

AVANTIX

Avancement Simulateur IQ

22/11/2023

© Avantix – for internal use

Sommaire

- ▶ Simulateur
- ▶ RADAR

AVANTIX

Simulateur

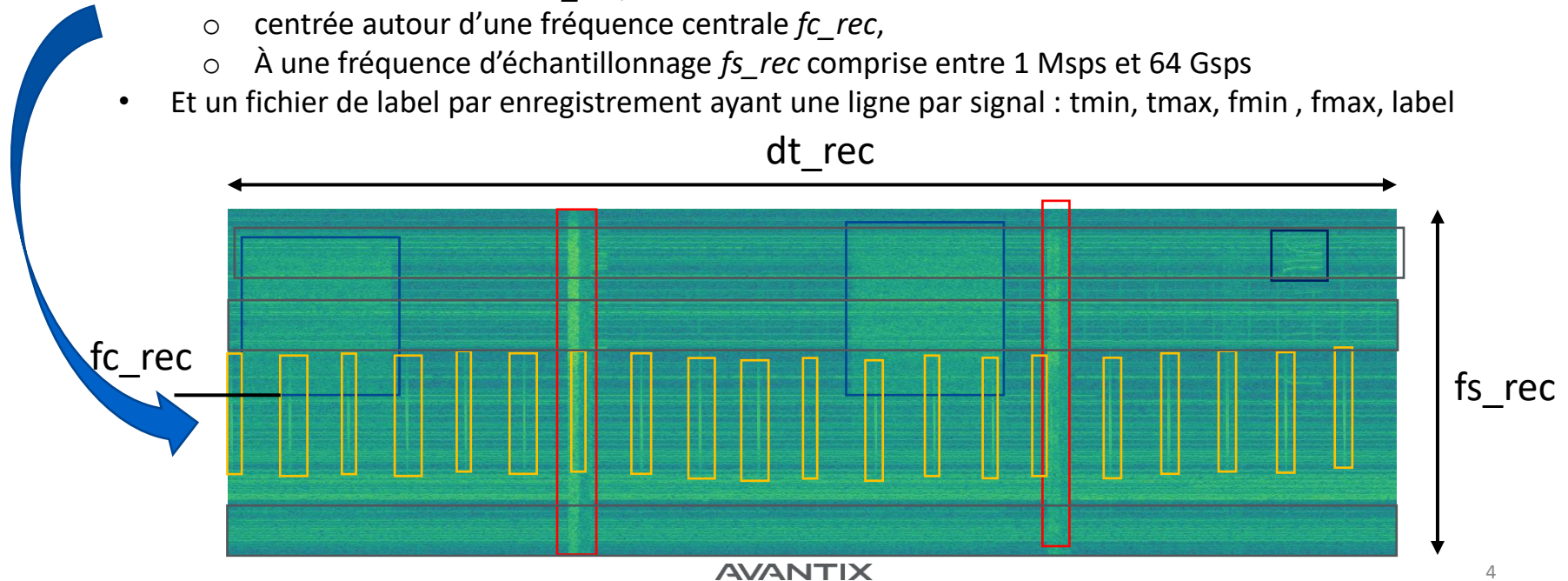
22/11/2023

© Avantix – for internal use

Besoin

Avoir un programme qui génère en sortie :

- un enregistrement IQ
 - d'une certaine durée dt_rec ,
 - centrée autour d'une fréquence centrale fc_rec ,
 - À une fréquence d'échantillonnage fs_rec comprise entre 1 Msps et 64 Gsps
- Et un fichier de label par enregistrement ayant une ligne par signal : $tmin$, $tmax$, $fmin$, $fmax$, label



Simulateur

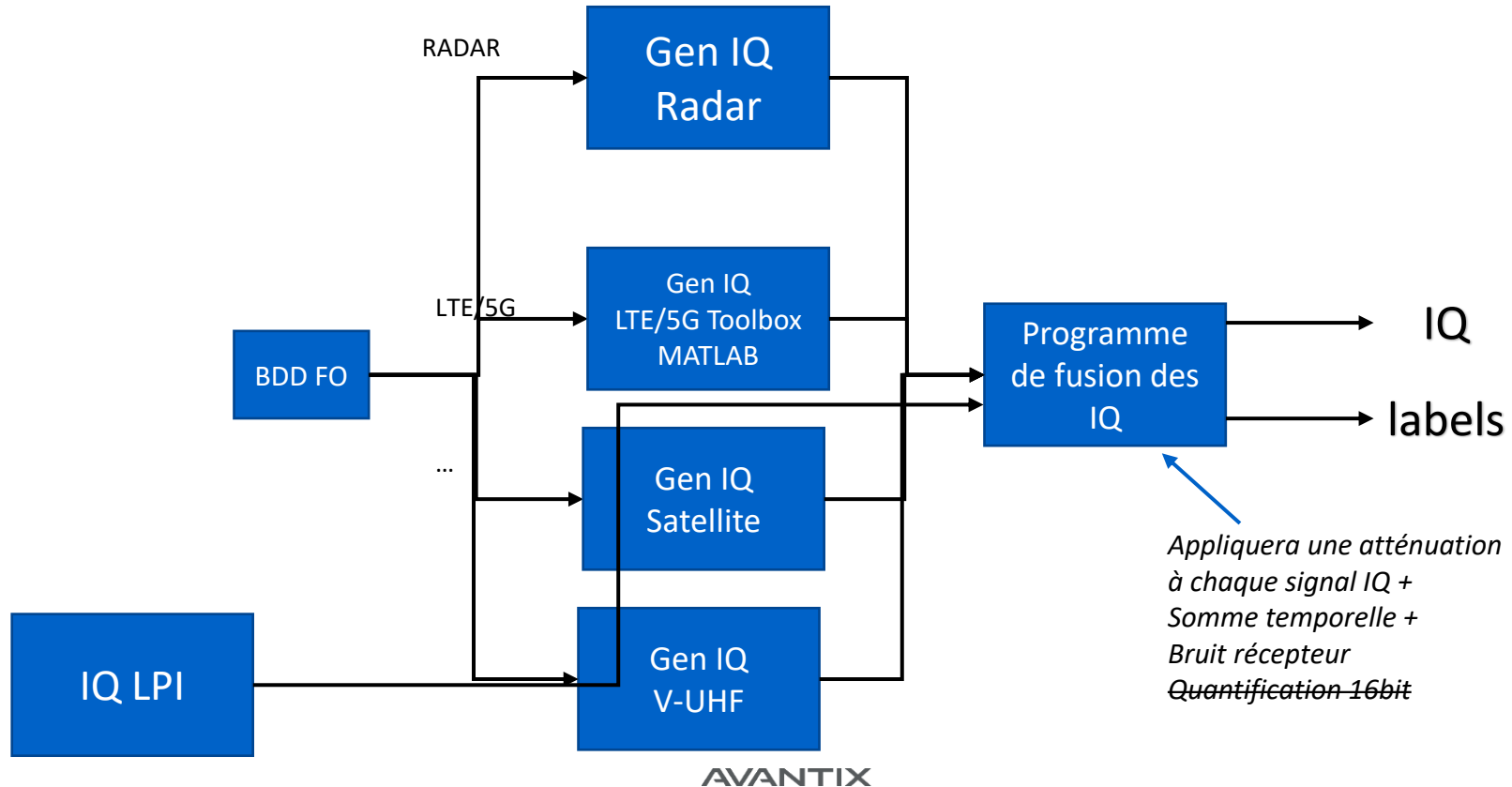
Ce que le programme fera :

- Capable de générer un signal IQ des FO suivantes :
 - **RADAR**
 - **LTE/5G**
 - V-UHF
 - LoRA bande ISM
 - Satellite :
 - THURAYA
 - INMARSAT
 - IRIDUM
 - OneWeb
 - Starlink

Ce que le programme ne fera pas :

- Gérer les cas spécifiques à chaque protocole de communication
- Préfiltrer des FO pour des raisons d'occupation spectrale irréaliste
- Pondérer de manière réaliste les puissances de réception

Spécifications fonctionnelles



Spécifications fonctionnelles

```
import pickle
from iq_sigint_simulator import iq_sigint_simulator

sig_types=['cellular', 'radar']
iq_rec, labels, detailed_labels = iq_sigint_simulator(fc_rec, fs_rec, dt_rec,
sig_types= sig_types)

pickle.dump((record, labels), open('record.pkl', 'wb'))
```

- `fc_rec` : Fréquence centrale d'écoute
- `fs_rec` : Fréquence d'échantillonnage de la bande d'écoute
- `dt_rec` : Durée en secondes de l'écoute
- `sig_types` : Familles des formes d'ondes à simuler

Spécification en cours de rédaction :

\\srv-filer01.global.ad\AFFAIRES TELECOM\1-10-R&D-2200\TECHNIQUE\DOCUMENTS\2_Spécification\DP078293STB004_00-Specification Simulateur R&D ELINT 2023.docx

Spécifications fonctionnelles

L'utilisateur renseigne les familles de formes d'ondes (cellulaire ou RADAR) qu'il souhaite générer sur une fenêtre temps-fréquence.

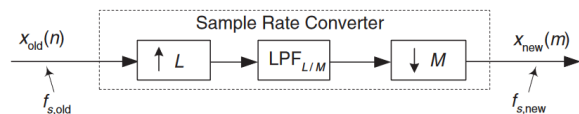
La fonction *iq_sigint_generator* va ensuite piocher aléatoirement parmi les FO éligibles et générer la fusion de tous les IQ.

Contraintes d'éligibilités :

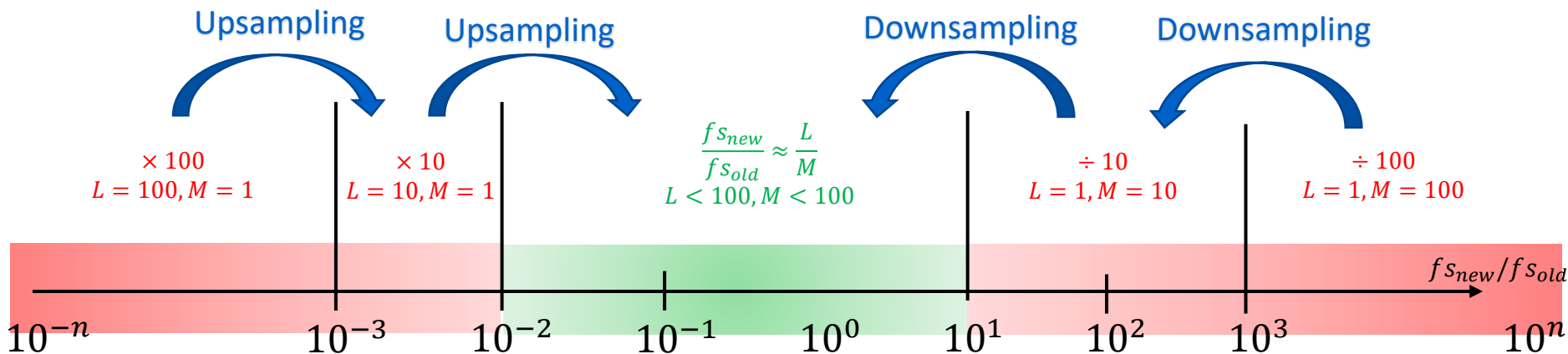
- RADAR: Génère entre 200k et 1M d'impulsions par seconde pour une bande d'écoute de 500 MHz
- Cellulaire : Un seuil d'occupation spectrale est renseigné par l'utilisateur en ratio

Sample Rate Conversion

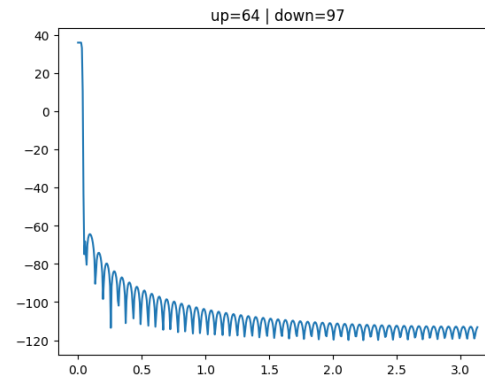
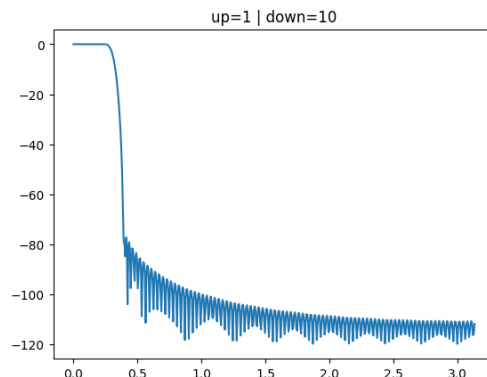
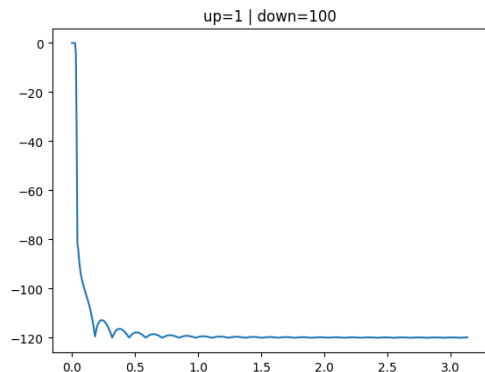
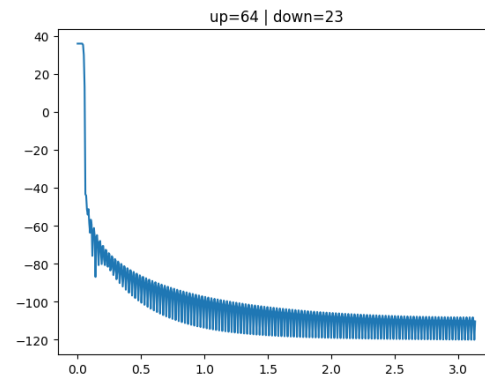
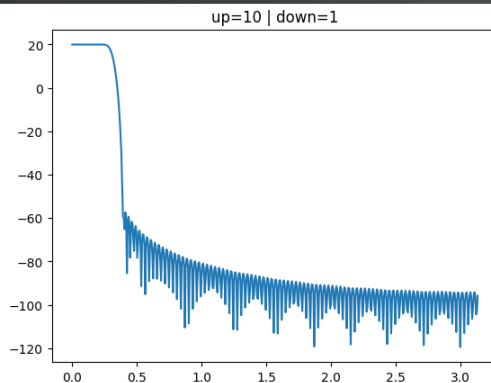
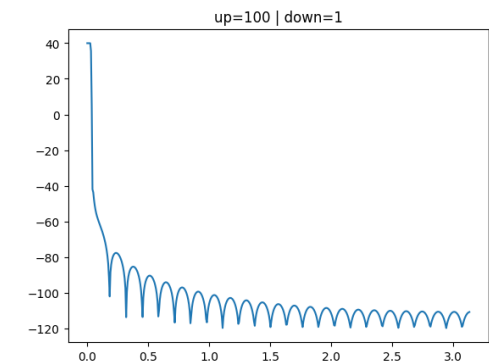
Réaliser une cascade de upsampling/downsampling afin d'obtenir le rapport de conversion souhaité. La cascade se fait par ratio de 100 ou 10 de sur ou sous-échantillonnage sauf la dernière qui impose un rapport L/M avec L et M inférieur à 100.



Objectif : $\frac{f_{s_{new}}}{f_{s_{old}}} \approx \frac{L}{M} \times (10^2)^{n_2} \times (10^1)^{n_1} \times (10^{-1})^{n_{-1}} \times (10^{-2})^{n_{-2}}$
Avec $L < 100$ et $M < 100 \rightarrow$ Garantie une erreur < 1%



Sample Rate Conversion : Caractéristiques du filtre passe-bas

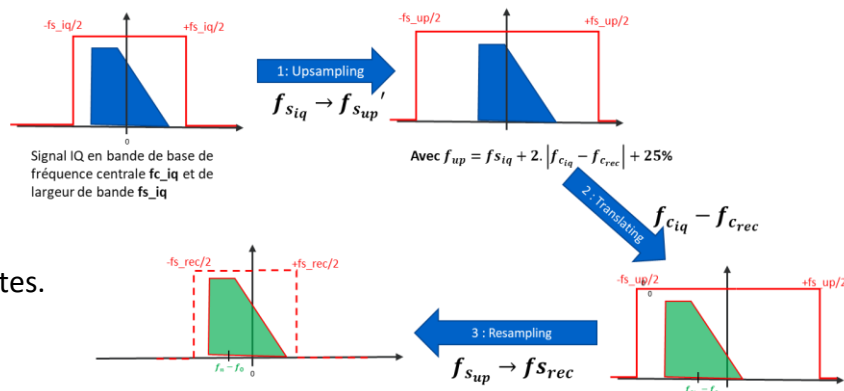
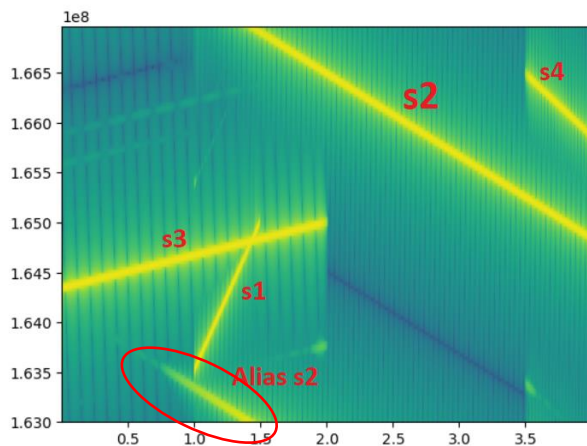


Fusion des IQ

En test, 4 chirps à fusionner :

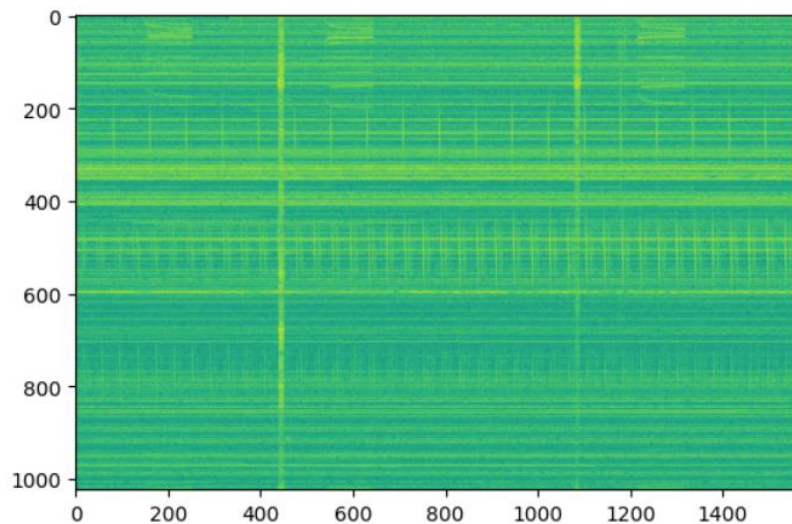
- s1: tstart = 1s, fstart=163.5MHz, fend=165MHz, duration=0.5s
- s2: tstart = -1s, fstart=169MHz, fend=164MHz, duration=6s
- s3: tstart = -1s, fstart=164MHz, fend=165MHz, duration=3s
- s4: tstart = 3.5s, fstart=166.5MHz, fend=164MHz, duration=2s

Chaque signal a été projeté en fréquence et en temps dans la bande des écoutes.
Ensuite les 4 signaux ont été additionnés.

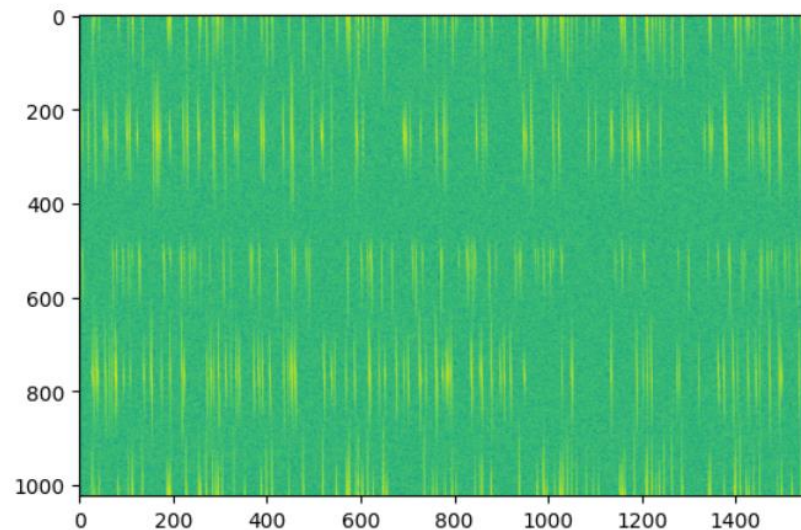


Dev en cours : Génération d'impulsions RADAR

Extrait de 100ms de HE360



Simulation d'une durée de 100ms sur
4MHz de bande de 369 impulsions radar
de type chirp



AVANTIX

RADAR

22/11/2023

© Avantix – for internal use

FO Radar

DI (ns)	Sans Modulation	Modulations de Fréquence (MHz/μs)		Modulations de Phase Phase / Nombre de moments
10-100	Oui	-	-	-
100-1_000	Oui	-	-	-
1_000-10_000	Oui	20	100	180° 7, 8
10_000-100_000	Oui	2	10	180° 7, 8, 13, 25, 33, 39 60° 25, 30 45° 8, 35, 70
100_000-1_000_000	Oui	10 ⁻²	1	180° 7, 8, 13, 25, 33, 39 60° 25, 30 45° 8, 35, 70
1_000_000-10_000_000	Non	0,002	0,1	-
10_000_000-100_000_000	Non	0,0002	0,01	-
100_000_000-inf	Non	0,00002	0,001	-
CW	Oui	-	-	-

Création d'une fonction pour la génération d'impulsion lpi en iq.

L'utilisation de raw_elint_simulator semble utile pour l'implémentation des formes d'onde LPI.

Nous envisageons soit d'utiliser la brique raw_elint_simulator soit d'utiliser les formes d'onde à recréer sur iq_radar_generator .

F0 Radar

DI (ns)	Sans Modulation	Modulations de Fréquence (MHz/μs)		Modulations de Phase Phase / Nombre de moments
10-100	Oui	-	-	-
100-1_000	Oui	-	-	-
1_000-10_000	Oui	20	100	180° 7, 8
10_000-100_000	Oui	2	10	180° 7, 8, 13, 25, 33, 39 60° 25, 30 45° 8, 35, 70
100_000-1_000_000	Oui	10 ⁻²	1	180° 7, 8, 13, 25, 33, 39 60° 25, 30 45° 8, 35, 70
1_000_000-10_000_000	Non	0,002	0,1	-
10_000_000-100_000_000	Non	0,0002	0,01	-
100_000_000-inf	Non	0,00002	0,001	-
CW	Oui	-	-	-

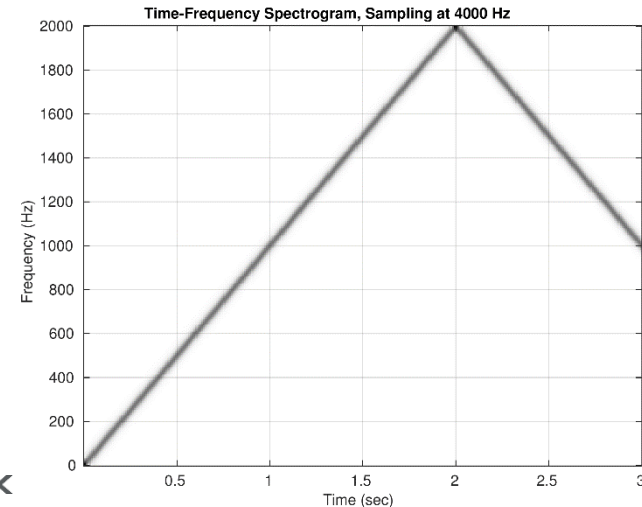
Création d'une fonction pour la génération d'impulsion lpi en iq.

Pour le moment raw_simulator génère des impulsions :

- 500MHz à 18GHz.
- Réel
- avec une fréquence d'échantillonnage de 4GHz

Ce qui causera :

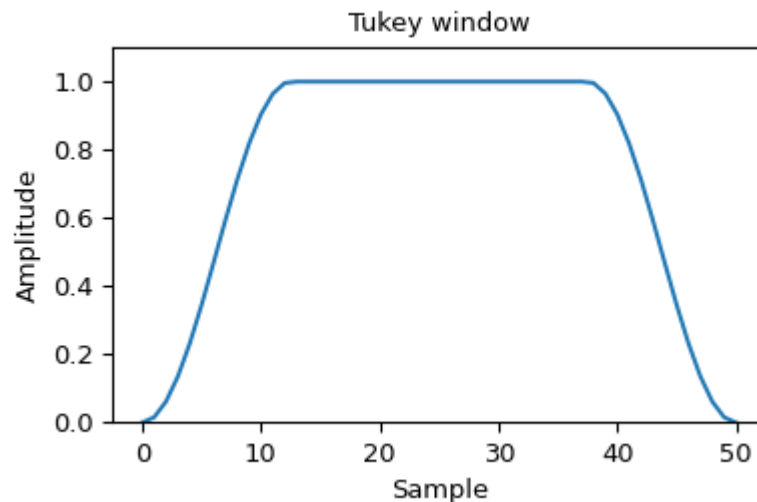
- Une perte d'information de la phase à 0Hz
- De l'aliasing



FO Radar

DI (ns)	Sans Modulation	Modulations de Fréquence (MHz/ μ s)		Modulations de Phase Phase / Nombre de moments
10-100	Oui	-	-	-
100-1_000	Oui	-	-	-
1_000-10_000	Oui	20	100	180° 7, 8
10_000-100_000	Oui	2	10	180° 7, 8, 13, 25, 33, 39 60° 25, 30 45° 8, 35, 70
100_000-1_000_000	Oui	10 ⁻²	1	180° 7, 8, 13, 25, 33, 39 60° 25, 30 45° 8, 35, 70
1_000_000-10_000_000	Non	0,002	0,1	-
10_000_000-100_000_000	Non	0,0002	0,01	-
100_000_000-inf	Non	0,00002	0,001	-
CW	Oui	-	-	-

Atténuation des bords de l'impulsion



Nous utilisons une tukey qui lisse les 5% de la DI
 5% d'une di de 1ms donne 10 μ s ...
 Ce qui est peut-être beaucoup trop.
 Peut être donné une limite en temps (600ns) ?

F0 Radar : Loi en S

$$\beta = \tan^{-1}(\alpha), 0 \leq \alpha < \infty \quad (9)$$

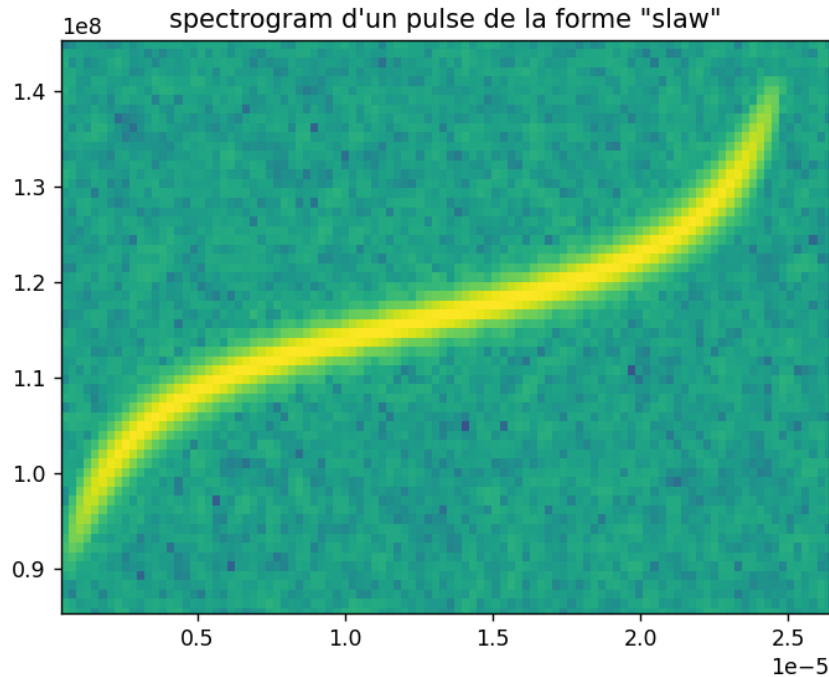
In (9), α is sidelobe control factor of NLFM S.

$$f(t)_s = f_c + B \left(\frac{\tan\left(\frac{2\beta t}{\tau}\right)}{2 \tan \beta} \right), -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2} \quad (10)$$

In (10), $f(t)_s$ is instantaneous frequency of NLFMS (Hz), τ is pulse duration (s), B is signal bandwidth (Hz), t is time duration (s) and f_c is frequency center (Hz).

$$\phi(t)_s = 2\pi \left(f_c t - \left(\frac{B\tau \log\left\{\cos\left(\frac{2\beta t}{\tau}\right)\right\}}{4\beta \tan(\beta)} \right) \right), -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2} \quad (11)$$

$$S(t)_s = \exp(j\phi(t)_s), -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2} \quad (12)$$



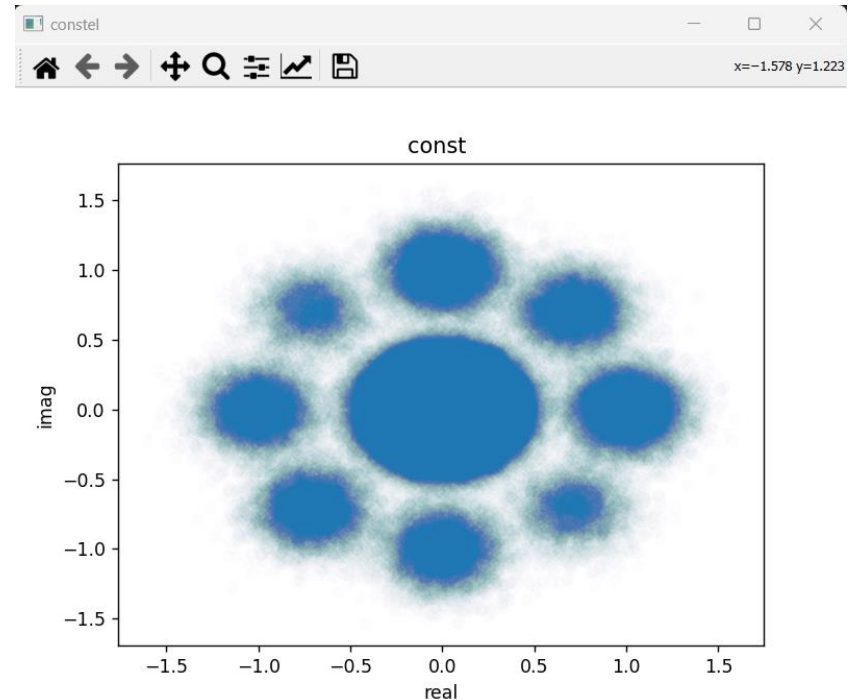
Exemple :
B=1Ghz
Fc=115,5Mhz
 $\Delta f = 61,33\text{Mhz}$
Pw=24 μs

Source: <https://pdfs.semanticscholar.org/7962/04c109a91f4fa19535eaa101a563316ddeb1.pdf>

F0 Radar : PMOP

La constellation de point d'une modulation de phase avec des écart d'angle de 45°
(SNR~5dB)

L'idée sera de reproduire cela en sortie du simulateur pour essayer de reconstruire la constellation pour s'assurer que l'information est toujours présente.
(voir s'assurer que le model peut se servir des iq pour reconnaître le type de modulation)



AVANTIX

MERCI