

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 1/27
------------------------------------	--	---

Code Affaire **1-10-THA-2000** Contrat N° : **4500117757**
Classification : **CONFIDENTIEL**

Diffusion interne : **Maxence Caillat**
Diffusion externe : Client

Written by B. BAELDE Visa ACQUIS	Verified by S. BINETRUY Visa ACQUIS	Approved by R.A.Q. Visa	Approved by M. CAILLAT Visa ACQUIS
--	---	--	--

Nombre de pages (hors annexes): **18**

Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP)

Système ELIT500

ARTICLE 114509 NS01

EVOLUTIONS

Issue	Date	SECR.	Writer	Object
00	07/10/21		BBA	Version initiale

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 2/27
------------------------------------	--	---

SOMMAIRE

1. OBJET	3
2. DOCUMENTS APPLICABLES	3
3. DOCUMENTS DE REFERENCES	3
4. LISTE DES ABREVIATIONS	3
5. PLAN DE TEST	4
5.1. OBJECTIFS DU TEST.....	4
5.2. DESCRIPTION DE LA PLATEFORME.....	4
5.3. INSTRUMENTATION	5
5.4. METHODOLOGIE DES MESURES	6
5.4.1. Scénarios joués	6
5.4.2. Chronogrammes des signaux de test	7
5.4.3. Résultats qualitatifs sur Elit et Oscar	9
6. IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON SOUS TEST	10
6.1. DESCRIPTION DE LA MODIFICATION :	10
7. ÉTAT INITIAL AVANT MODIFICATION :	11
8. RESULTATS APRES MODIFICATION	13
8.1. MESURE DU 01 ET 02/10/2021 :	13
8.2. MESURES DU 4 AU 6/10/2021 :	16
8.2.1. Mesures avec le PGE, scan en fréquence de 50 MHz pas de 133 KHz	16
8.2.2. Essais en FFT 2048, scan de 500 MHz pas de 133 kHz	25
9. CONCLUSION DES TESTS.....	27

Table des illustrations

Figure 1: Synoptique de la plateforme de test	4
Tableau 1: Documents applicables	3
Tableau 2: Documents de référence.....	3
Tableau 3: Glossaire.....	3
Tableau 4: Liste des équipements utilisés	5
Tableau 5: Liste du matériel et logiciels utilisés	5
Tableau 6: Caractéristiques des signaux impulsionnels.....	6

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 3/27
------------------------------------	--	---

1. OBJET

Ce document est le rapport des test réalisés à la fin de caractérisation de la détection de signaux modulés en phase (PMOP bi phase) par le système ELIT500.

Cet équipement électronique s'intègre dans des systèmes complets de guerre électronique, visant à détecter et caractériser des signaux Radar.

2. DOCUMENTS APPLICABLES

N°	Référence	Indice	Désignation
[A1]	DP074137CPR001	05	Cahier de Procédure de Recette Usine du sous-système HWCI ELINT

Tableau 1: Documents applicables

3. DOCUMENTS DE REFERENCES

N°	Référence	Indice	Désignation
[RF1]		00	

Tableau 2: Documents de référence

4. LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Définition
ELINT	ELINT Electronic Intelligence
GHz	Giga Hertz
LI	Longueur d'impulsion
MOP	Modulation On Pulse
ODU	OutDdoor Unit
PMOP	Phase Modulation On Pulse
PRI	Période de répétition des impulsions
RF	Radio Fréquences
TOA	Time Of Arrival

Tableau 3: Glossaire

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 4/27
------------------------------------	--	---

5. PLAN DE TEST

5.1. OBJECTIFS DU TEST

Lors de la FAT du système RFIM, il a été constaté la non-intégrité de l'enregistrement d'une proportion parfois importante d'impulsions dès qu'elle contient une modulation biphasée avec un nombre de moment (ou symboles) importants (typiquement 128 ou plus).

Une modification sur le suivi impulsif de la carte d'acquisition HexaCan a été réalisé.

Le but de ces tests est de valider ces modifications et de recaractériser la capacité du système ELIT à détecter et enregistrer les signaux impulsifs modulés en phase. Il s'agit d'un focus particulier sur les signaux biphasés (saut de phase de 180 °) contenant 128 ou 256 symboles.

Les mesures réalisées sont :

- Vérification de la détection et de l'enregistrement de l'impulsion de la fréquence, LI et PRI de signaux impulsifs.
- Vérification de la bonne caractérisation en fréquence et en DI de l'impulsion et de l'enregistrement de la totalité de l'impulsion en signaux IQ.

5.2. DESCRIPTION DE LA PLATEFORME

La plateforme de test consiste mettre en situation le système ELIT à l'aide d'un générateur de signaux (système PGE). Plusieurs scénarios créés via le logiciel ELSIM sont joués, dans lesquels la fréquence, LI, PRI et MOP varient.

Le niveau de puissance en entrée est réglé grâce à un atténuateur variable et le signal entrant dans le système ELIT est observé via un analyseur de spectre.

La caractérisation est effectuée par le logiciel ELIT. Les résultats sont transférés d'ELIT au logiciel OSCAR puis analysés à l'aide des vues inter-pulse, intra-pulse et histogramme.

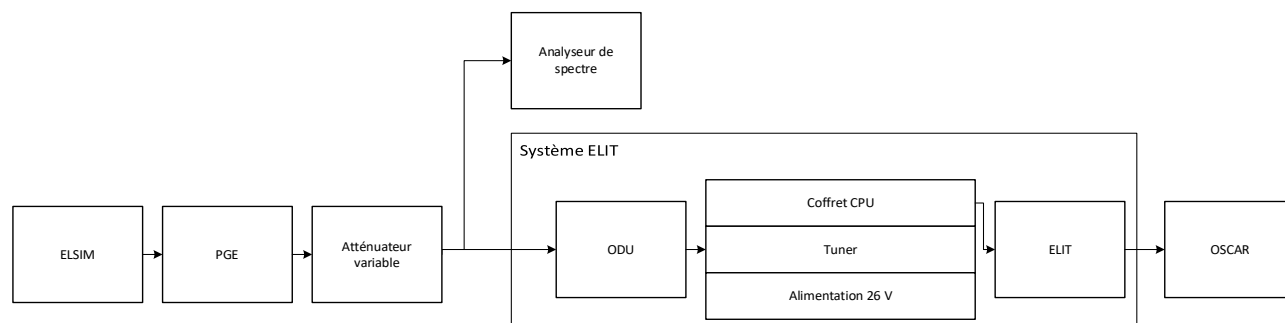


Figure 1: Synoptique de la plateforme de test

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 5/27
------------------------------------	--	---

5.3. INSTRUMENTATION

Identification des équipements mis en œuvre pour la mesure des exigences contractuelles (performances demandées).

Type d'appareil	Modèle	N° de série	Dernière vérification	Fin de validité
MES_01 : Générateur de signaux RF pulsés 0.5-18GHz	R&S	E_GEN.035	10/05/21	10/05/2023
MES_02 : Générateur de signaux modulés	Mini PGE 109506 (Produit Avantix)	00002	01/07/21	07/2023
MES_04 : Analyseur de spectre 18 GHz avec mesure en « span 0 »	Agilent E4440E	E_ANA-024	20/07/2020	07/2022

Tableau 4: Liste des équipements utilisés

Identification des moyens matériels et/ou logiciels mis en œuvre sur la plate-forme de vérification.

Désignation	Type	Référence	N° Série / Version	Propriétaire
OUT_01	PC de test Client X Windows / X11 : Client Xming en version 6.9.0.31 ou ultérieure	DELL Latitude E5540	536ZK12	Avantix
OUT_02	PC outillage sous Windows 7 64 bits	Dell Precision		Avantix
OUT_03	Logiciel ELSIM	DP047989LOG010	V2.6.13	Avantix
	Logiciel embarqué PGE		2.6.15 (17/12/2018)	Avantix
OUT_04	Atténuateur variable	Mini-Circuit RCDAT-30G-30 + logiciel de pilotage	02007130010	Avantix
OUT_05	ELIT		4.4.1.X (02/02/2021)	Avantix
OUT_06	OSCAR		4.0.2.2 (02/12/2020)	Avantix

Tableau 5: Liste du matériel et logiciels utilisés

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 6/27
------------------------------------	--	---

5.4. METHODOLOGIE DES MESURES

5.4.1. SCENARIOS JOUES

Les scénarios sont créés et joués via le logiciel ELSIM.

Les caractéristiques des modulations sont définies ci-dessous :

MOP	LI	NB moments	Durée du moment	PRI
Biphase (180°)	44.6 µs	128	346 ns	500 µs
Biphase (180°)	133.33 µs	128	1.04 µs	500 µs
Biphase (180°)	26.667 µs	128	208.33 ns	500 µs
Biphase (180°)	53.333 µs	256	208.33 ns	500 µs

Tableau 6: Caractéristiques des signaux impulsionnels

Afin d'évaluer l'impact de la canalisation en fréquence des FFT 256 et 2048, le signal est généré sur des porteuses ayant un palier de 1000 impulsions sur des fréquences qui se décalent de 500 KHz (100 pas sur une bande de 50 MHz). Puis dans un deuxième temps on réalise 376 pas de fréquence (décalage de 133 kHz).

La puissance d'émission est réglée de telle sorte que la puissance en entrée du système ELIT soit de -64 dBm (puissance à la sensibilité + 6 dB). Pour ce faire, le gain d'antenne est réglé à 30 dB dans les scénarios puis on ajustera le niveau en réglant l'atténuateur variable pilotable par USB en entrée d'ODU. Le niveau réel est alors mesuré sur l'analyseur de spectre réglé en « Span 0 » avec une largeur de bande d'analyse réglée à 4 MHz minimum (la valeur maximale de l'analyseur est 8 MHz) ce qui correspond à une longueur de bin temporel de 250 ns. Ce qui reste cohérent des durées des moments et permet de rester sensible aux fluctuations d'amplitude de cet ordre de grandeur. Il est à noter que pour les niveaux très faible (autour de -70dBm) la mesure de niveau à l'analyseur de spectre devient très sensiblement entachée de bruit (de l'ordre de 3 à 4 dB ; le plancher de bruit remonte avec la largeur de bande d'analyse) et diverge de la mesure réalisée par Elit.

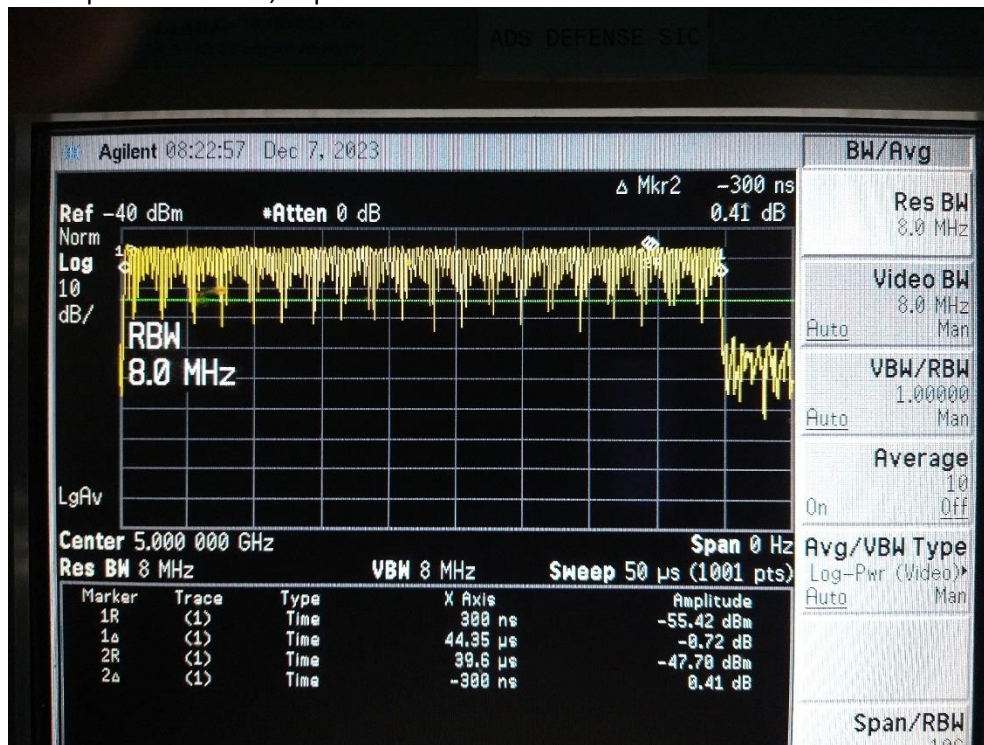
A partir de -60 dBm il a été également constaté un « overshoot » en tout début d'impulsion, à priori généré par le PGE. Le niveau retenu pour l'impulsion est le niveau moyen (moyennage sur 100 valeurs) pendant la modulation.

L'ensemble des essais est réalisé à 5 GHz de fréquence centrale avec des signaux émis entre 5 et 5.050 GHz. Un essai spécifique en FFT 2048 a été réalisé sur la totalité de la bande passante pour voir si certaines fréquences sont plus « sensibles » (pas de 133 KHz environ 10 mn d'enregistrement) .

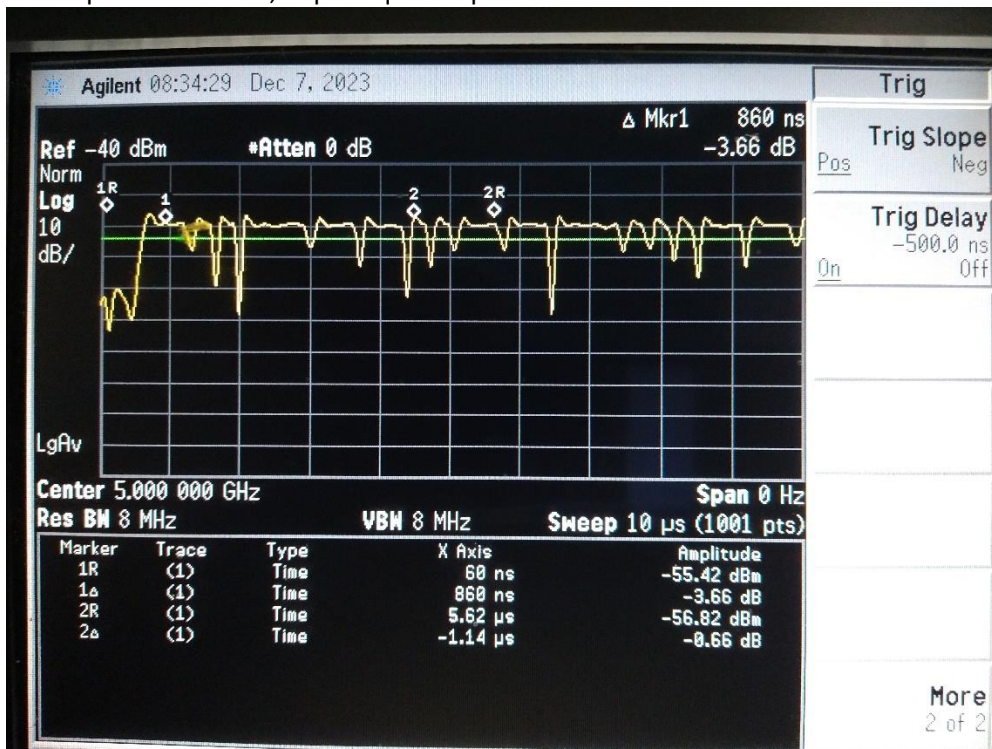
La modification étant réalisée sur la carte d'acquisition qui travaille en fréquence intermédiaire (FI) on considère qu'elle est indifférente au point de fonctionnement sur la bande RF.

5.4.2. CHRONOGRAMMES DES SIGNAUX DE TEST

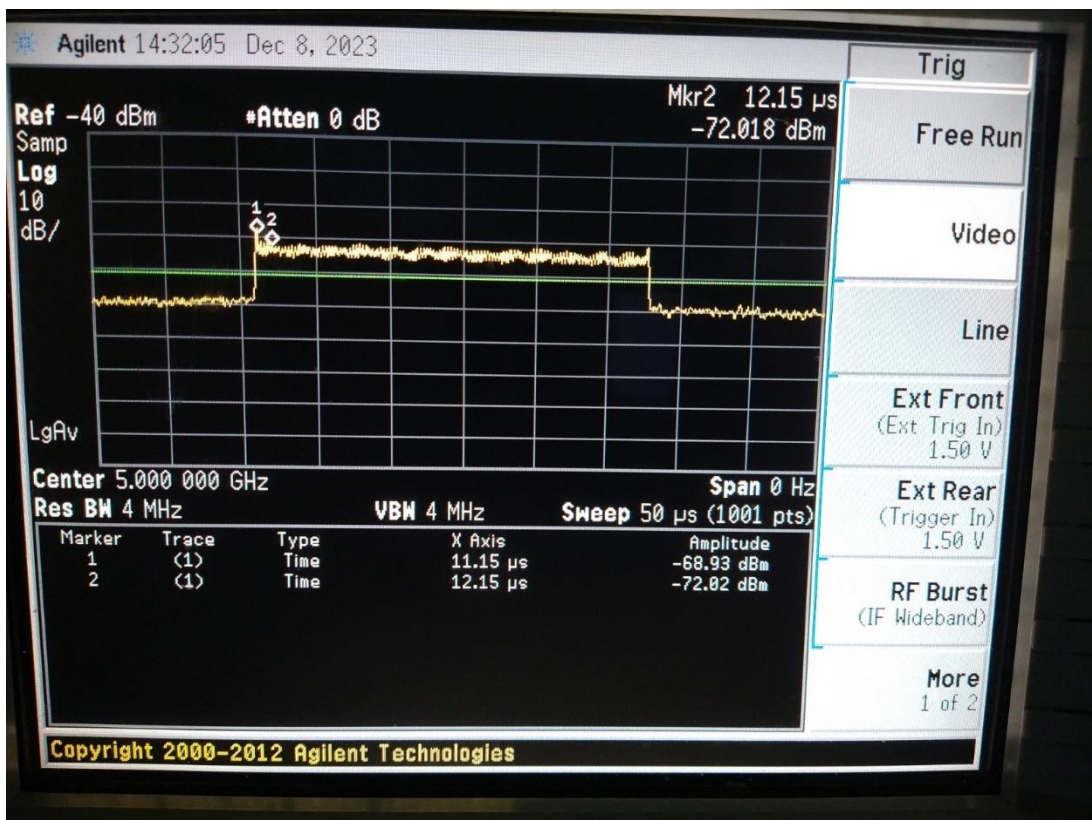
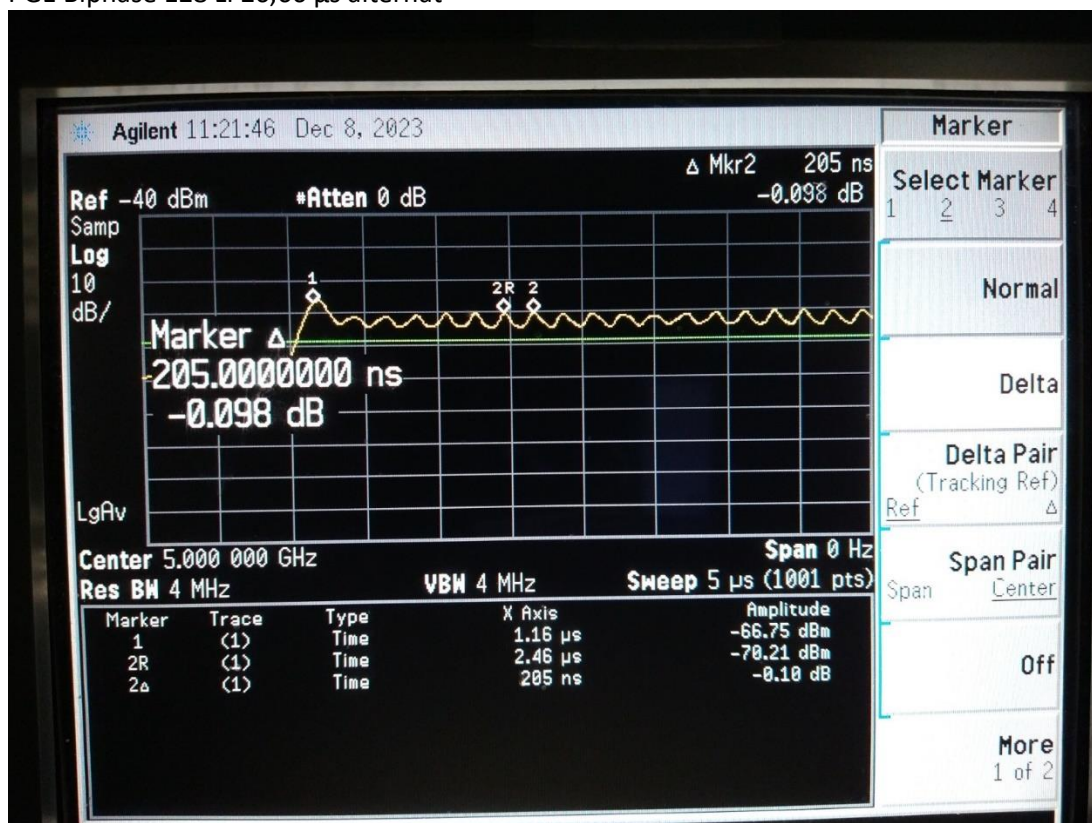
PGE Biphasé 128 LI 44,33 μ s alternat



PGE Biphasé 128 LI 44,33 μ s Séquence pseudo aléatoire



PGE Biphasé 128 LI 26,66 μ s alternat



AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 9/27
------------------------------------	--	---

5.4.3. RESULTATS QUALITATIFS SUR ELIT ET OSCAR

Les résultats sont observés dans un premier temps avec la vue PDW sur le logiciel ELIT.

Les données sont ensuite enregistrées dans la mémoire embarquée du système ELIT puis transférées sur l'ordinateur de test au format Elit normalisé.

Ils sont ouverts grâce au logiciel OSCAR et analysés à l'aide des vues « intra-pulses », « inter-pulses » et « Histogramme ».

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 10/27
------------------------------------	--	--

6. IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON SOUS TEST

Code Affaire : 1-10-THA-2000

Désignation du produit : SYSTEME ELIT

Code article : 114509

Numéro de série : 01 /

HISTORIQUE DES EVOLUTIONS MATERIEL

Date	Indice	Raison de l'évolution	Numéro R.A., DMD, autre

COMPOSITION DU PRODUIT

N°	Niveau décomposition					Articles de configuration			
	0	1	2	3	Désignation	Code article	Indice		N° série
							Attendu	Réalisé	Amesys
1	X				SYSTEME ELIT	114509	-1	-1	01

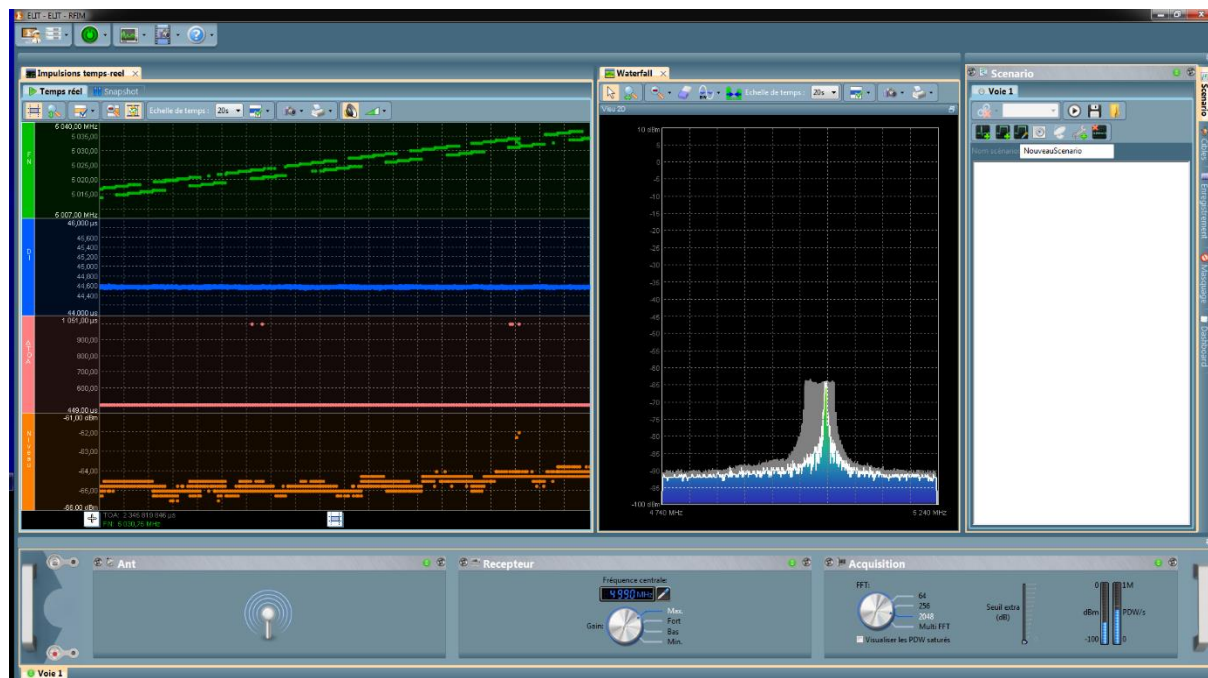
6.1. DESCRIPTION DE LA MODIFICATION :

La modification réalisée porte sur le suivi temporel des impulsions. Elle consiste à réduire la fenêtre de suivi en fréquence qui permet de rester dans l'impulsion et d'agrandir le « temps de mitage » ou la durée de trou autorisé sur une impulsion.

La principale conséquence sera sur le suivi des impulsions en chirp rapide. La limite serait théoriquement de l'ordre de 20 MHz / μ S en FFT 256 et 5 MHz / μ S en FFT 2048.

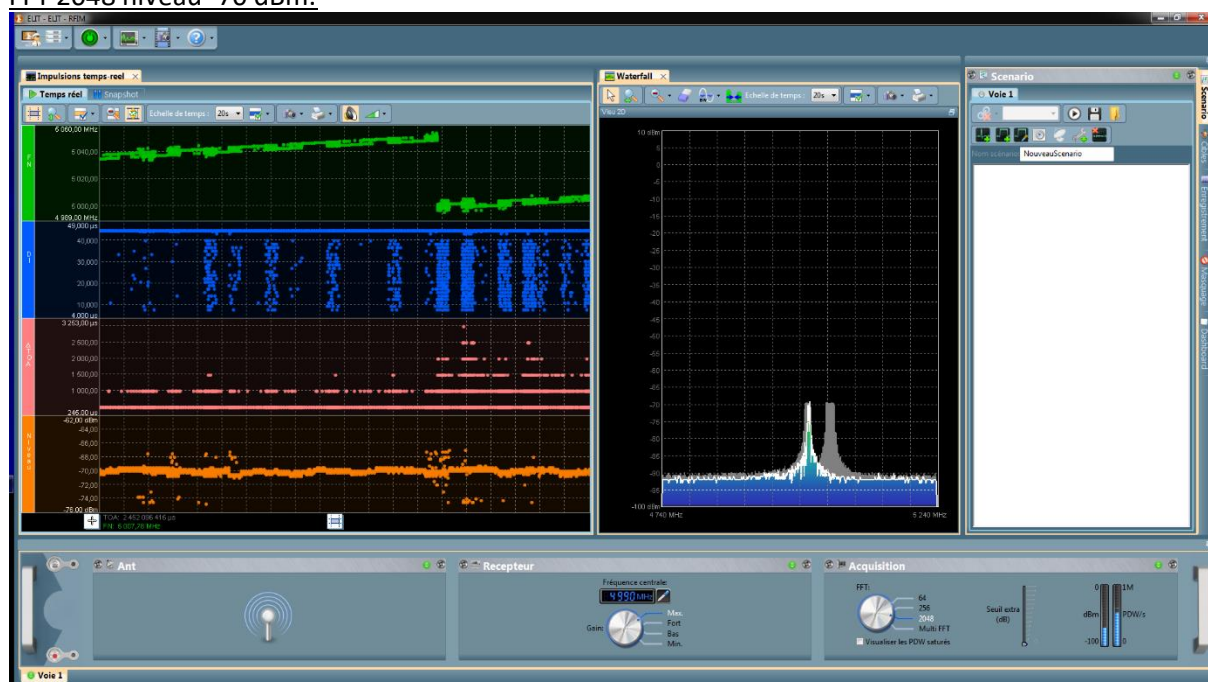
7. ÉTAT INITIAL AVANT MODIFICATION :

LI 44 μ S FFT 2048 niveau -65 dBm

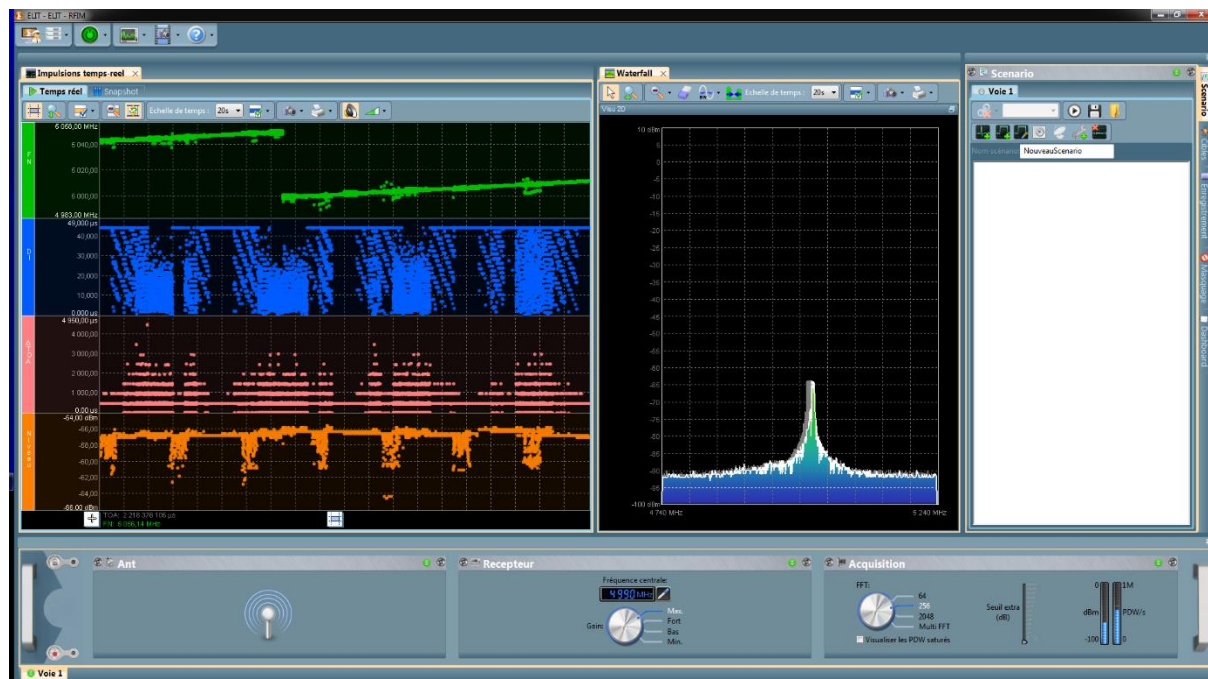


En FFT 1024 l'acquisition du signal est correcte hormis à la fréquence centrale.

FFT 2048 niveau -70 dBm.



LI 44 μ S FFT 256 niveau -65 dBm



En FFT 256 l'impulsion est découpée dans environ 40 à 45 % des cas.

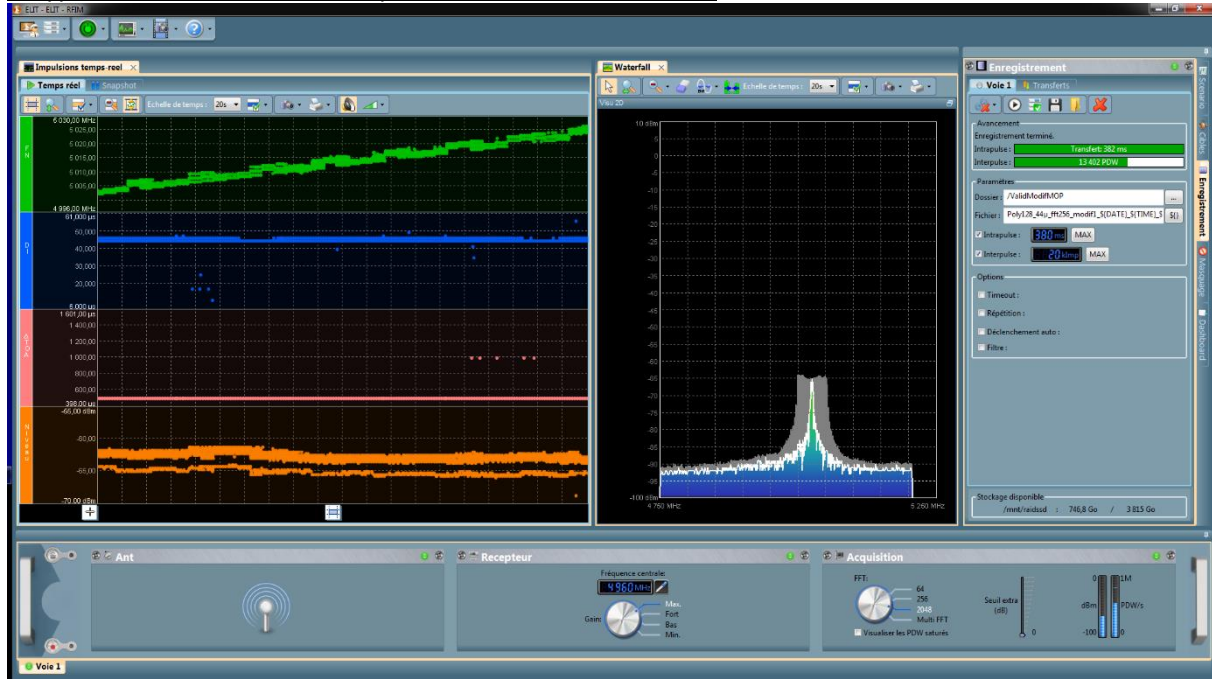
8. RESULTATS APRES MODIFICATION

Les essais ont été réalisés sur le site d'Aix en Provence du 01/10/2021 au 06/10/2021

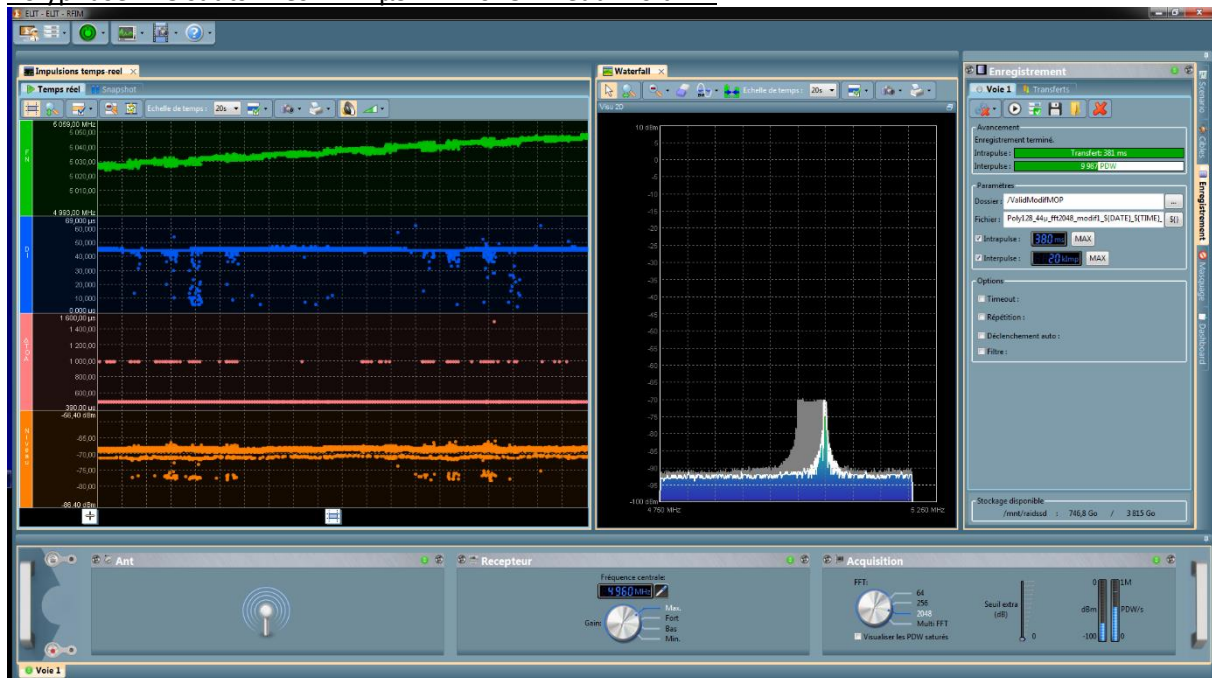
8.1. MESURE DU 01 ET 02/10/2021 :

Les mesures ont été réalisées sur les signaux de LI 44.3 et 133.33 μ s et pour des niveaux à -65 et -70 dBm.

Polyphasé 128 sauts fixes LI 44 μ s FFT 2048 niveau -65 dBm

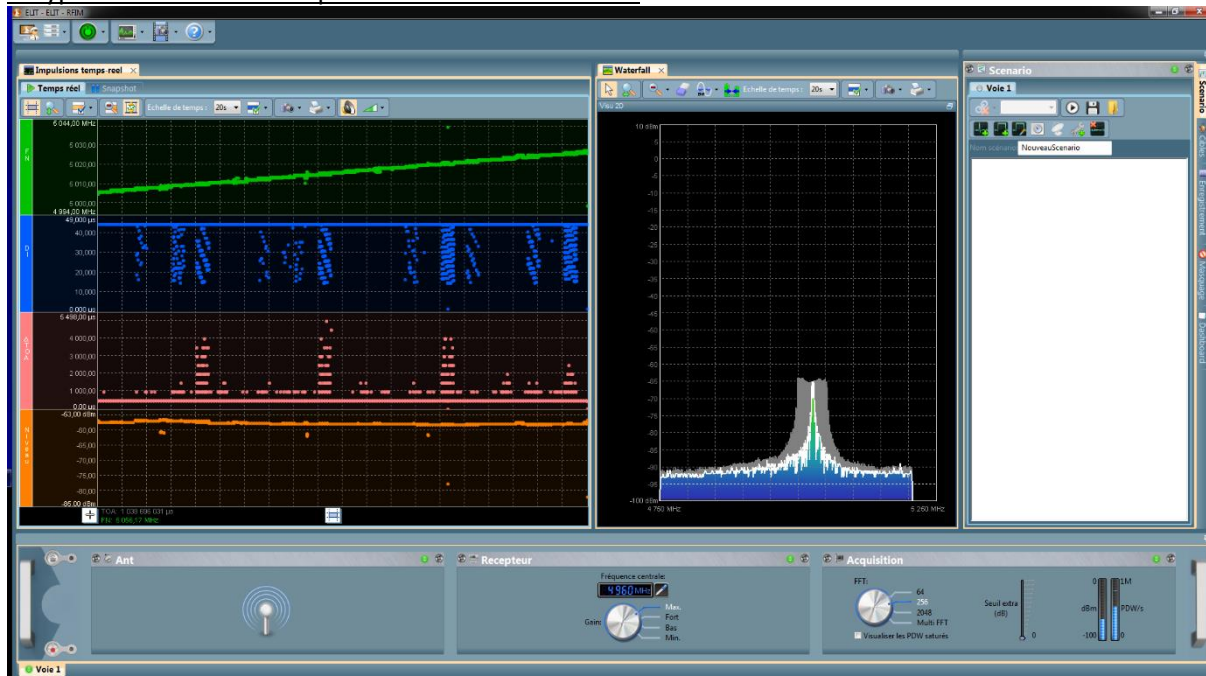


Polyphasé 128 sauts fixes LI 44 μ s FFT 2048 niveau -70 dBm

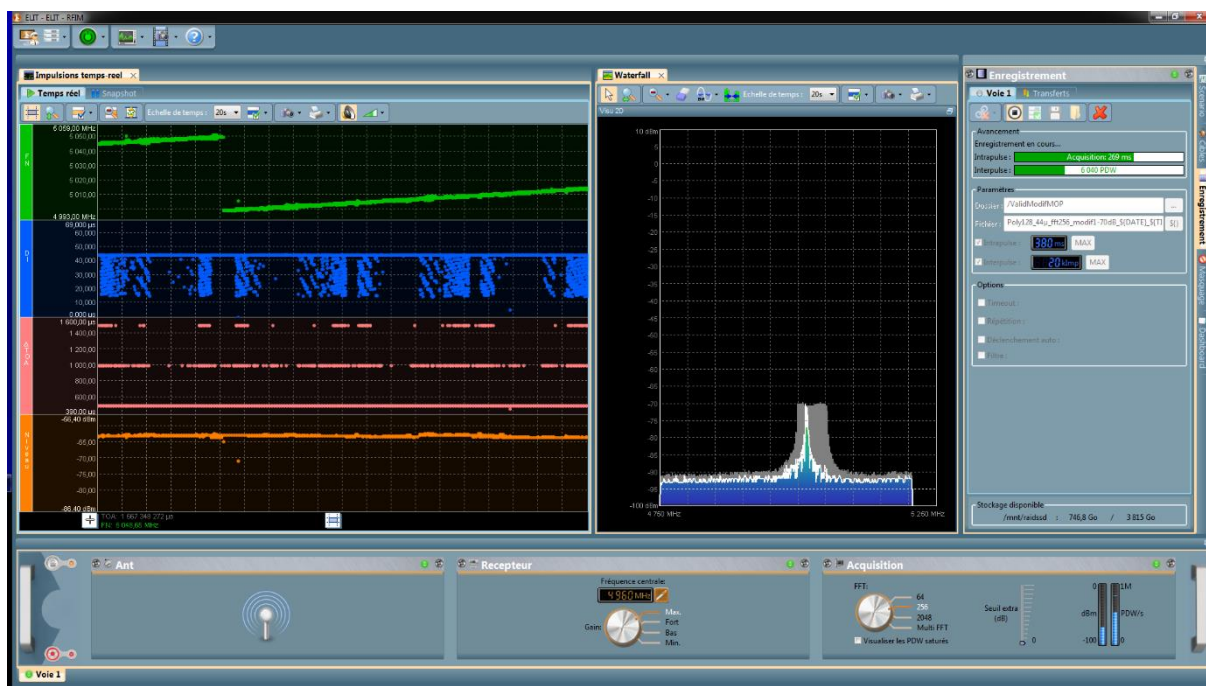


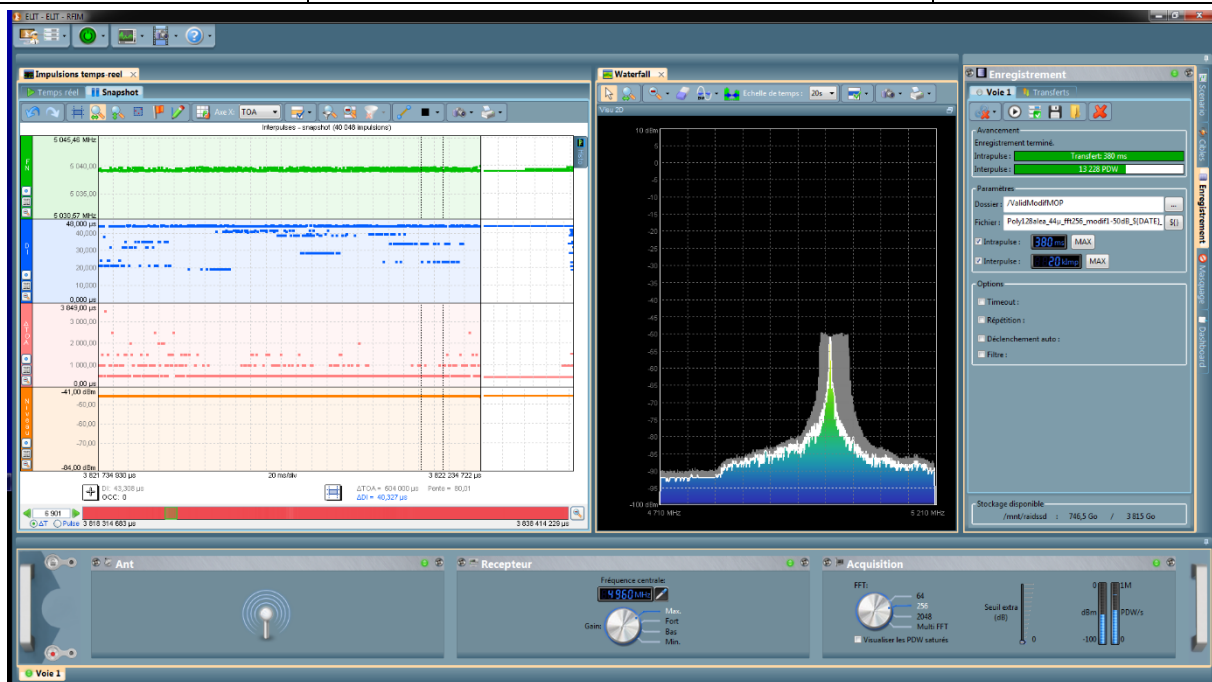
L'acquisition reste correcte en FFT 2048 jusqu'à un niveau de -70 dBm (amélioration uniquement pour les faibles niveaux).

Polyphasé 128 sauts LI 44 μ S FFT 256 niveau -65 dBm



Polyphasé 128 sauts LI 44 μ S FFT 256 niveau -70dBm

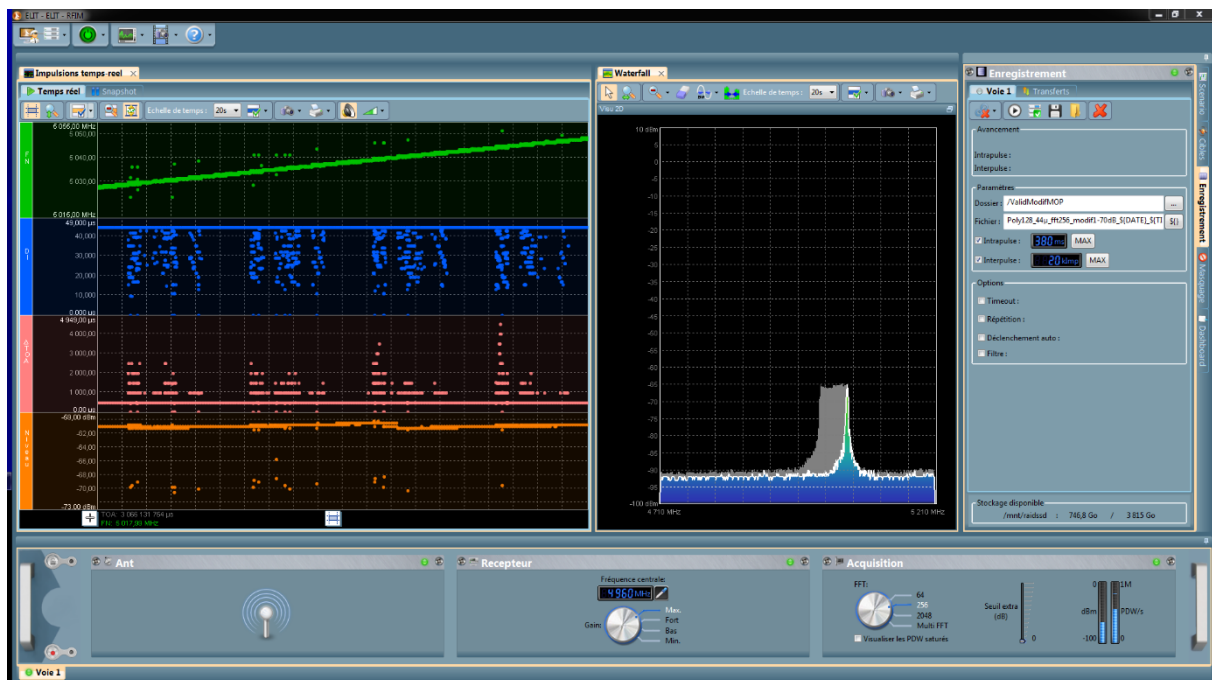




En FFT 256 sur 10 secondes :

- Il y a environ 5 % d'impulsions non détectées.
- Sur ce nombre il y a de 5 à 15 % d'impulsions tronquées, et sur la zone la plus mauvaise le taux d'impulsions tronquées passe à ~25 % à -65 dBm et ~35 % à -70 dBm.

Polyphasé 128 moments pseudo aléatoires LI 44 μ s FFT 256 niveau -65 dBm



Le résultat est sensiblement équivalent avec un symbole pseudo aléatoire.
(Impulsions non détectées : 2.6% ; Impulsions tronquées : 4.6%)

8.2. MESURES DU 4 AU 6/10/2021 :

Les conditions de mesures ont été réajustées en fonction des conditions opérationnelles.

Les caractéristiques des signaux sont : LI 26.66 μ s / 128 symboles et 53.33 μ s / 128 symboles (moments de durée 208.33 ns) ; pour des niveaux allant de -60 à -70 dBm.

Un essai de mesure de dynamique a été également réalisé.

8.2.1. MESURES AVEC LE PGE, SCAN EN FREQUENCE DE 50 MHz PAS DE 133 KHz

Biphase 128 moments Alternance 0/1, LI 26,66 μ s FFT 2048 -65 dBm pas de fréquence 133 kHz

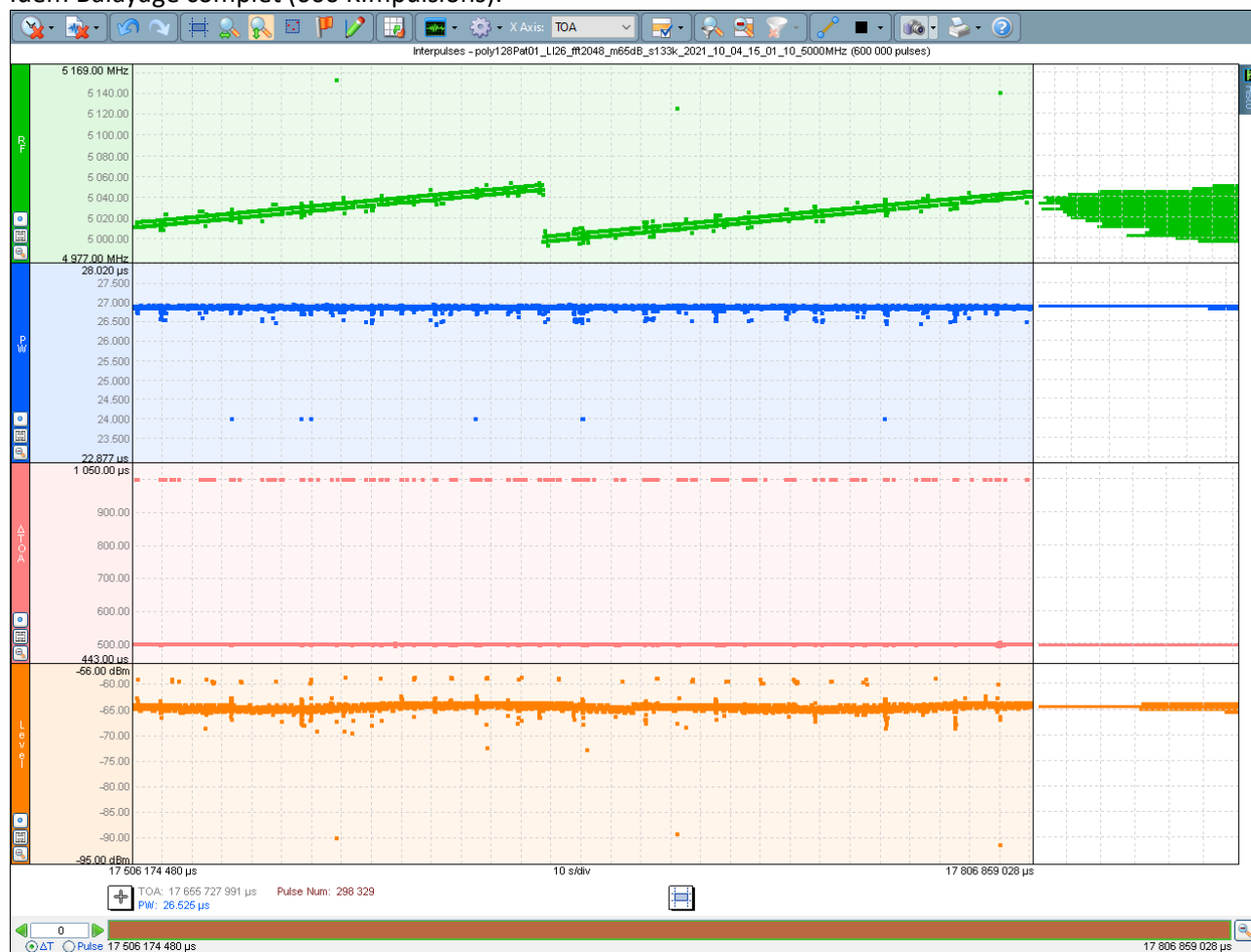
Zone extrémités



Impulsions non détectées : 0.08 % ;

Impulsions tronquées : 0.04%

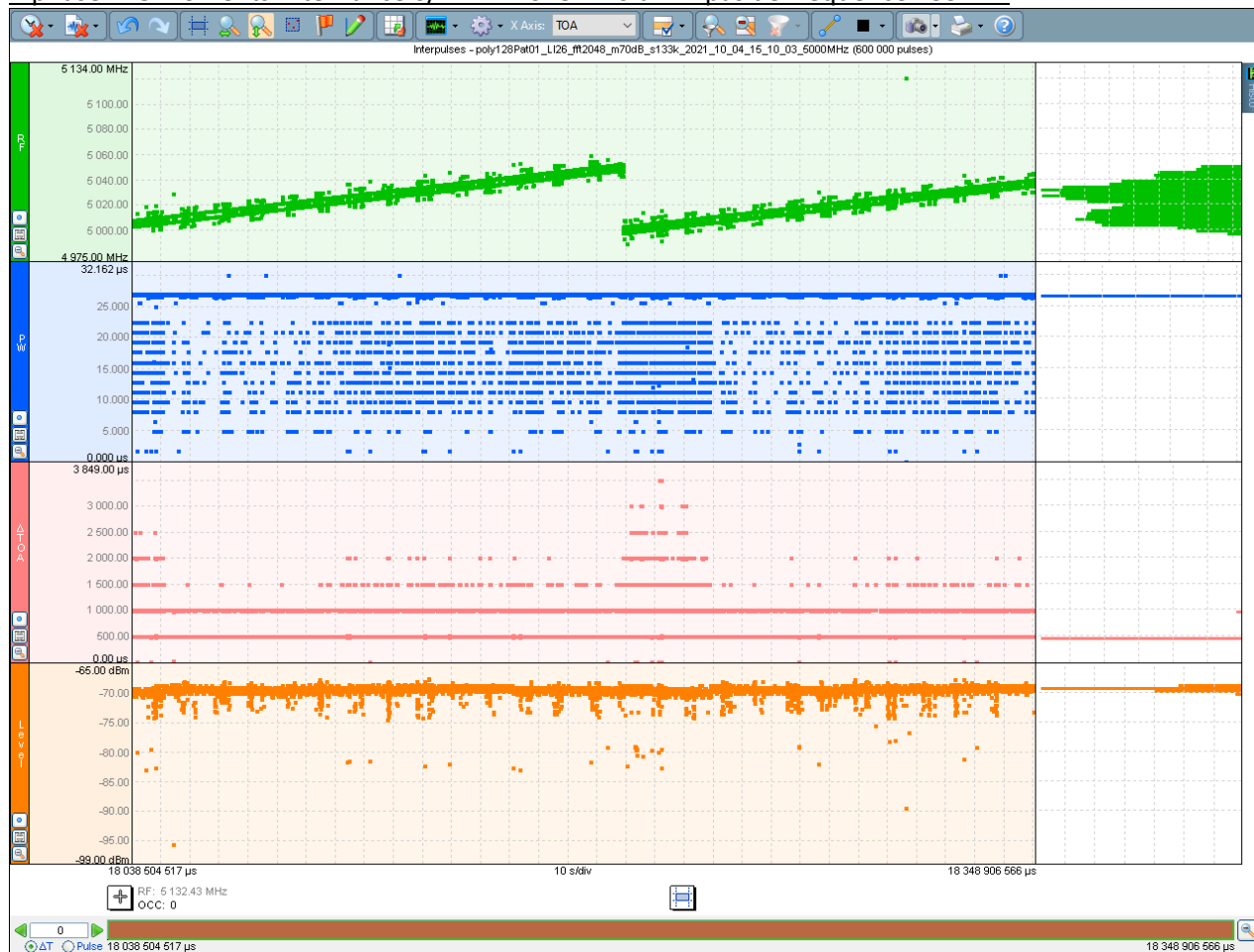
Idem Balayage complet (600 Kimpulsions).



Impulsions non détectées : 0,2 % ;

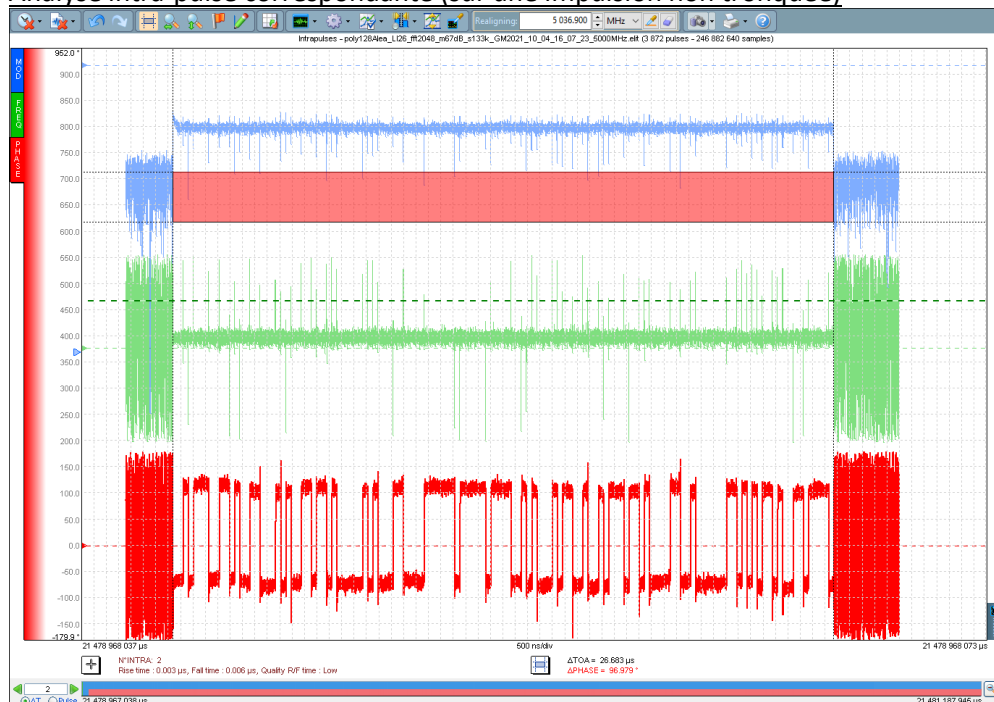
Impulsions tronquées : 0,01 %°

Biphase 128 moments Alternance 0/1 FFT 2048 - 70 dBm pas de fréquence 133 kHz

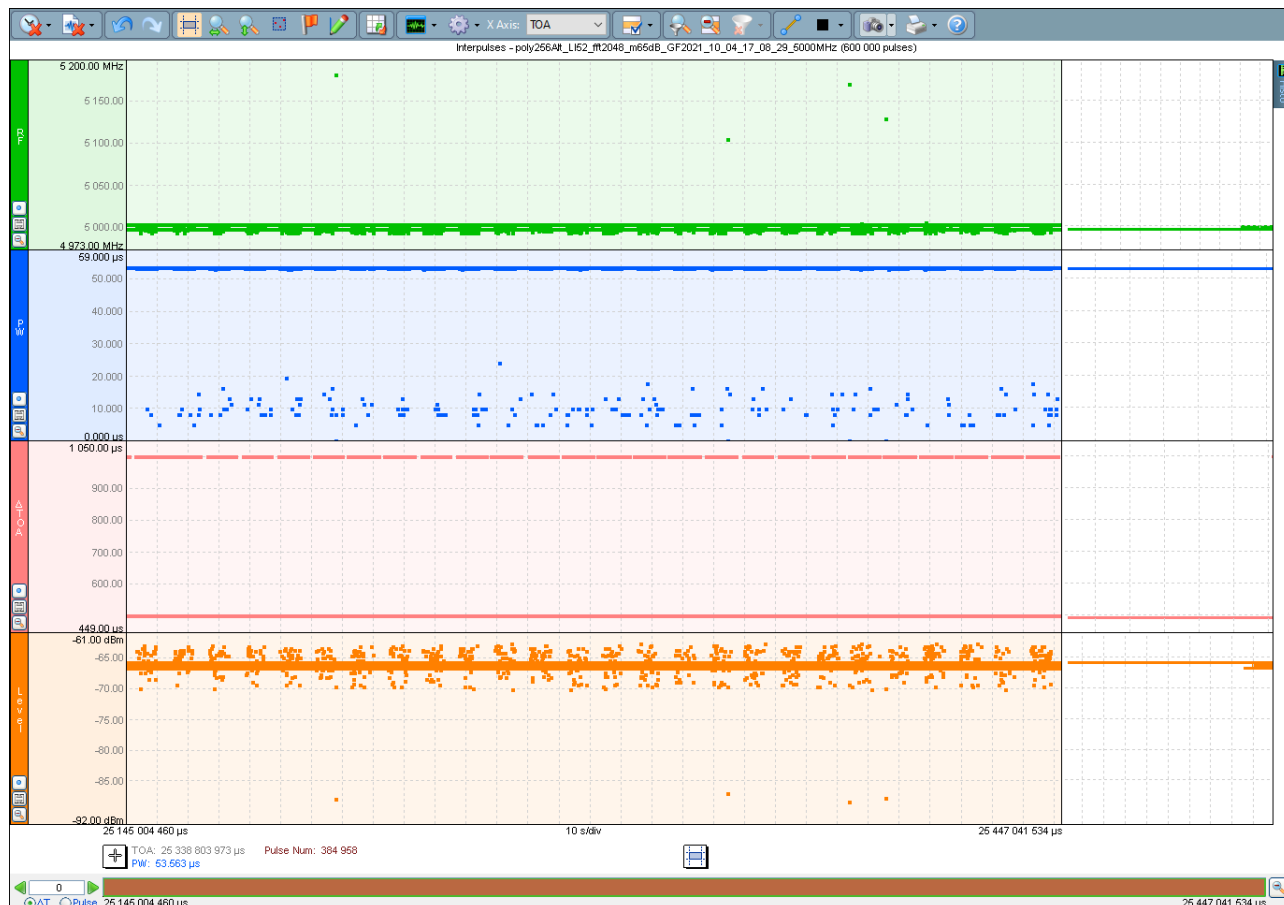


Impulsions non détectées : 3,2 % ;
Impulsions tronquées : 0,9 %

Analyse intra-pulse correspondante (sur une impulsion non tronquée)



Biphase 256 moments Alternat FFT 2048 -65 dBm (LI = 53.33 μ s) Freq fixe

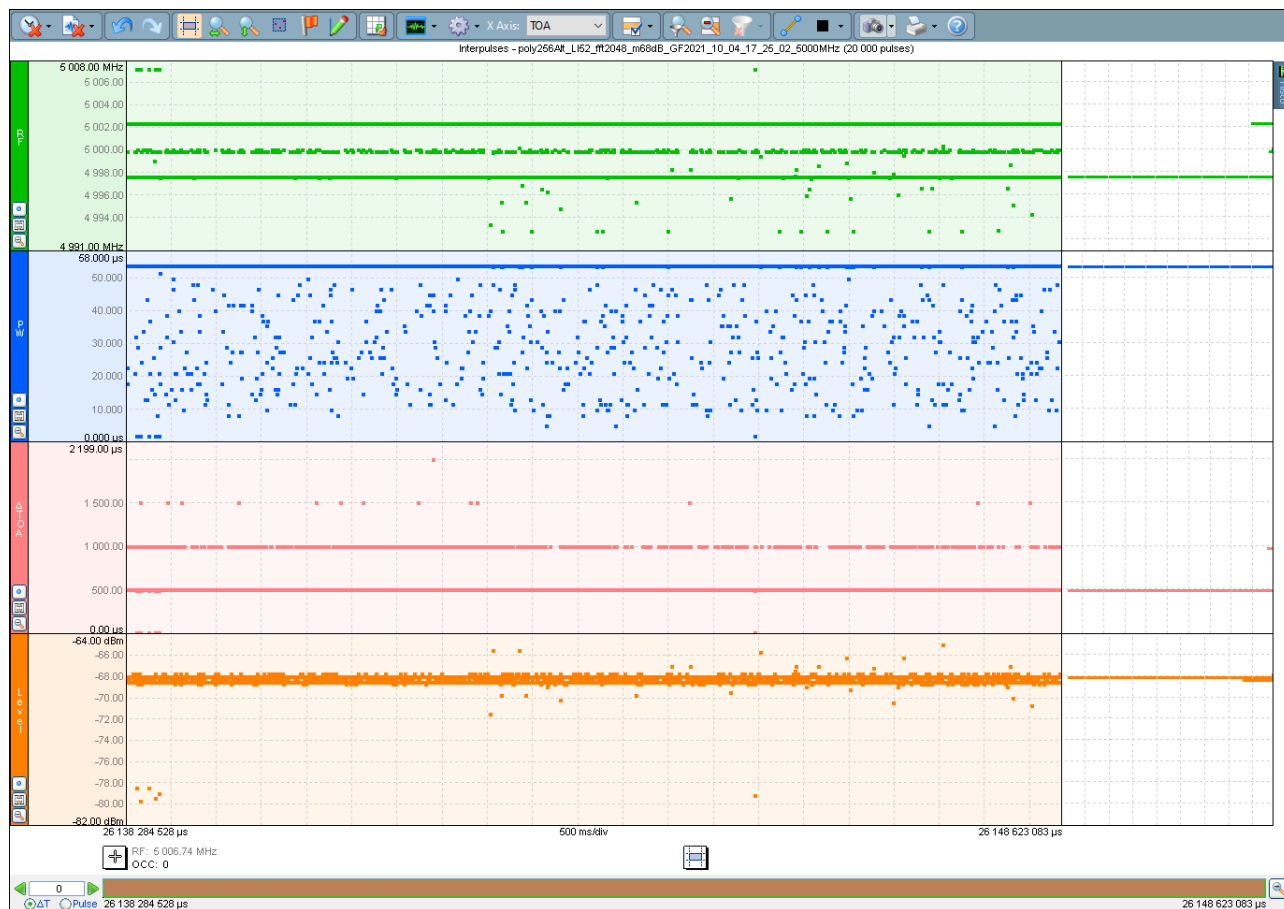


Impulsions non détectées : 0,68 % ;

Impulsions tronquées : 0,03 %°

Temps 302,037 secondes nb théorique d'impulsions : 604074 (impulsions non détectées 1,0 %)

Biphase 256 moments Alternat FFT 2048 -68 dBm (LI = 53.33 μ s) Freq fixe

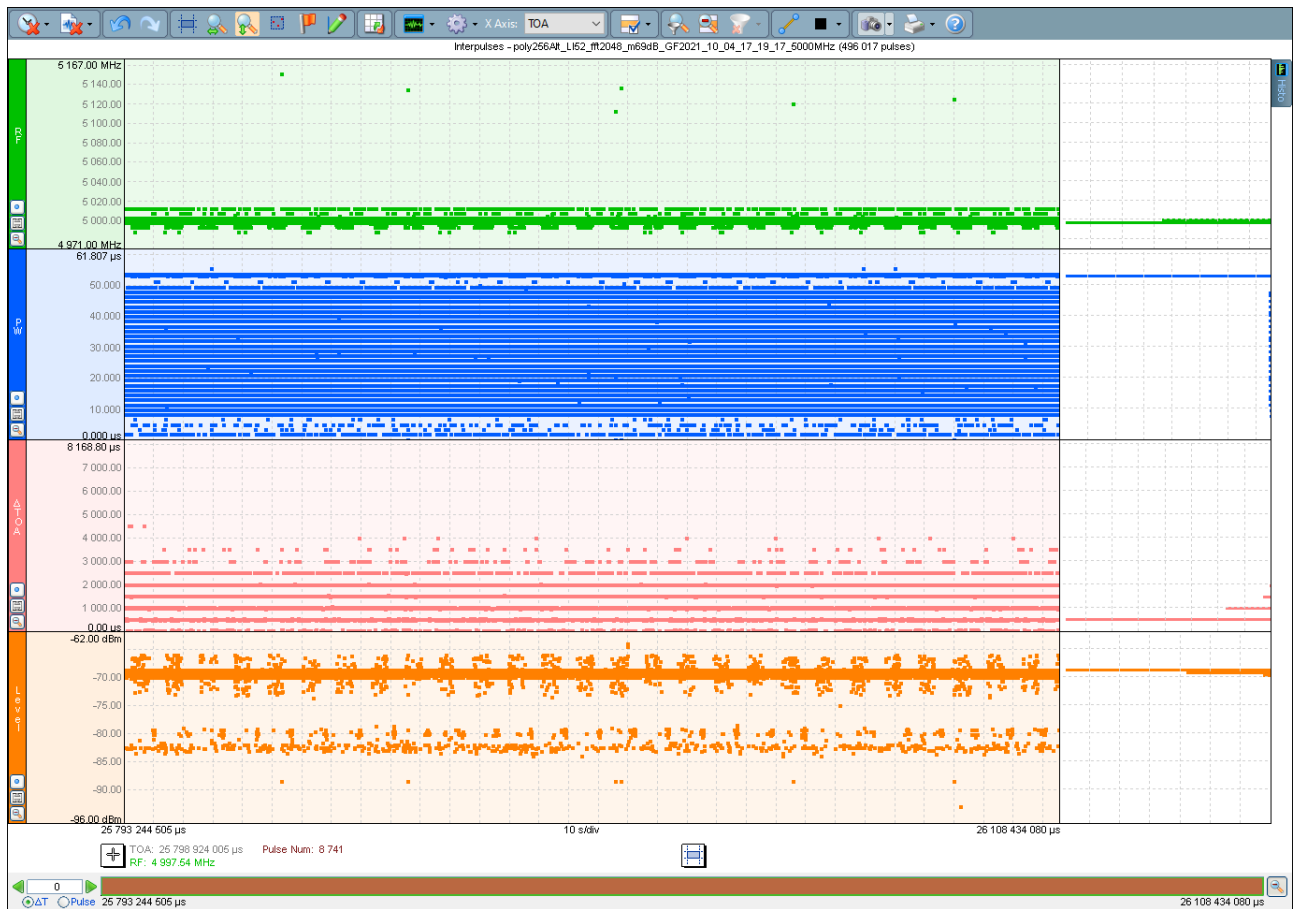


Impulsions non détectées : 3,42 % ;

Impulsions tronquées : 2,9 %°

Durée : 10,34 s nb impulsions théorique : 20 678 (NDet 3,4 %)

Biphase 256 moments Alternat FFT 2048 -70 dBm (LI = 53.33 μ s) Freq fixe

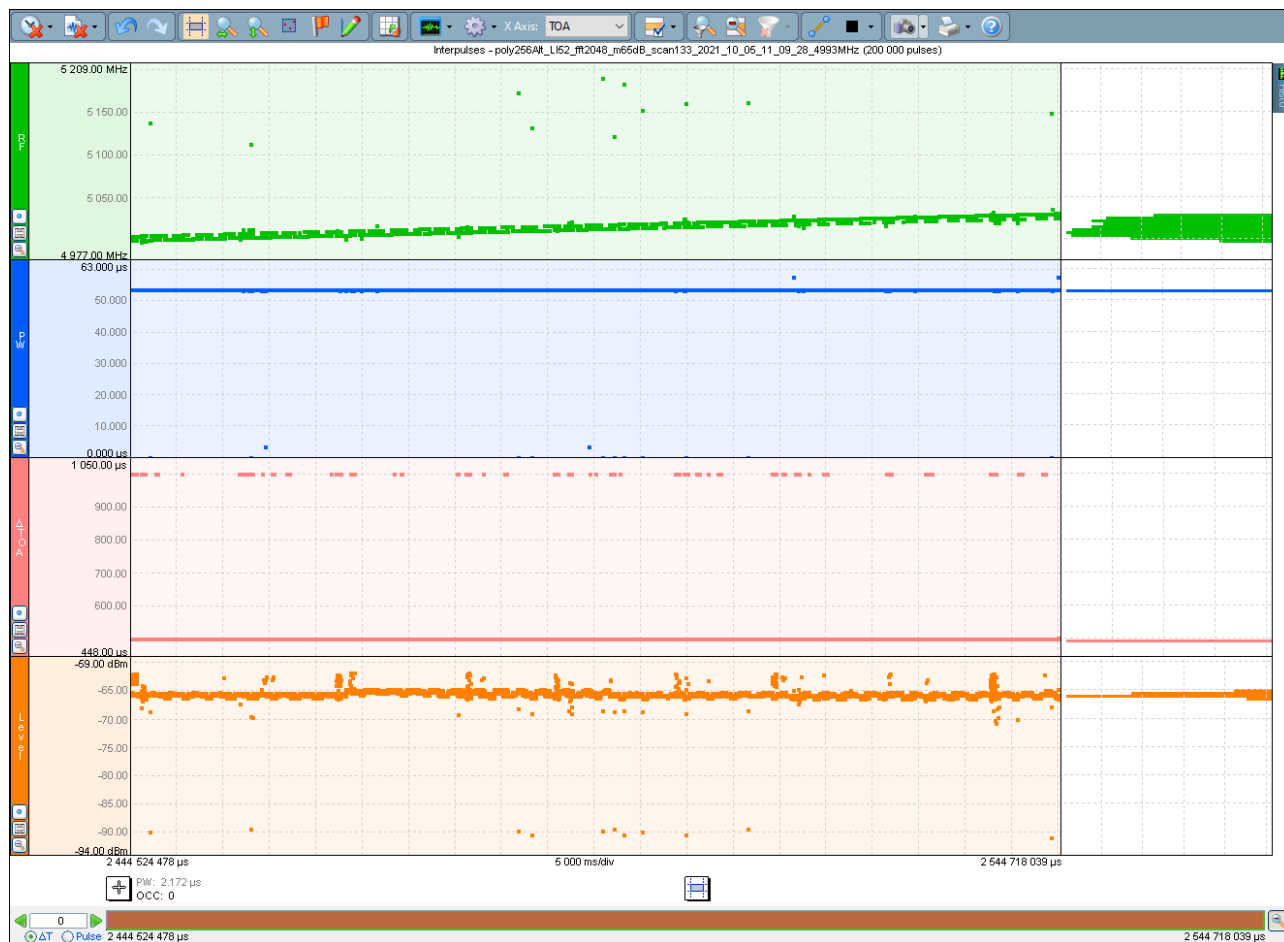


Impulsions non détectées : 26 % ;

Impulsions tronquées : 26,4 %°)

Durée : s 315.19 s nb impulsions théorique : 630 380 (NDet 21,3 %)

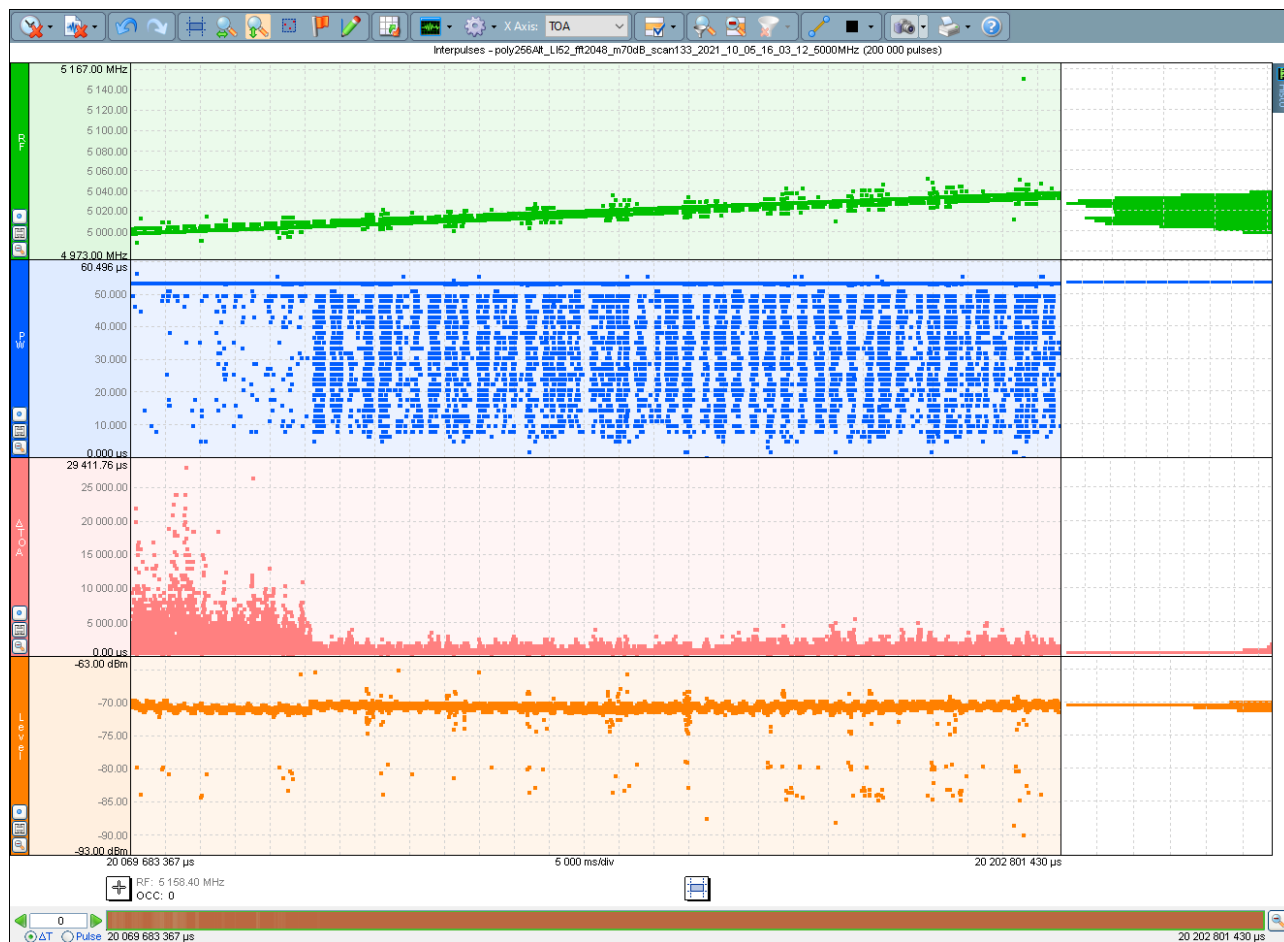
Biphase 256 moments Alternat FFT 2048 -65 dBm (LI = 53.33 μ s) Freq scan 133 kHz



Impulsions non détectées : 0,19 % ;

Impulsions tronquées : 7.5 E-5

Biphase 256 moments Alternat FFT 2048 -70 dBm (LI = 53.33 μ s) Freq scan 133 kHz

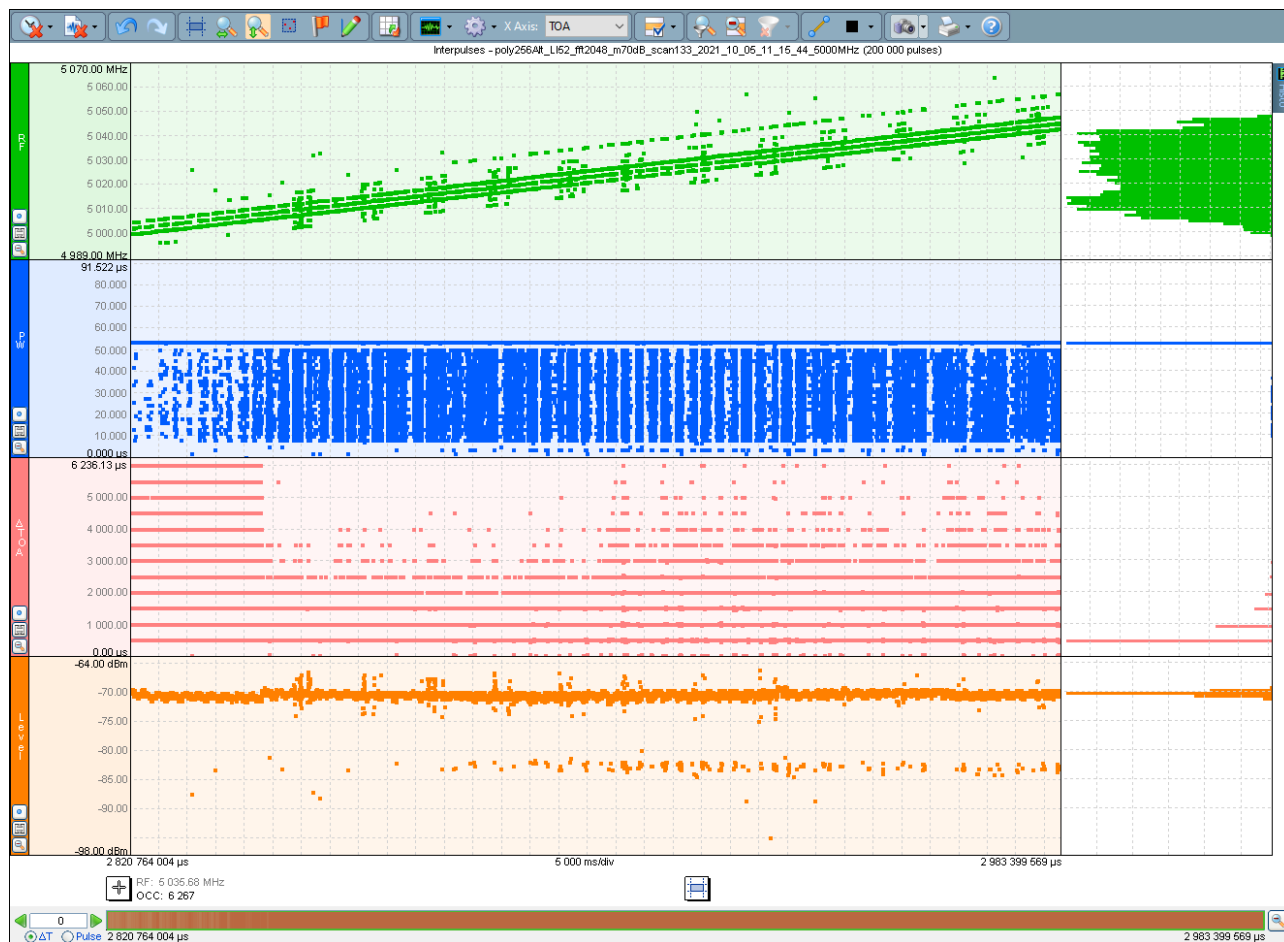


Impulsions non détectées : 25 % ;

Impulsions tronquées : 4 %°)

Durée : s 133,12 s nb impulsions théorique : 266 236 (NDet 25 %)

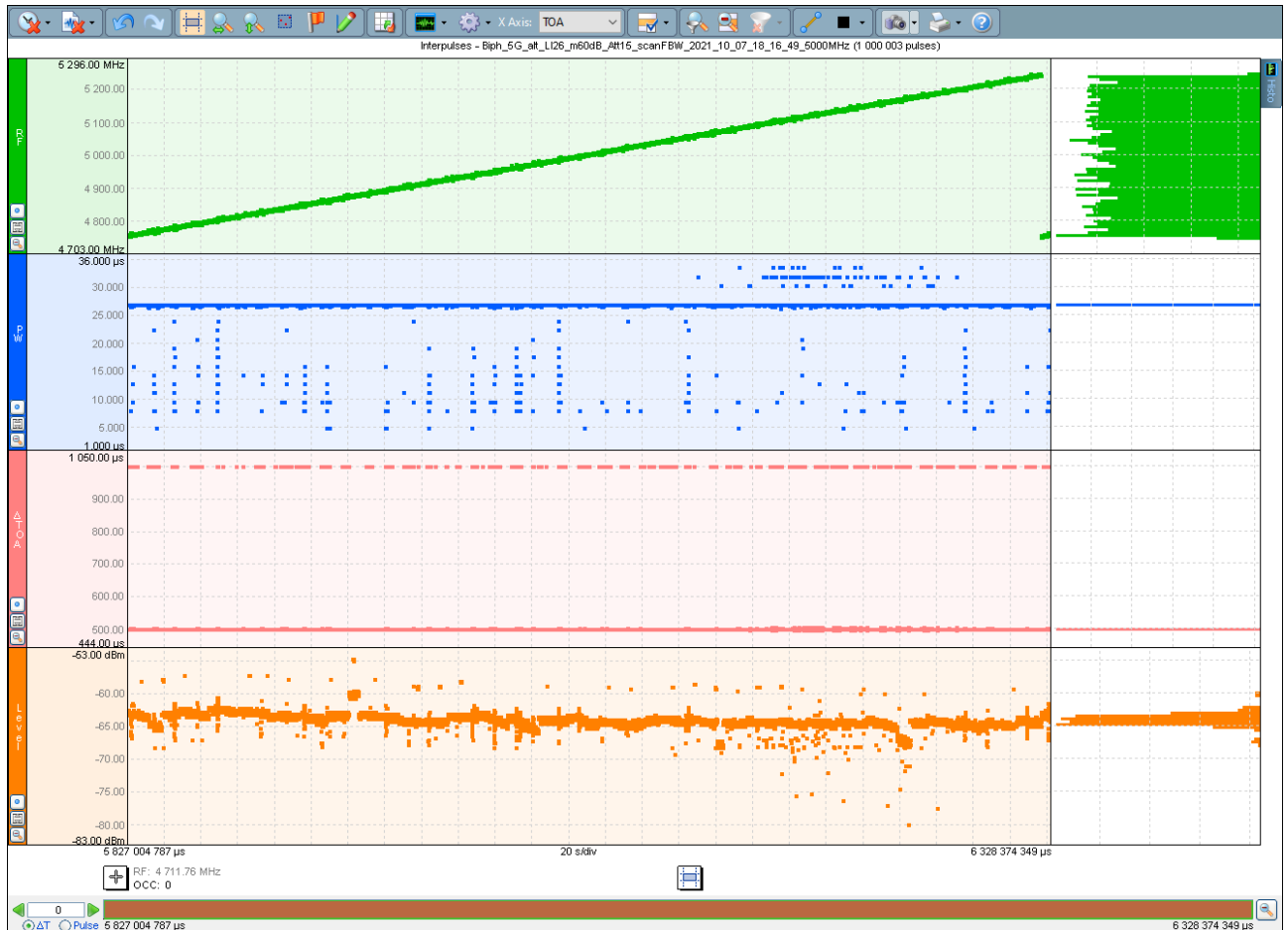
Par comparaison sans modif :



Impulsions non détectées : 39 ~ 43 % ;
Impulsions tronquées : 19 %

8.2.2. ESSAIS EN FFT 2048 , SCAN DE 500 MHz PAS DE 133 kHz

Biphase 256 moments pseudo alternat 0 / 1 FFT 2048 - 65 dBm (LI = 26,66 µs) Freq scan 133 kHz



Impulsions non détectées : 0,27 % ;

Impulsions tronquées : 0,04 %)

Durée : 501,4 s nb impulsions théorique : 1 002 800 (NDet 0,28%)

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 26/27
------------------------------------	--	--

Les résultats complets sont détaillés dans le tableau suivant :

	MOP	Fréquence	LI	Durée moment	P_in ODU (dBm)	Taille FFT	N Det %	Tronqué %
01-02/10/21	Biphasé 128 alternats	Scan 133 KHz	44,6 µS	346 ns	-65	2048	0	0
	Biphasé 128 alternats	Scan 133 KHz	44,6 µS	346 ns	-70	2048	/	/
	Biphasé 128 alternats	Scan 133 KHz	44,6 µS	346 ns	-70	256	5	10
04-06/10/21	Biphasé 128 alternats	Scan 133 KHz	133,33 µs	1,04 µs				
	Biphasé 128 alternats	Scan 133 KHz	26,667 µs	208,33 ns	-65	2048	0.2	0.01
	Biphasé 128 alternats	Scan 133 KHz	26,667 µs	208,33 ns	-70	2048	3.2	0.9
	Biphasé 256 alternats	Fixe 5GHz	53,333 µs	208,33 ns	-65	2048	0.7 ~ 1	0.03
	Biphasé 256 alternats	Fixe 5GHz	53,333 µs	208,33 ns	-68	2048	3.4	2.9
	Biphasé 256 alternats	Fixe 5GHz	53,333 µs	208,33 ns	-70	2048	26	26.4
	Biphasé 256 alternats	Scan 133 kHz	53,333 µs	208,33 ns	-65	2048	0.19	0.0075
	Biphasé 256 alternats	Scan 133 kHz	53,333 µs	208,33 ns	-70	2048	25	4

	MOP	Fréquence	LI	Durée moment	P_in ODU (dBm)	Taille FFT	N Det %	Tronquée %
07/10/21	Biphasé 128 alternats	Scan 133 kHz sur 500 MHz	26,667 µs	208,33 ns	-65	2048	0.27	0.04

AVANTIX Confidentiel	Rapport de test de la détection de signaux modulés en phase (PMOP) Système ELIT500	Référence : DP074137CRT005 Version 00 Date : 07/10/2021 27/27
------------------------------------	--	--

9. CONCLUSION DES TESTS

En FFT 256 la modification des paramètres du suivi d'impulsion améliore fortement l'intégrité des enregistrements mais sans atteindre un résultat comparable à celui de la FFT 2048.

En FFT 2048 l'amélioration est importante mais pas autant qu'en FFT 256.

À un niveau de -65 dBm on obtient un taux de non-détection de l'ordre de 0,2 % et un taux d'impulsion tronquées de l'ordre de 0,01%.

À un niveau de -70 (-68 en poly256) dBm on obtient un taux de non-détection de l'ordre de 3 % et un taux d'impulsion tronquées de l'ordre de 1 à 3 %. Au-delà les résultats se dégradent rapidement.

Il est à noter que la FFT 2048 n'apporte cependant pas le gain de sensibilité espérée pour ces longueurs d'impulsions.