

AVANTIX

Avancement Simulateur IQ

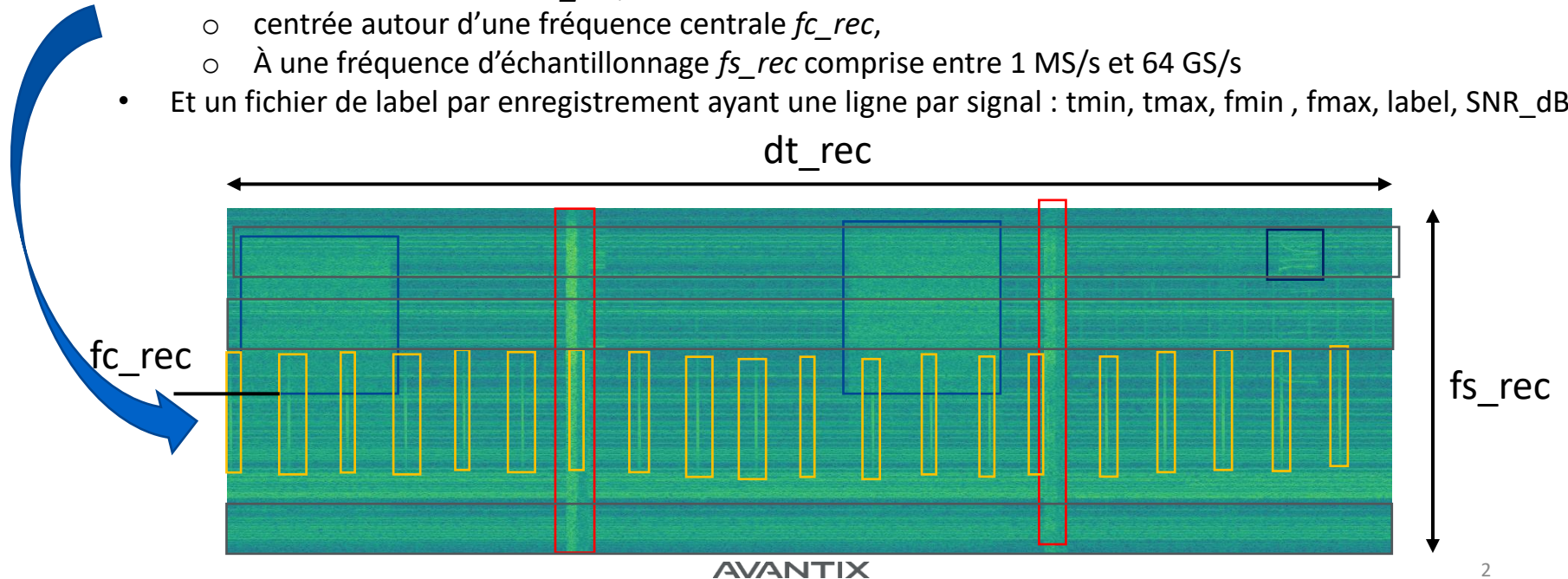
03/01/2024

© 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 MS/s et 64 GS/s
- Et un fichier de label par enregistrement ayant une ligne par signal : $tmin$, $tmax$, $fmin$, $fmax$, $label$, SNR_dB



Simulateur

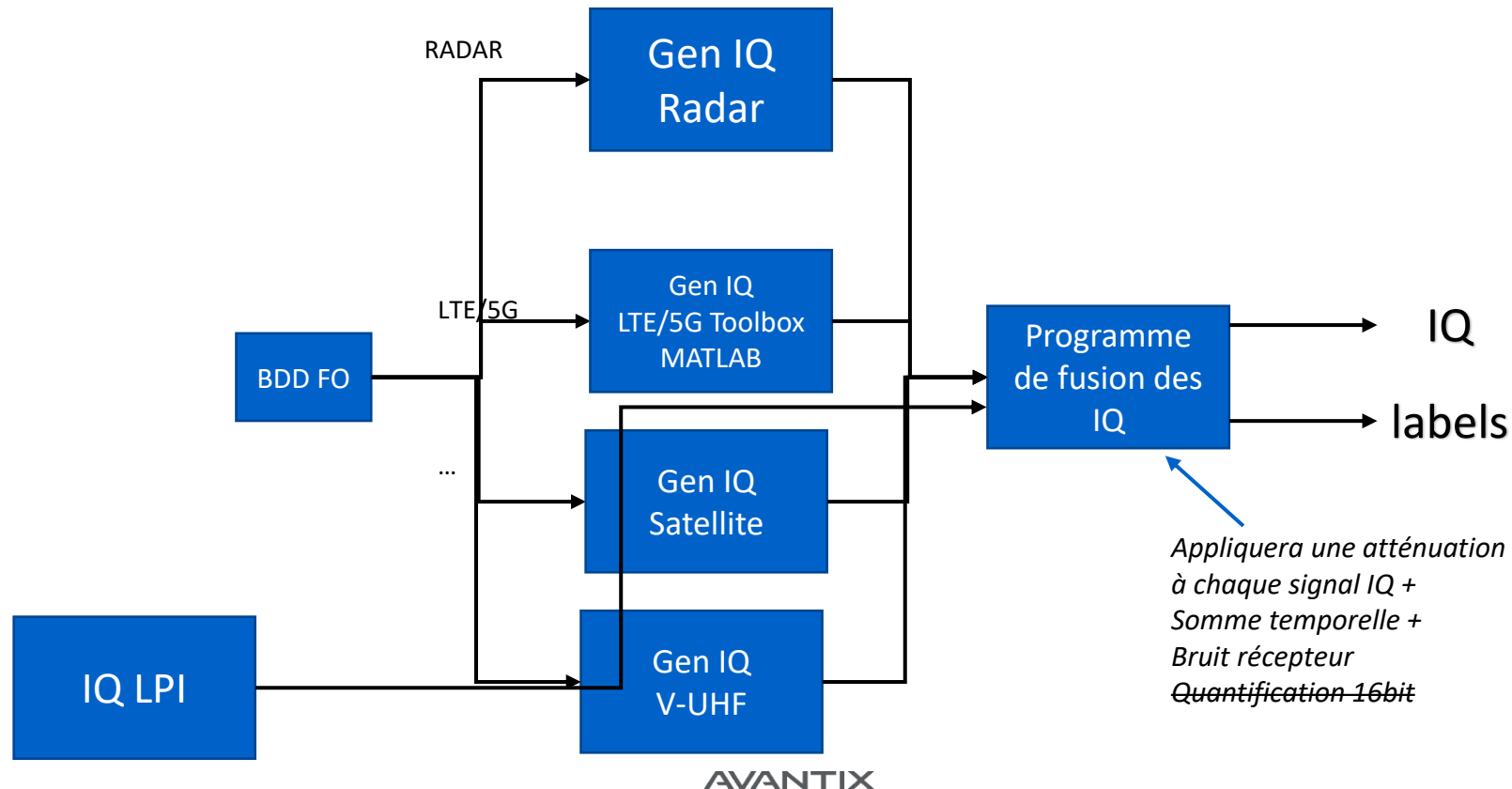
Ce que le programme fera :

- 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,
sigma_noise, 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
- `sigma_noise` : Ecart-type de l'amplitude crête du bruit en Volt
- `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

SNR : Cas taille fft optimal

Pour chaque signal, un SNR est choisi aléatoirement entre 3dB et 40dB en apprentissage. On peut envisager sur la base de test entre -10dB et 40dB.

A partir de la puissance de bruit et du SNR, l'amplitude crête du signal est calculé.

$$SNR_{dB} = DSP_{x_{dB}} - DSP_{N_{dB}}$$

$$\Rightarrow DSP_{x_{dB}} = SNR_{dB} + DSP_{N_{dB}}$$

$$\Rightarrow DSP_x = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} * \frac{\sigma_N^2}{f_s}$$

$$\Rightarrow \frac{A^2}{2} * k_{type} = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} * \frac{\sigma_N^2}{f_s}$$

$$\Rightarrow A = \sqrt{\frac{2}{f_s * k_{type}} 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} * \sigma_N}$$

$$\text{Avec } k_{type} = \begin{cases} \sqrt{\frac{pw}{\Delta f}} & \text{si chirp radar} \\ pw_{moment} & \text{si pmop radar} \\ pw & \text{si radar no mod ou cw} \\ \frac{1}{\Delta f} & \text{sinon} \end{cases}$$

SNR effectif

Dans la fenêtre de la bounding box, on récupère la valeur max en dB du spectrogramme (S_{xx}) que l'on soustrait à la DSP du bruit.

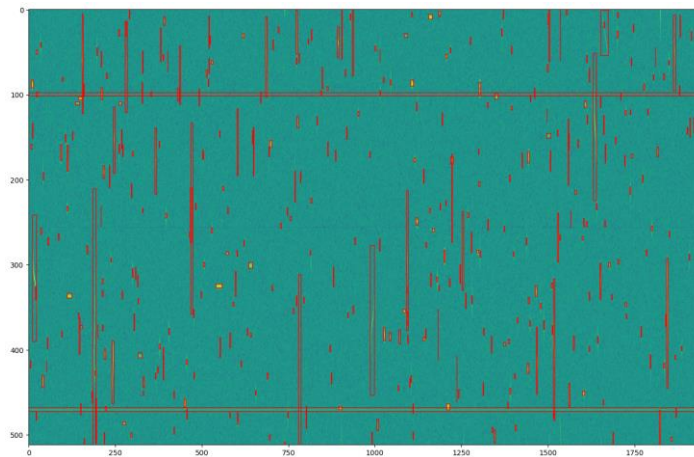
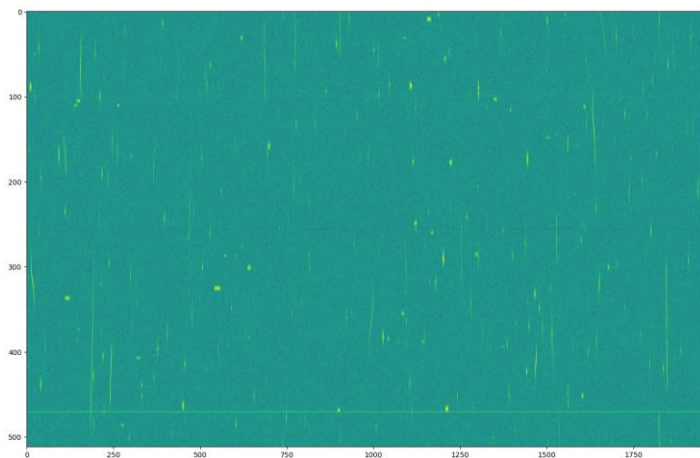
$$SNR_{eff_{dB}} = \max(S_{xx_{dB}}[x_{min}:x_{max}; y_{min}:y_{max}]) - DSP_{N_{dB}}$$

On ne conserve que les SNR supérieur à 10dB.

Labelizer

Implémentation d'une fonction permettant de générer des bounding box quelques soit les paramètres du spectrogramme.

Amélioration de la hauteur de bbox : Prise en compte des lobes secondaires



Exemple : $nfft = 512$, $Overlap = 50\%$, $SNR_{eff_min} = 1dB$

Génération BT 0.1.0

Paramètres :

```
fc_rec = 3 GHz  
fs_rec = [1, 5, 25, 100, 500, 1e3, 2e3, 4e3] MS/s  
dt_rec = 1ms  
dt_total = ~250 ms → 15k enregistrements  
sigma_noise = 1mV  
sig_types = 'radar'  
snr_db = 3 à 40dB
```

BT YOLO :

```
fs_rec = [100, 500, 1e3] MS/s  
dt_rec = 1ms / 7 → Split en 7 images  
Definition = [640 pix * 640 pix]. Upsampling only  
Train | Val | Test : 28280 imgs | 5964 imgs | 6076 imgs
```

```
sig_types = 'no_mod_p_mod', 'f_mod', 'cw'  
snr_db_eff > 8 dB
```

Taille de fft optimal

No mod				
fs_rec en MS/s	nfft min	pw min en ns	nfft max	pw max en ms
1	2	2000	1024	1,024
5	2	400	4096	0,8192
25	2	80	16384	0,65536
100	2	20	65536	0,65536
500	4	8	524288	1,048576
1000	8	8	1048576	1,048576
2000	16	8	2097152	1,048576
4000	32	8	4194304	1,048576
f_mod				
fs_rec en MS/s	nfft min	sqrt(pw_/df)_min en ns	nfft max	sqrt(pw_/df)_max en µs
1	2	2000	256	256
5	2	400	1024	204,8
25	2	80	4096	163,84
100	8	80	16384	163,84
500	64	128	131072	262,144
1000	128	128	262144	262,144
2000	256	128	524288	262,144
4000	512	128	1048576	262,144
p_mod				
fs_rec en MS/s	nfft min	pw_moment min en ns	nfft max	pw_moment max en µs
1	2	2000	128	128
5	2	400	512	102,4
25	2	80	4096	163,84
100	8	80	16384	163,84
500	64	128	65536	131,072
1000	128	128	131072	131,072
2000	256	128	262144	131,072
4000	512	128	524288	131,072



Résumé

fs_rec en MS/s	nfft_min	log2(nfft_min)	nfft_max	log2(nfft_max)
1	2	1	1024	10
5	2	1	4096	12
25	2	1	16384	14
100	2	1	65536	16
500	4	2	524288	19
1000	8	3	1048576	20
2000	16	4	2097152	21
4000	32	5	4194304	22

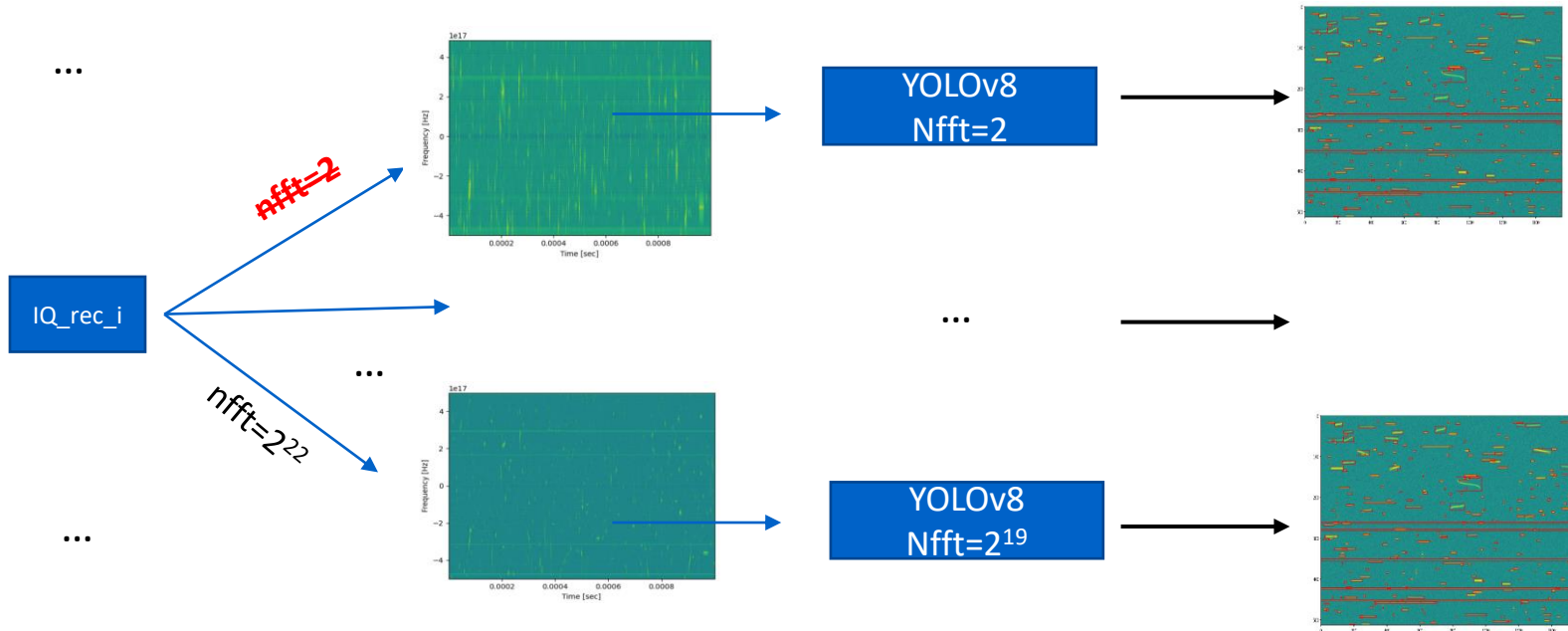


FFT qui seront réalisées :

2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 2048, 8192, 32768, 131072, 524288

Détection (Etat de l'art en cours)

Un modèle par taille de FFT



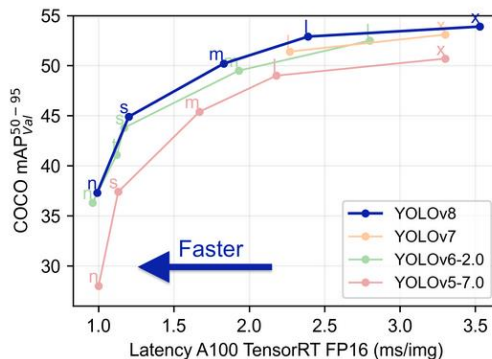
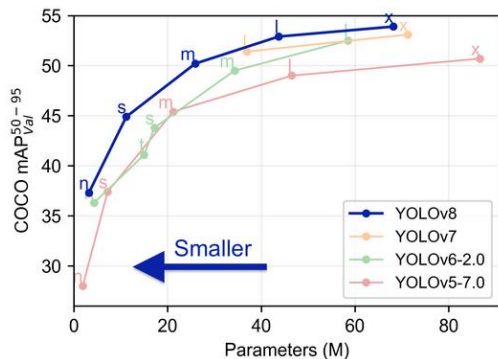
Pour les petites FFT, revoir modèle de détection

ultralitics: YOLOv8

Sur la version nano, sur-apprentissage identifié et erreur bias relativement faible (à confirmer).

Solutions :

- Plus de données en apprentissage
- Plus de régularisation



ultralytics: YOLOv8

Meilleur modèle :

ultralytics: YOLOv8

HP tuning : EN COURS

Stockage

Etat stockage sur serveur avx-ai-server

```
Last login: Tue Dec 12 11:38:38 2023 from 10.106.42.4
(base) ~ df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
tmpfs           38G   3,6M   38G   1% /run
/dev/sda2       219G  166G   42G   80% /
tmpfs          189G   60M  189G   1% /dev/shm
tmpfs           5,0M    0   5,0M   0% /run/lock
/dev/sda1       511M   6,1M  505M   2% /boot/efi
tmpfs           38G    84K   38G   1% /run/user/128
tmpfs           38G   112K   38G   1% /run/user/1000
/dev/sdb1       3,6T   2,4T   1,1T   70% /data
tmpfs           38G    64K   38G   1% /run/user/1003
tmpfs           38G    64K   38G   1% /run/user/1004
(base) ~
```



Samsung 870 QVO MZ-77Q8T0BW | Disque SSD Interne 8 To, SATA III, 2,5" - Technologie QLC seconde génération

AVANTIX

MERCI