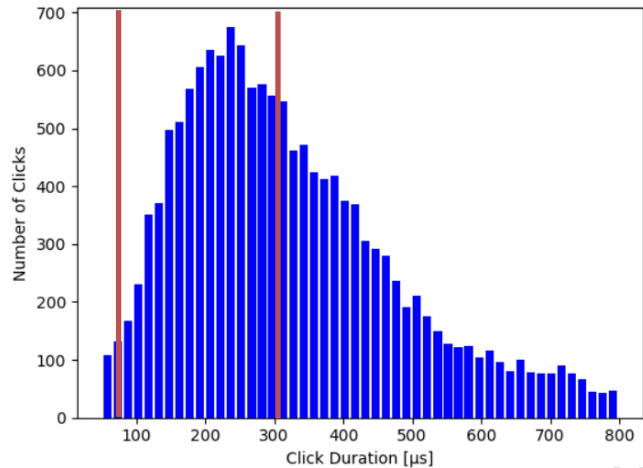
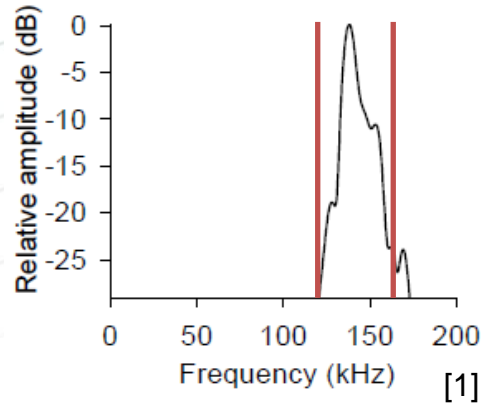
## 2) QuietSea

- Système PAM intégré au système d'acquisition sismique
  - Hydrophones sismiques en BF
  - Hydrophones dédiés en HF
- Détection et localisation automatique
- Embarque 4 détecteurs principaux:
  - Détecteur mysticètes
  - Détecteur odontocètes
  - Détecteur spécialisé pour cachalot
  - Détecteur spécialisé pour marsouin



## II/ Trains de clics

---

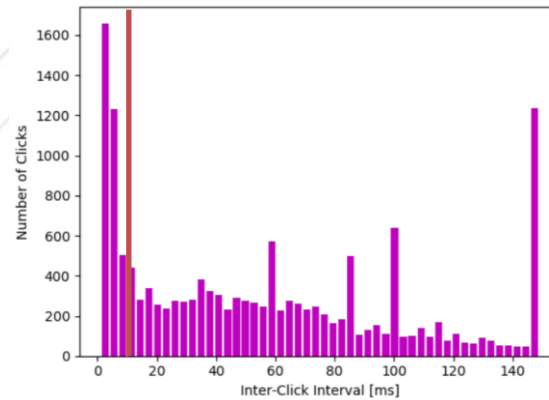


## 1) Clic unitaire

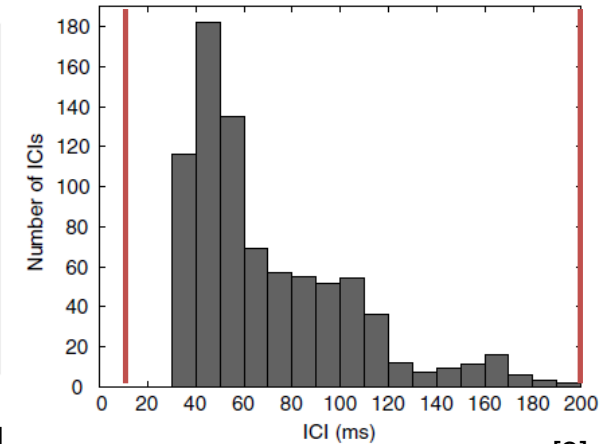
- Durée :
  - [70 - 300]  $\mu$ S
- Fréquence centrale :
  - [120 - 160] kHz
- Niveau d'émission moyen dans l'axe:
  - $\sim 160$  dB re  $1\mu$ Pa @ 1m

## 2) Rythme

- ICI:
  - 10 à 200 ms

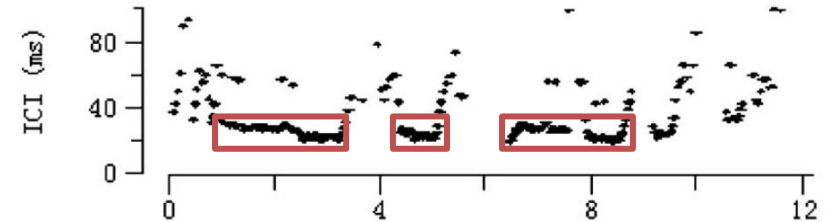


[2]



[3]

- Hypothèse de fréquente quasi-stationnarité de l'ICI à l'échelle de la seconde



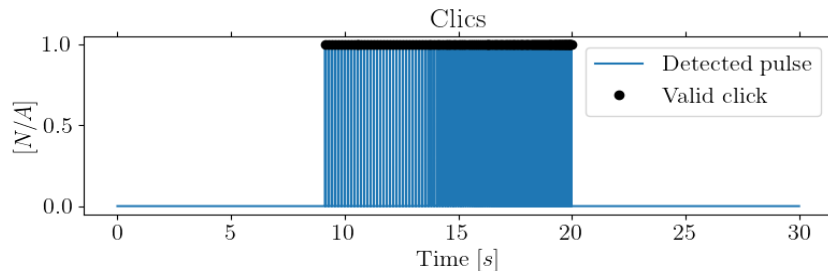
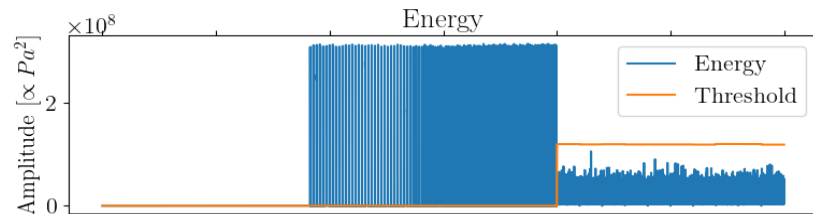
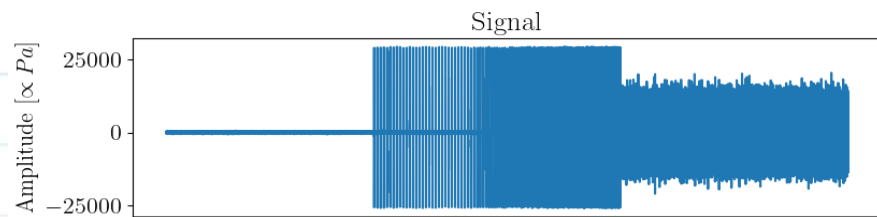
(/\\ Finless Porpoise) [4]



# III/ Le détecteur

---

# 1) Algorithme



- Optimisation de la dynamique sur 24bits
- Filtrage passe-bande (110-170 kHz)
- Optimisation de la dynamique sur 16bits

- Calcul de l'énergie (EMA)
- Calcul du seuil (Quantiles/CDF  $\rightarrow$  PDF)
- Seuillage

- Sélection des clics satisfaisant durées min/max et fréquence centrale estimée par zéro-crossing

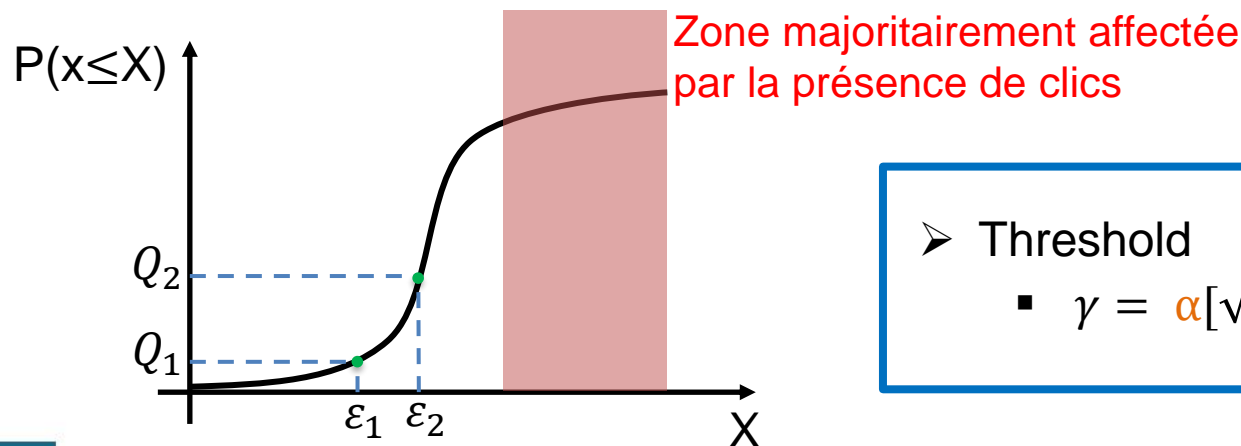


## Calcul du seuil CFAR

- Modélisation de la répartition de l'énergie par une distribution Gaussienne
- $\chi_v^2$  avec  $\nu = 25$

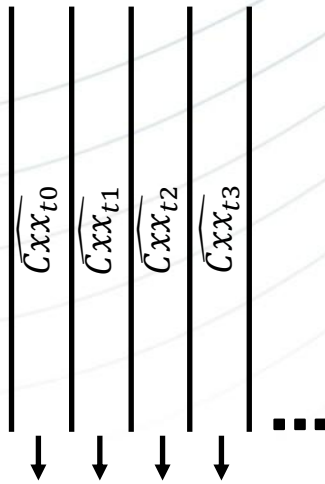
- $\sigma = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\sqrt{2}(\operatorname{erf}^{-1}(2Q_2 - 1) - \operatorname{erf}^{-1}(2Q_1 - 1))}$
- $\mu = \varepsilon_1 - \operatorname{erf}^{-1}(2Q_1 - 1) \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\operatorname{erf}^{-1}(2Q_2 - 1) - \operatorname{erf}^{-1}(2Q_1 - 1)}$

### Energy CDF

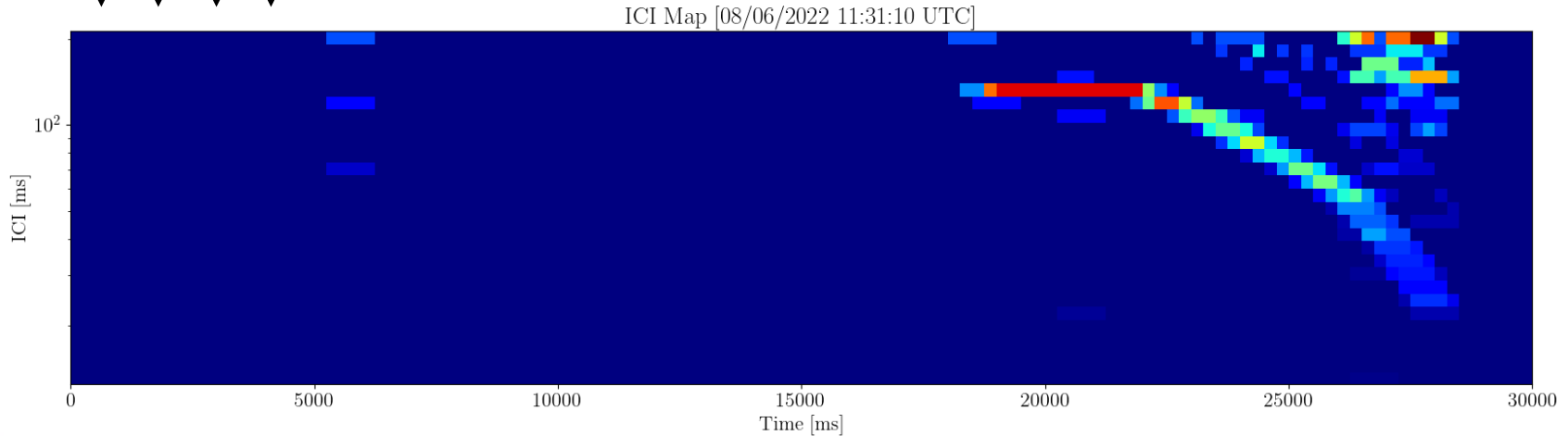


#### ➤ Threshold

- $\gamma = \alpha [\sqrt{2}\sigma \operatorname{erf}^{-1}(1 - 2P_{fa}) + \mu]$



- Calcul de la PRI transform [5]
  - Jitter de 10%
  - Fenêtre glissante sur 30s
  - Pas fixe de 250ms
- Seuillage sur pixels
- Recherche de ligne



## 2) Quelques résultats



[C]

- 100% trains de clics détectés (80% synthétiques & 20% réels)
- 6 FAs/h
- Algorithmes testés:
  - Pas de recherche de ligne
  - 3 pixels sur 30s pour valider une détection
  - Passe-Bande [95-150] kHz → /!\ zero-crossing

## IV/ A venir

---

# 1) De nouvelles fonctionnalités

- Fonctionnalité d'auto-test:
  - Les conditions sont elles favorables à la détection ?
  - L'hydrophone est-il correctement connecté ?
- Possibilité d'ajouter un modem iridium et/ou GPS
- Choix du protocole de communication série

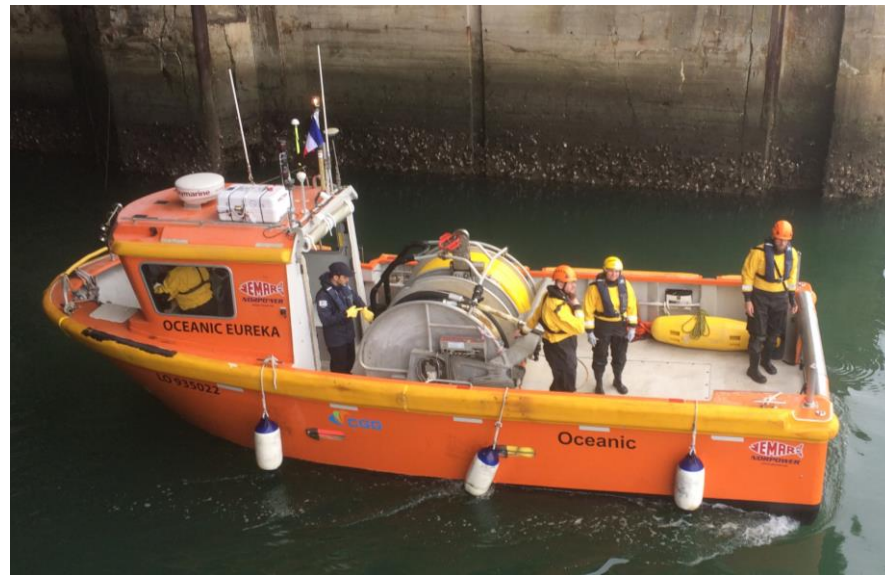


[D]

## 2) D'autres essais



- Déploiement du système sur bouée autonome au large du Pays de Galles dans le cadre de MEECE Innovation Challenge
- Essais à notre Marine test center de Lorient







# V/ Sources

---

## **Publications**

- [1] *The history of the German Baltic Sea harbour porpoise acoustic monitoring at the German Oceanographic Museum*, Ursula K. Verfuß, Christopher G. Honnef, Anja Meding, Michael Dähne, Sven Adler, Annette Kilian, Harald Benke @ ResearchGate
- [2] *Harbour Porpoise Click Train Classification with LSTM Recurrent Neural Networks*, Filip Ärlemalm @ Kth royal institute of technology school of electrical engineering
- [3] *Echolocation signals of wild harbour porpoises, Phocoena phocoena*, Anne Villadsgaard, Magnus Wahlberg, Jakob Tougaard @ ResearchGate
- [4] *A review on bio-sonar behaviour research of Yangtze finless porpoise using animal bone acoustic data loggers*, Songhai Li, Tomonari Akamatsu, Lijun Dong, Kexiong Wang, Ding Wang, Satoko Kimura @ ResearchGate
- [5] *Improved Algorithm for Estimating Pulse Repetition Intervals*, Ken'ichi Nishiguchi, Masaaki Kobayashi @ IEEE

## **Images**

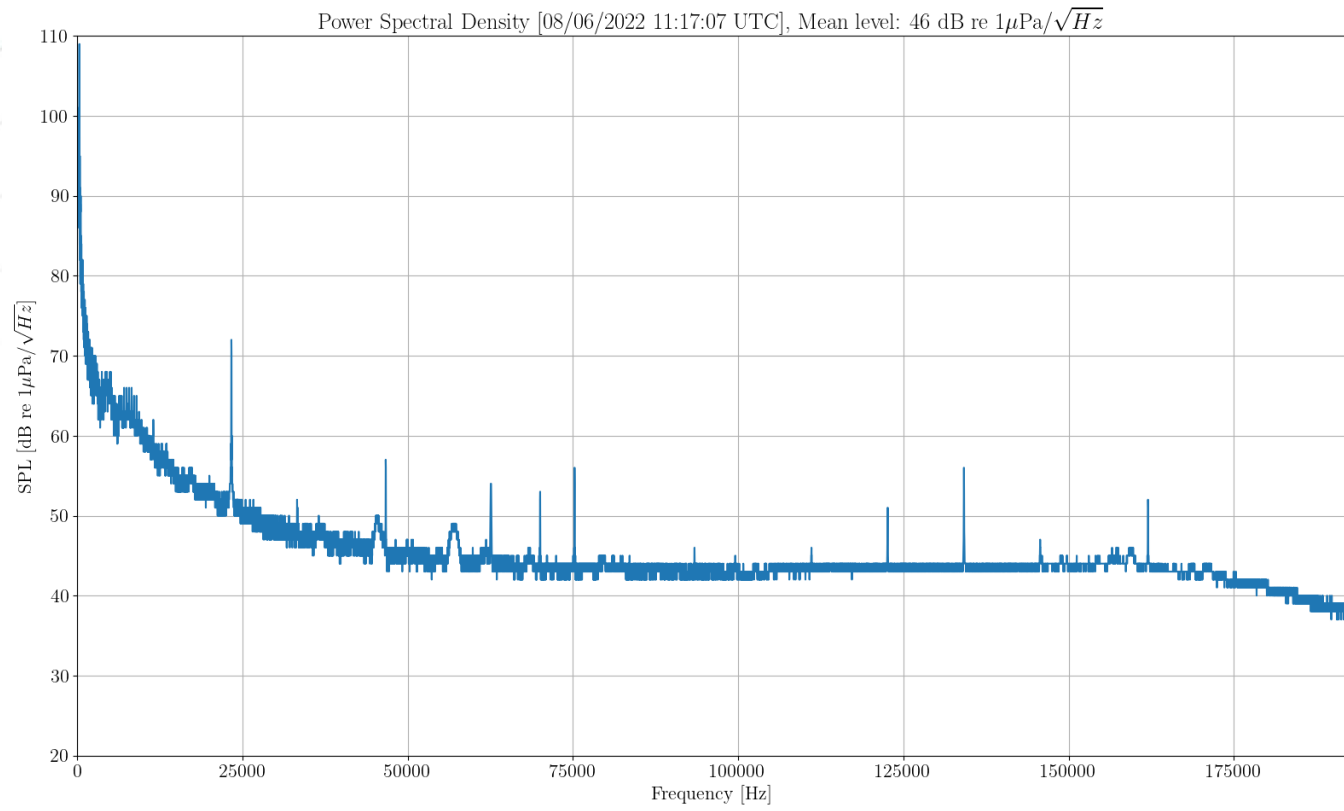
- [A] <https://www.istockphoto.com/fr/photos/marsouin>
- [B] <https://www.americanscientist.org/article/the-acoustic-world-of-harbor-porpoises>
- [C] <https://www.openstreetmap.fr/>
- [D] <https://media.istockphoto.com/>
- [E] [https://en.wikipedia.org/wiki/Moving\\_average#Exponentially\\_weighted\\_moving\\_variance\\_and\\_standard\\_deviation](https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_average#Exponentially_weighted_moving_variance_and_standard_deviation)

Merci de votre attention !  
Des questions ?



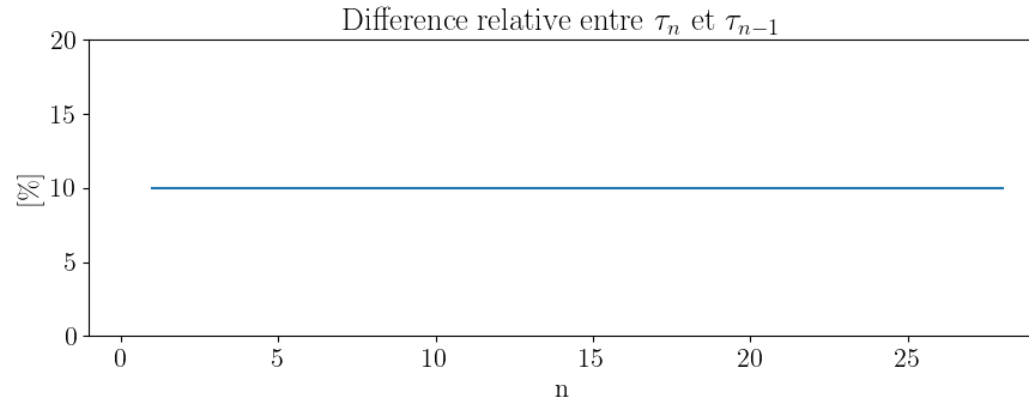
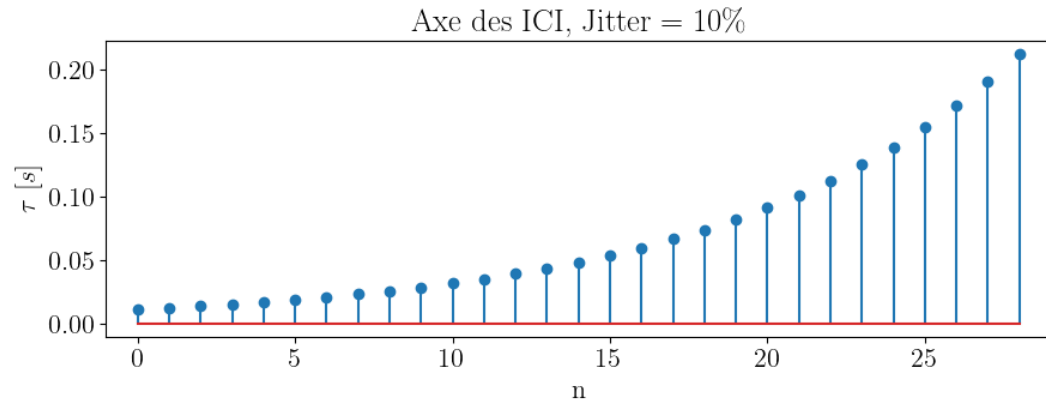
Contact: [theo.bertet@sercel.com](mailto:theo.bertet@sercel.com)  
[stephane.coatelan@sercel.com](mailto:stephane.coatelan@sercel.com)

# Mesure de bruit



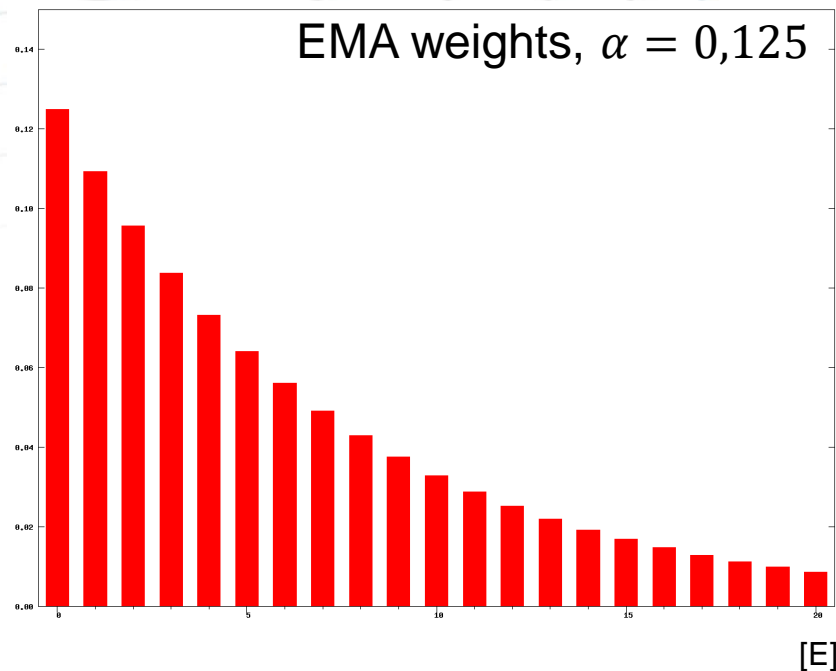
## Jitter et axe des ICI

$$\triangleright \tau_n = \left(\frac{1}{1-Jitter}\right)^{n+1} \tau_{min}$$



# Exponential Moving Average

EMA weights,  $\alpha = 0,125$



➤ La moyenne peut être approximée récursivement pour une série temporelle  $Y$  avec:

- $S_t = \begin{cases} Y_0, & \text{pour } n = 0 \\ \alpha Y_n + (1 - \alpha)S_{n-1}, & \text{pour } n > 0 \end{cases}$
- avec  $\alpha = 1 - e^{\frac{-1}{N}}$  et  $N$  caractérisant la durée d'intégration de la moyenne

# Autocorrelation complexe

## ➤ Formulation générale :

- $D(\tau) = \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{m=0}^{n-1} \delta(\tau - t_n + t_m) e^{i2\pi \frac{t_n}{t_n - t_m}}$ , avec  $N$  le nombre de clics

## ➤ Formulation pour un vecteur de clics parfait (ICI parfaitement constant, pas de $F_a$ ):

- $D(\tau) = \underbrace{(N-1)\delta(\tau - \overline{ICI})}_{\text{Fondamentale}} + \underbrace{\sum_{l=2}^{N-1} \delta(\tau - l \cdot \overline{ICI}) \frac{\sin(N\pi/l)}{\sin(\pi/l)} e^{\frac{i\pi(N-1)}{l}}}_{\text{Contribution des sub-harmoniques, modulée en amplitude par } \left| \frac{\sin(N\pi/l)}{\sin(\pi/l)} \right|}$

Fondamentale

Contribution des sub-harmoniques,  
modulée en amplitude par  $\left| \frac{\sin(N\pi/l)}{\sin(\pi/l)} \right|$

