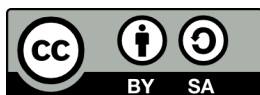


ECHOES

LES ÉCHOS MÉTÉORES AVEC UN RTL-SDR

VERSION 0.19 - JAN 12, 2018 TRADUCTION F5VLB JEAN MARIE POLARD



Copyright © Giuseppe Massimo Bertani, Jean Marie Polard (F5VLB) 2017, 2018

This work is licensed under the Creative Commons

Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

or send a letter to Creative Commons,

PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

1 Introduction

Echoes est un logiciel d'analyse spectrale radio pour les appareils RTL-SDR, conçu pour la détection des météores. RTL-SDR sont des radios logicielles très bon marché qui utilisent des dongles de comme les tuners TV DVB-T basés sur le chipset RTL2832U de Realtek. Grâce aux efforts conjoints d'Antti Palosaari, Eric Fry et Osmocom, on a pu accéder directement aux données I / Q du signal, ce qui a permis de convertir le syntoniseur TV DVB-T en une radio à large bande définie par un logiciel spécial. Le pilote pour le logiciel.

Ce pilote doit être installé en alternative au pilote officiel expédié généralement sur un CD-ROM le avec le dongle, s'il n'est pas déjà installé dans votre système d'exploitation en usine. *Echoes* ne démodule ni ne décode aucun signal artificiel. Son objectif principal est d'analyser et d'enregistrer la puissance totale des signaux naturels et de générer des captures d'écran et des données sous forme de tables (CSV, GNUplot) en présence de pics particuliers dans une gamme étroite de fréquences sélectionnées. Comme il n'y a pas de démodulation, il n'y a pas de possibilité d'écoute audio, à l'exception d'un son de notification lorsqu'un événement a été enregistré. *Echoes* exprime la puissance de sortie en dBfs - décibels à pleine échelle - puisque le signal de sortie du RTLSDR n'est pas calibré. La valeur zéro dBfs signifie l'amplitude maximale de ce signal. Les valeurs inférieures donnent des dBfs négatifs, jusqu'à environ -150 selon votre matériel. Une conversion en dBm nécessite de multiplier le dBfs par un facteur de conversion en fonction de votre matériel et de la fréquence de travail choisie

2 Acronymes

Acronyme	Signification
DVB-T	Digital video tuner – syntoniseur de tv digitale
RTL	Realtek: fabricant de la puce de réception RTL-8139.
SDR	Software Defined Radio – Radio définie par logiciel
UI	User Interface – Interface utilisateur
GUI	Graphical User Interface
GRAVES	<i>Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale</i> , La station radar située à Dijon (F) visait pour surveiller les débris spatiaux.
RPM	Redhat Package Manager - Gestionnaire de paquet Redhat
OM	“Old Man” un radio amateur
OSS	Open Source Software – logiciel ouvert
RF	Radio Frequency – Fréquence radio
FFT	Fast Fourier Transform – Transformée de Fourier

3 References

1. La librairie des logiciels ouverts RTL-SDR
<http://www.rtl-sdr.com>
2. Liste des appareils pris en charge par RTL-SDR. Certains d'entre eux sont obsolètes et ne sont plus disponibles:
<http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr>
3. FFTW - la bibliothèque FFT la plus rapide du monde - est utilisée dans Echoes pour produire le spectrogramme.
voir <http://www.fftw.org>
4. GPUFFT - FFT pour le Raspberry PI's GPU (futur)
5. Echoes a été développé en langage C++ , dans le cadre de Qt5. <http://www.qt.org>
6. IMO : théorie sur les échos météores <https://www.imo.net/observations/methods/radio-observation/reflection/>.
7. IMO information sur les observations radio de météores
<https://www.imo.net/observations/methods/radio-observation/practical/>
8. GRAVES Des descriptions de ce radar peuvent être trouvées sur Wikipedia ou ici:
<http://f6crp.pagesperso-orange.fr/ba/graves.htm> (en français, c'est plus précis)
9. Zadig le pilote WinUSB : <http://zadig.akeo.ie/>
10. GNU le site de tracé de graphiques: <http://www.gnuplot.info/>
11. données I/Q : <http://whiteboard.ping.se/SDR/IQ>
12. dBfs vs. dBfs: <http://dsp.stackexchange.com/questions/19615/converting-raw-i-q-to-db>
13. Arch Linux ARM Wiki: <https://archlinuxarm.org/wiki>
14. le récepteur Nongles N3 RTL-SDR <http://www.nongles.com/detail-n3-receiver.html>
15. Gruppo Astrofili della Bassa Bergamasca <http://www.gabb.it>

4 Généralités

4.1. Dépendances externes

Ce manuel concerne ce que fait la boîte jaune au bas de la figure 1. Les boîtes restantes sont les composants matériels et logiciels dont *Echoes* a besoin pour faire son travail, brièvement décrit ci-dessous. Vous trouverez plus d'informations sur ces composants en suivant les liens de référence (par.3), mais il n'est pas obligatoire de savoir comment ils fonctionnent pour faire des choses intéressantes avec le programme.

ECHOES DEPENDENCIES

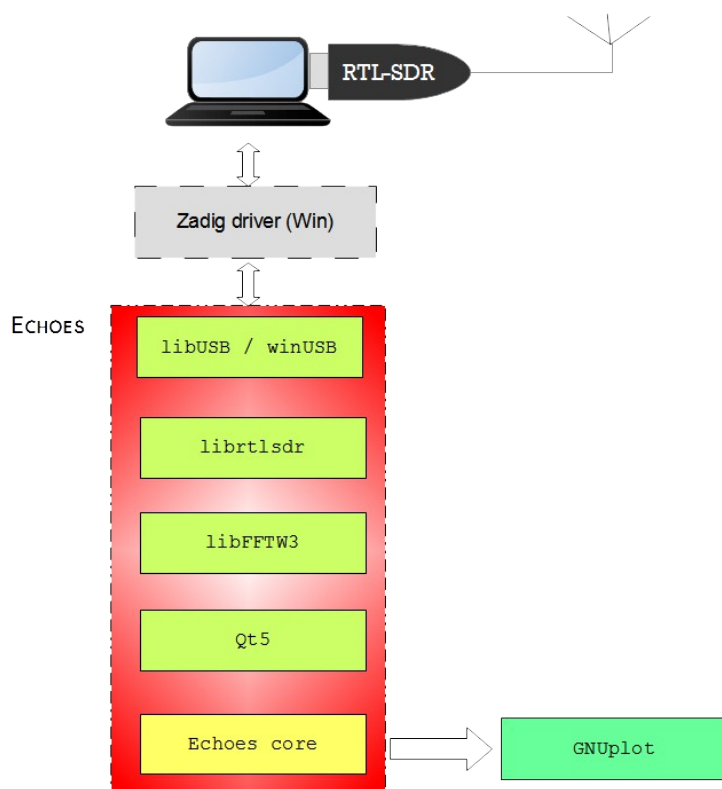


Fig. 1: Composants matériel et logiciel requis pour utiliser Echoes

L'outil Zadig n'est nécessaire qu'une seule fois pour installer les pilotes libUSB / winUSB. Si vous avez déjà utilisé HDSDR sur la même machine, ils sont probablement déjà présents. Ces pilotes sont nécessaires pour accéder à certaines fonctions des ports USB normalement gérés par le système d'exploitation uniquement. Veuillez noter que le pilote DVB-T d'origine fourni avec les dongles ne doit **jamais** être installé si vous utilisez le dongle comme RTL-SDR.

librtlsdr est une bibliothèque partagée open source disponible pour Windows et Linux. Il est déployé avec quelques utilitaires textuels pour jouer avec votre dongle (rtl-fm par exemple est un simple récepteur radio).

libfftw3 implémente la FFT la plus rapide au monde. Étant un utilisateur simple, je prends cette

déclaration pour vraie ... mais je suis toujours ouvert à expérimenter avec un meilleur OSS s'il existe, faites le moi savoir.

Qt5 est la cinquième version des bibliothèques GUI multiplateformes et des outils associés par Trolltech (alors Nokia, maintenant M \$). *Echoes* utilise uniquement les bibliothèques et les outils sous licence open source.

Enfin, **GNUplot** est un programme externe pour le traçage de données. Il n'est pas obligatoire de l'installer pour exécuter *Echoes* mais est utile pour le post-traitement.

4.2. Coeur

Voyons maintenant ce qu'il y a dans la boîte jaune de la Fig.1. La figure 2 reprend les fonctionnalités dans un schéma bloc :

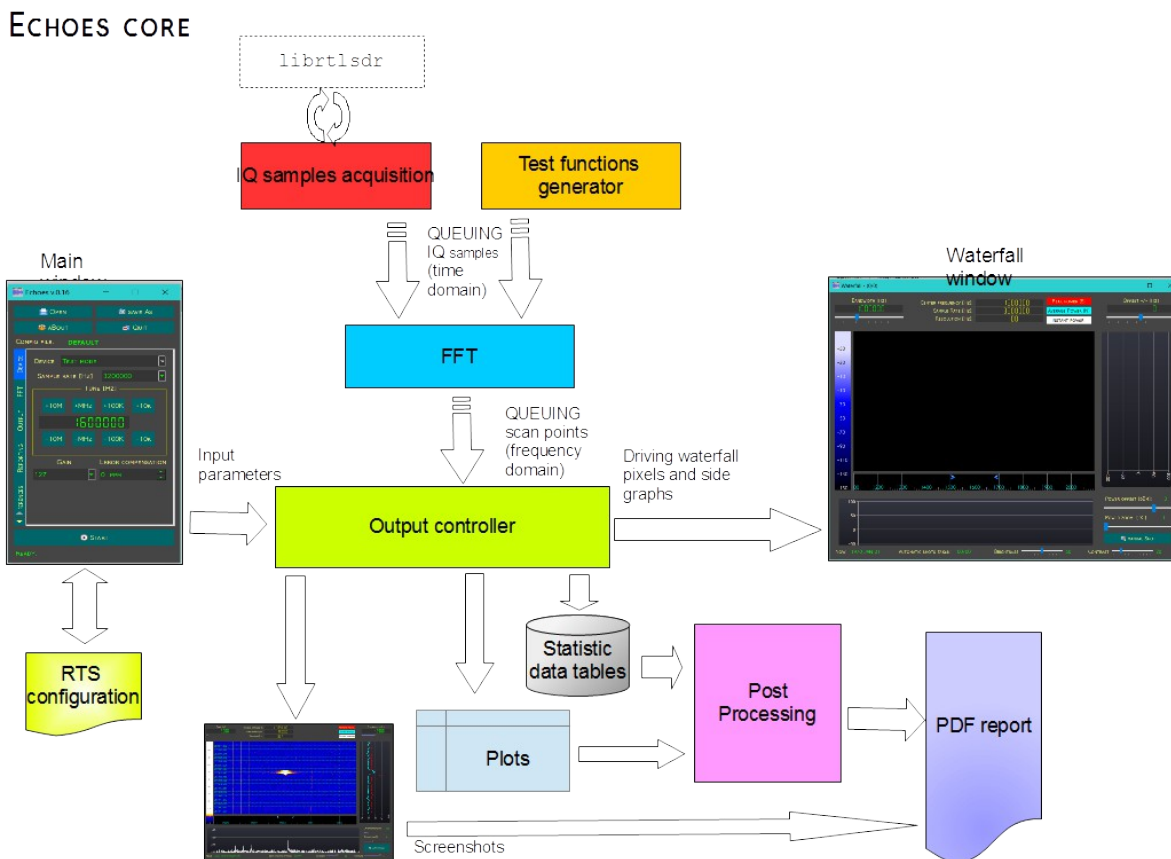


Fig. 2: *Echoes* schéma de blocs fonctionnels

Une fois les paramètres souhaités réglés dans la fenêtre principale, en appuyant sur le bouton Démarrer, le contrôleur de sortie (bloc vert) démarre l'acquisition radio (bloc rouge) qui extrait à pleine vitesse les échantillons du signal radio.

Si le dongle n'est pas présent, le contrôleur démarre le générateur de fonctions de test (bloc jaune). Il génère des échantillons de faux signaux pour simuler la sortie graphique et la génération de

fichiers de données.

Les échantillons dans le domaine temporel sont ensuite transmis à l'algorithme de FFT (bloc cyan).

La sortie est une séquence de valeurs qui spécifient la puissance du signal d'entrée dans le domaine fréquentiel. Le nombre de ces valeurs dépend de la fréquence d'échantillonnage et de la résolution choisie. Chaque séquence (scan) produite par l'algorithme, après un traitement, est envoyée à la cascade et contribue à générer des graphiques et des tableaux de données statistiques.

Ces fichiers de données sont ensuite post-traités (bloc rose), après arrêt d'acquisition, pour générer un rapport (bloc gris). Les paramètres modifiés dans les fenêtres sont enregistrés dans un fichier de configuration par défaut (bloc jaune / blanc) qui est automatiquement rechargé au démarrage du programme suivant. Ces paramètres peuvent être enregistrés avec des noms différents et récupérés plus tard si nécessaire.

5 Installation

Les binaires de la version 0.18^{o)} sont actuellement disponibles sous Windows 32 / 64bit (.msi), RPM binary pour x86_64 et Raspberry-PI (Archo).

^{o)} (Commandes de champs / informations sur le document / personnalisation) / version)

5.1. Plateforme Windows

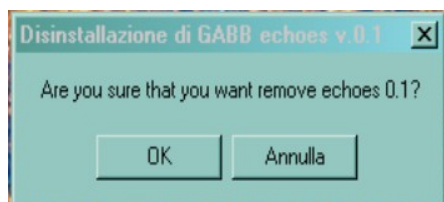
Le programme d'installation Windows (Install-echoes-0.18-Win32.exe, Install-echoes-0.18-Win64.exe) a été testé sous Win7 et Win10.

Une condition préalable à l'installation est la présence de WinUSB.dll ou d'une bibliothèque de pilotes similaire. Ces bibliothèques sont disponibles sur Zadig <http://zadig.akeo.ie/> dans un joli programme d'installation.

Ainsi, lorsque l'installateur Zadig demande quelle DLL doit être installée, le meilleur choix est WinUSB.dll.

Lorsque le programme d'installation Echoes trouve une ancienne version du programme sur l'ordinateur, il demande à l'utilisateur de le supprimer automatiquement. Cette invite ne prend en fait pas en compte la version du programme, donc une rétrogradation est toujours possible dans le cas où la nouvelle version ne fonctionne pas comme prévu.

Après l'ancienne suppression du paquet, l'installation du nouveau se poursuit. Ce processus produit un fichier journal echoes-install.log qui est enregistré dans le répertoire de documents, à analyser en cas d'échecs d'installation / de désinstallation.



5.2. Plateforme Linux

Sous Linux, les fichiers de package RPM pour x86_64 ont été générés. La distribution de référence est OpenSuse Leap42 mais ils devraient fonctionner même pour d'autres distributions basées sur RPM lorsque les dépendances sont satisfaites.

Les dépendances d'*Echoes* sont:

- bibliothèque rtl-sdr
- rtl-sdr-devel (à des fins de développement uniquement)
- fftw (version 3 ou 2)
- Qt (version 5) incluant QtCharts, pulseaudio ou sox
- pulseaudio ou sox
- GNUplot (optionnel)

Des distributions différentes pourraient appeler ces paquets binaires avec des noms quelque peu différents, provoquant l'échec de l'installation. Si vous savez que les paquets ci-dessus ont été régulièrement installés sur votre machine Linux, avant d'abandonner, essayez

```
rpm -i echoes-0.19-0.????.rpm --force --nodeps
```

cela forcera l'installation du paquet, indépendamment de ses dépendances. De cette façon, vous pouvez toujours vérifier si le programme fonctionne et, si ce n'est pas le cas, vous pouvez toujours le supprimer plus tard.

5.3. Raspberry-PI

Echoes s'exécute, mais trop lentement pour être utile pour la détection des météores, une ligne de balayage prend environ 400ms à apparaître à l'écran. Pour cette raison, un interface utilisateur de console complète peut être choisie au démarrage (commutateur de ligne de commande -c, voir 6.1) pour permettre d'exécuter *Echoes* sans serveur X (Xorg), en économisant de la mémoire. De cette façon, aucune capture d'écran ne peut être prise, mais les spectres peuvent être sauvegardés au format GNUplot pour être affichés plus tard.

Sur un RPI cela signifie plus de RAM libre, puisque Xorg n'est plus nécessaire, et - espérons-le - plus de vitesse ^(c), puisqu'il n'y a pas besoin de mettre à jour un diagramme en cascade. J'ai acheté une carte RPI B + 3ème génération qui devrait être assez rapide, je verrai si c'est suffisant et en cas de positif, ce paragraphe sera réécrit.

^(c)Plus de rapidité pourrait être atteinte en exécutant l'algorithme FFT sur GPU, par le biais de GPUFFT [4] mais c'est un travail qui reste à planifier.

6 Utilisation de base

6.1. Lancement depuis le shell

Le dongle RTL-SDR doit être branché avant d'appeler le programme car il ne sera pas reconnu ultérieurement.

tapez

```
echoes -h <Enter>
```

À partir de l'invite de commande, la liste d'options suivante est affichée. Sous Windows, vous devez lancer le programme depuis le répertoire où réside l'exécutable, car la procédure d'installation n'insère pas de raccourcis.

```
RF spectrum analyzer for RTL-SDR devices v.0.12
Architecture: x86_64 ABI: x86_64-little_endian-llp64
(C)Giuseppe Massimo Bertani 2016.

Usage : echoes [options]

Options:
-?, -h, --help    Displays this help.
-l <language>     loads the language qm file specified (defaults to local
                  language, otherwise english).
-s <config>       loads the settings from user config file given.
-w <wdName>       sets this directory as working directory instead of
                  $HOME/.echoes
-n <level>        log level:
                  0: do not create a program log
                  1: only fatal messages (crashes) are logged
                  2: logs fatal and critical messages (alerts about possible
                     crashes)
                  3: logs warnings too (the program does not behave as expected)
                  4: logs status messages too (useful for console mode).
                  5: logs everything including debug messages (huge logs!).

-c               console mode: acquisition starts automatically, no windows
                  will be shown.
-r               restores the hardcoded default settings (config_file if given
                  will be ignored).
-v               verbose debug output on text console.
```

Fig. 3: Liste des commandes

Pour une utilisation normale, aucune de ces options n'est nécessaire. Les échos peuvent être démarrés sans arguments simplement en cliquant sur son icône et tout réglage supplémentaire peut être effectué via son interface graphique, mais il peut y avoir des situations particulières où ces options peuvent être utiles.

- Le commutateur -c lance les échos sans interface graphique (interface utilisateur de la console). Les paramètres utilisés sont ceux par défaut, sauf si un fichier de configuration est spécifié avec le paramètre -f <fichier de configuration>.

L'acquisition commence immédiatement. Ce mode de fonctionnement convient aux stations sans entête et autonomes et aux anciennes boîtes Raspberry-PI. N'étant pas une interface graphique, aucun instantané ne sera produit, mais si la sortie de GNUplot est activée, chaque

événement peut être capturé dans un graphique mappé en couleur, ressemblant à des plans. Les fichiers de configuration peuvent être préparés et testés avec l'interface graphique, puis ils peuvent être ouverts dans l'interface utilisateur de la console.

- La langue GUI de l'interface graphique est choisie automatiquement en fonction des paramètres de localisation du système d'exploitation. En fait, la seule alternative à la langue du code (anglais) est l'italien, donc la langue italienne sera affichée automatiquement sur les PC italiens. Si vous souhaitez remplacer le comportement par défaut et charger un fichier de traduction précis, vous pouvez le spécifier avec l'option `-l`. Cette option est utile pour tester de nouvelles traductions sans toucher aux répertoires du programme et sans privilèges d'administration.
- *Echoes* par défaut produit beaucoup de sortie de texte de débogage qui peut être lu dans le fichier `echoes.log`, sous le répertoire de travail par défaut. Ce fichier est recréé à partir de zéro chaque fois que *Echoes* est lancé. En définissant l'option `-n 0`, la création de ce fichier sera inhibée, ce qui économisera du temps CPU et des ressources disque. Des nombres plus élevés (jusqu'à 5, avec la valeur par défaut 3) donnent plus de résultats.
- Les paramètres de l'interface graphique peuvent être enregistrés dans des fichiers rts définis par l'utilisateur. Cela peut être fait en appuyant sur le bouton "Enregistrer" et en spécifiant un chemin et un nom de fichier. L'extension rts sera ajoutée par défaut. Ces fichiers peuvent être rechargés lors de sessions ultérieures en spécifiant l'option `-s` suivie d'un chemin de fichier rts.
- Par défaut, à chaque démarrage, les échos recherchent un fichier de configuration par défaut dans le répertoire de travail par défaut appelé `default.rts`. Ce fichier est mis à jour avec les paramètres réels définis via l'interface graphique à chaque démarrage de l'acquisition ou lorsque le programme se termine régulièrement en appuyant sur le bouton "Quitter". De cette façon, les paramètres du programme restent persistants entre les invocations consécutives. L'option `-r` peut être définie lorsque vous souhaitez réinitialiser les paramètres aux paramètres codés en dur (`-s` sera ignoré dans ce cas).
- Les messages de débogage sauvegardés dans *echoes.log* peuvent être regardés en temps réel en spécifiant l'option `-v`. De cette façon, le message sera également sauvegardé sur *stderr*. (Sous Windows, cela signifie qu'ils apparaîtront dans la fenêtre d'invite de commande qui s'ouvre automatiquement avec celles du programme.)
- Le répertoire de travail par défaut (*echoes* / ou *.echoes* / est normalement créé dans le répertoire personnel de l'utilisateur) mais un autre répertoire de travail peut être spécifié via l'option `-w`. Dans ce répertoire seront stockés les fichiers générés par le programme (journaux, captures d'écran, fichiers de données, configurations, rapports). Cette option, comme `-c`, a été conçue pour les stations sans entête afin de permettre l'enregistrement de données sur des disques durs amovibles.

6.2. Lancement depuis le bureau

Cependant, *Echoes* peut également être lancé en cliquant sur son icône de bureau. Dans ce cas, le programme est lancé sans arguments de ligne de commande, en utilisant les paramètres par défaut. Sous la plate-forme Windows, l'application affiche les trois fenêtres montrées à la Fig. 4

1. La "Fenêtre principale" (à droite) contient les commandes relatives à l'accord, l'acquisition, l'enregistrement de données ^(c).
2. La fenêtre "Waterfall" (au centre) contient la sortie graphique en temps réel du programme: une cascade FFT avec échelle de couleurs et règle de réglage, un graphique de sortie FFT instantané et un graphique de puissance totale en fonction du temps.
3. Last est la "fenêtre de la console" (à gauche) qui s'ouvre automatiquement sous les plates-formes Windows pour afficher certains messages d'état et les avertissements générés par le pilote rtl-sdr. De plus, cette fenêtre peut également afficher le journal du programme (echoes.log) lorsque *Echoes* est démarré avec l'option -v (voir les pages suivantes). Sous Linux, le même comportement est atteint en lançant le programme à partir d'une session shell du terminal.

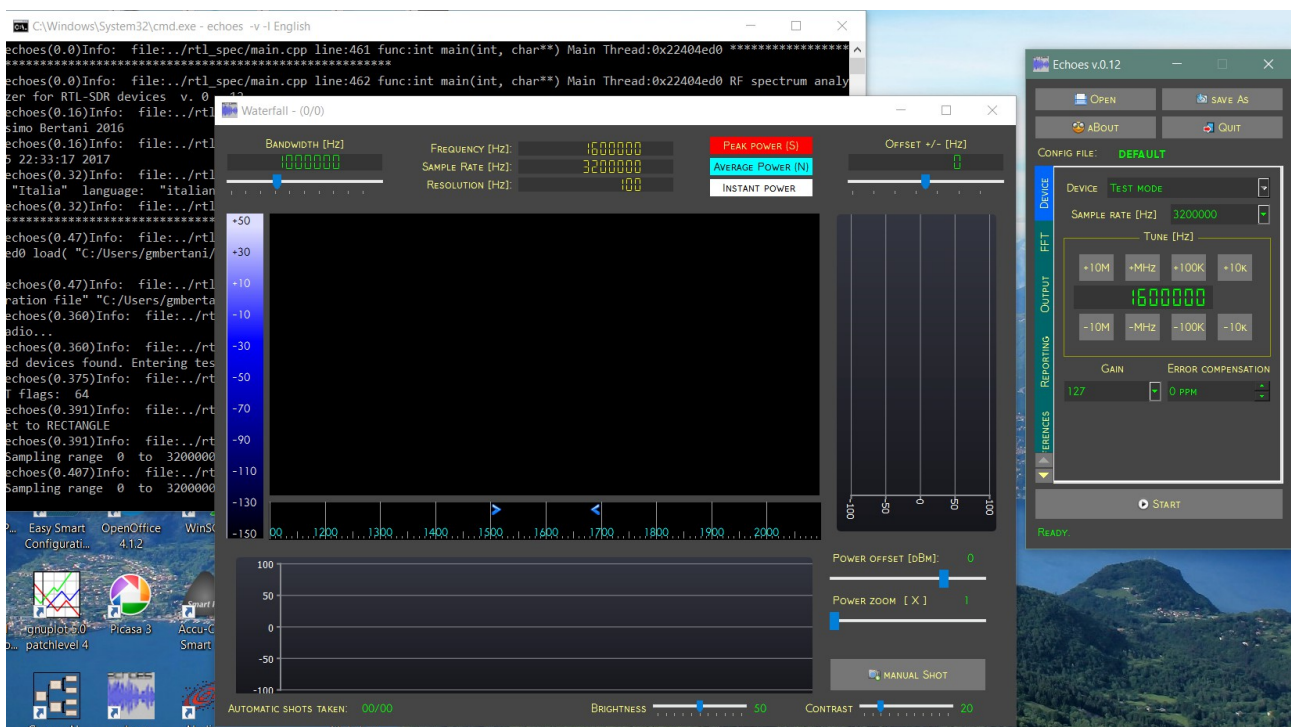


Fig. 4: *Echoes* lancé sous Windows10

^(c) Notes de style: en courrier les exemples de lignes de commande, les noms des objets utilisés par le programme sont entre guillemets, en italique les noms des fichiers et des programmes, en souligné les termes importants qui seront ou auront été approfondis.

6.3. La fenêtre principale

Cette fenêtre contrôle l'acquisition des données et le comportement général du programme. C'est un petit programme, subdivisé en onglets. Les champs variables dans la fenêtre ont une couleur verte, tandis que les textes fixes et les boutons-poussoirs sont jaunes.

Après le démarrage du programme (sauf si un fichier de configuration a été choisi à l'invite de commande via le commutateur `-s`), le programme se configure en suivant les paramètres présents dans `default.rts`. La première fois que le programme est appelé - quand ce fichier n'existe pas encore - il prend les paramètres codés en usine ("factory").

Chaque fois que l'acquisition commence, tous les paramètres sont implicitement enregistrés dans ce fichier, y compris les modifications de l'utilisateur. L'utilisateur peut enregistrer les paramètres dans des fichiers dédiés à récupérer plus tard au besoin par le biais du bouton "Enregistrer".

6.3.1 Les boutons

Les deux boutons poussoirs en haut "Open" et "SaveAs" gèrent les fichiers de configuration de l'utilisateur (.rts). Juste en dessous d'eux, se trouvent les boutons "About" et "Quit". Le premier ouvre un dialogue avec la version du programme et d'autres informations générales, le second est explicite.

Notez qu'il n'y a pas un simple bouton "Enregistrer"; cette opération peut être effectuée en appuyant sur "SaveAs" puis en appuyant sur "Ok", puisque le nom de fichier proposé est le nom du dernier fichier de configuration ouvert. Le nom de la configuration active est affiché juste en dessous des boutons. Les fichiers de configuration ont l'extension `.rts`.

Le dernier bouton est "Start / Stop" en bas qui démarre le fil d'acquisition de données. En dessous, la barre d'état affiche l'état de l'acquisition et les messages d'erreur. Lorsque l'acquisition est active, la plupart des contrôles de la fenêtre principale sont verrouillés, à l'exception des boutons-poussoirs pour l'acquisition Stop and Quit. Les contrôles sur la cascade sont toujours disponibles.

6.3.2 Paramètres du périphérique

L'onglet "Device" permet de contrôler les paramètres de l'appareil. Lorsque l'acquisition est lancée, la fenêtre principale ne permet pas de modifier les paramètres actifs, mais il est toujours possible de les regarder et de parcourir les onglets. Lorsqu'un ou plusieurs dongles sont connectés à l'USB, le nom de la clé sélectionnée est affiché sous le contrôle "Device". En cliquant dessus, il est possible de choisir le dongle désiré pour l'acquisition. Ce nom peut être sauvegardé dans un fichier de

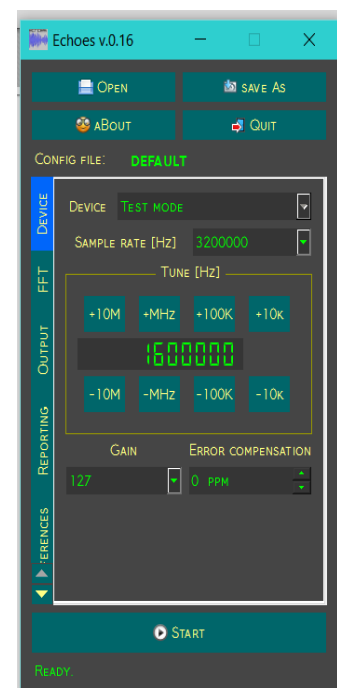


Fig. 5: fenêtre principale jouant des modèles de test, onglet Device.

configuration, alors quand il sera à nouveau chargé, le même dongle sera ouvert. Les fichiers de configuration peuvent être sauvegardés dédiés à chaque clé, et cette attribution fonctionnera jusqu'à ce que les dongles soient retirés ou que la prise USB soit branchée. La commande "Sample Rate" indique le réglage du taux d'échantillonnage réel (SR). Les tarifs disponibles sont stockés dans le pilote de périphérique et peuvent être affichés en cliquant sur la flèche droite, ce qui permet de sélectionner une nouvelle valeur.

Au-dessous de la fréquence d'échantillonnage, il y a les commandes de fréquence du tuner, un affichage semblable à celui de l'affichage à cristaux liquides qui montre la fréquence en Hz et quelques boutons-poussoirs semblables à des contrastes pour changer cette fréquence. En cliquant droit sur l'écran LCD, une boîte de dialogue s'ouvre permettant d'entrer une fréquence précise à travers le clavier.

Le contrôle "Gain" se comporte comme le "Sample Rate": les gains disponibles dépendent de l'appareil sélectionné et peuvent être parcourus en appuyant sur le bouton fléché droit. S'il vous plaît noter que Echoes désactive toujours l'AGC, malheureusement, il n'est pas possible de l'exclure complètement via un logiciel seulement.

"Erreur PPM" est utilisé pour entrer une valeur fixe pour compenser l'erreur PPM du tuner. Vous devriez essayer, au moyen d'un émetteur-récepteur, de générer un porteur à une fréquence précise - disons 144.000.000 hz et attendez que la chute d'eau montre une ligne verticale près de la même fréquence; jouez ensuite avec "Erreur PPM" jusqu'à ce que la ligne verticale atteigne le centre de la cascade.

N'oubliez pas d'écrire la valeur PPM sur une étiquette collante à attacher sur votre clé. Il sera stocké dans le fichier de configuration de toute façon.

6.3.3 Réglages des FFT

Le deuxième onglet "FFT" contient les contrôles ayant un effet sur la qualité du spectrogramme.

La commande "Fenêtre" applique un algorithme supplémentaire à la sortie FFT qui permet une meilleure séparation entre les points de sortie du spectrogramme et réduit le niveau de bruit (N). Il y a cinq algorithmes sélectionnables possibles, tandis que le "Rectangle" par défaut est le plus plat.

Les valeurs d'étape "Résolution" sélectionnables sont pour la plupart des valeurs non entières puisqu'elles dépendent de la fréquence d'échantillonnage choisie. Pour des raisons de performances, la FFT transforme le signal d'entrée en un certain nombre de "points" de fréquence qui doivent être une puissance de deux, de sorte que les résolutions disponibles ont des valeurs précises en fonction de la fréquence d'échantillonnage.

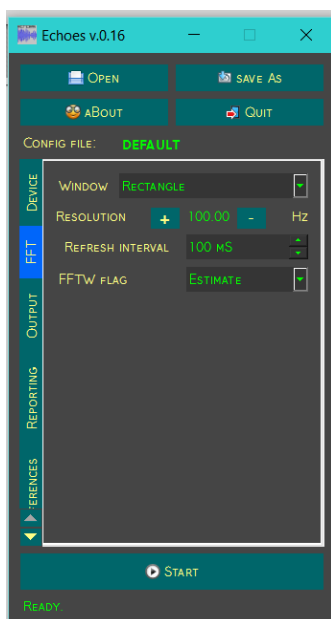


Fig. 6: fenêtre FFT

Le nombre de points obtenu peut être obtenu en divisant la fréquence d'échantillonnage par l'étape de résolution et le résultat doit être une puissance de deux.

Le plus petit est l'échelon de résolution, le plus bas est le niveau de bruit (N) et plus le temps est long à dépenser pour obtenir des données brutes du dongle.

L'acquisition radio (Fig. 2, bloc rouge) et l'algorithme FFT (bloc cyan) se déroulent en parallèle sur deux cycles indépendants (threads), où le premier tourne à pleine vitesse tandis que le second tourne au rythme déterminé par le "Refresh". intervalle "contrôle. Ainsi, un tel taux affecte la vitesse de défilement de la cascade, non la vitesse d'acquisition qui est toujours le maximum possible pour le nombre de points requis.

Lorsque l'intervalle choisi est trop petit, la FFT va retraiter le même échantillon déjà traité dans les boucles précédentes. Lorsque cela se produit, la ligne d'état, placée en bas de la fenêtre, affiche le message "Délai d'acquisition dépassé". Pour éviter cela, l'étape de résolution doit être agrandie et / ou le niveau d'enregistrement réduit. De plus, un matériel plus puissant (multi-core) permet d'atteindre des débits plus élevés.

Le dernier contrôle, "FFTW flag" permet de sélectionner la performance des FFT, les valeurs disponibles sont "Estimer", "Mesurer" et "Patient".

La valeur par défaut est "Estimé" car elle permet de démarrer rapidement le cycle FFT en paramétrant les paramètres internes de l'algorithme sur des valeurs estimées, sans compter les performances de la machine hôte.

Avec "Measure", l'algorithme calcule la performance FFT au moment de l'exécution en ajustant ses paramètres pour correspondre au mieux à la machine hôte, tandis que le dernier "Patient" prend encore plus de temps pour obtenir de meilleurs résultats. , provoquant le gel de l'interface graphique pendant quelques secondes après avoir appuyé sur le bouton "Démarrer" avant d'afficher les balayages sur la cascade.

6.3.4 Réglages de la sortie ⁽⁹⁾

Le troisième onglet "Sortie" inclut les contrôles qui ont un effet sur la génération de fichier et la capture de pics. Il existe trois modes de fonctionnement dans lesquels les échos peuvent fonctionner, en fonction de la façon dont les contrôles suivants sont définis (voir par.7). Le contenu des fichiers de données de sortie reflète le mode de fonctionnement choisi. Considérons d'abord la "sortie GNUplot", car elle affecte la génération des fichiers de vidage de données de GNUplot. Lorsque le mode de fonctionnement est "automatique", Echoes capture les captures d'écran en cascade en présence de pics S-N. Lorsque "GNUplot output" est défini, il enregistre également sur un fichier .DAT les données de numérisation. Ce fichier est particulièrement utile lors de l'exécution dans l'interface utilisateur de la console lorsqu'aucune cascade n'est affichée et que les captures d'écran ne sont pas disponibles. Lorsque l'acquisition est arrêtée, le fichier de commande GNUplot (.PLT) est généré. En ouvrant ce

fichier avec GNUplot, toutes les sauvegardes capturées lors de la dernière session d'acquisition seront tracées séquentiellement.

© Fonction nouvelle par rapport à v.0.17:

Enfin, l'ouverture de ces fichiers avec un éditeur de texte montrera quelques lignes de commentaires (précédées de #) qui expliquent comment modifier le fichier pour obtenir des graphes 3D au lieu de graphes 2D mappés en couleur. La valeur par défaut est 2D car les comparaisons avec la capture d'écran associée sont plus faciles qu'avec la 3D, tandis qu'un graphique 3D, une fois chargé dans GNUplot, peut être zoomé et pivoté sur chacun des trois axes.

Plus de détails sur les fichiers de sortie sont expliqués plus tard.

Considérons maintenant le premier contrôle, "Shot xx sec sec after peaks" qui affecte uniquement les captures d'écran, pas les fichiers de données de GNUplot. Il retarde le déclenchement de la capture d'écran de xx secondes après la détection de l'événement de crête, pour permettre à l'événement d'être capturé dans son intégralité sur la cascade.

"Stop après" spécifie un nombre de captures d'écran qui doivent être prises jusqu'à ce que l'acquisition soit arrêtée. Avec une valeur nulle, seul le fichier de données d'un GNUplot est produit, contenant tout le balayage capturé jusqu'à l'arrêt de l'acquisition.

La durée de la prise de vue affecte uniquement les vidages de données de GNUplot. Alors que la couverture temporelle d'une capture d'écran est déterminée par la taille de la fenêtre en cascade et l'intervalle de rafraîchissement choisi, la couverture temporelle de la sauvegarde de données d'un GNUplot doit être sélectionnée à travers ce contrôle.

Le bouton "Localize" apparaît lorsque Echoes ne trouve pas GNUplot par lui-même. Lorsque vous appuyez sur le bouton, une boîte de dialogue "Ouvrir un fichier" s'ouvre pour sélectionner le fichier exécutable de GNUplot correct (wgnuplot.exe sous Windows, ou simplement gnuplot sous Linux). Le «Peak Upper Threshold», lorsqu'il est défini, détermine le seuil S-N qui déclenche un nouvel événement de pic lorsqu'il est franchi. Si elle est définie sur zéro, la détection d'événement est inhibée.

Le "Peak Lower Threshold", lorsqu'il est défini, détermine le seuil S-N de fermeture de l'événement pour fermer l'événement de crête. Le temps écoulé entre le franchissement du seuil supérieur et la chute sous le seuil inférieur déterminera l'événement durable. Ces seuils doivent être choisis avec soin, car si le seuil inférieur est trop bas, l'événement démarré ne sera jamais fermé.

Les commandes "Noise filter" et "Peak detection range" fonctionnent ensemble. La plage de détection est un intervalle de fréquence, exprimé en % de la bande affichée en cascade et centré sur la fréquence centrale de la cascade et représenté par deux flèches bleues. Echoes calcule la valeur du bruit N en faisant la moyenne, pour chaque balayage, de tous les points FFT tombant dans cette plage tandis que le niveau de crête S est la valeur de point la plus élevée. Le but de la gamme de détection est de limiter la détection de faux positifs dus aux avions, satellites, etc.

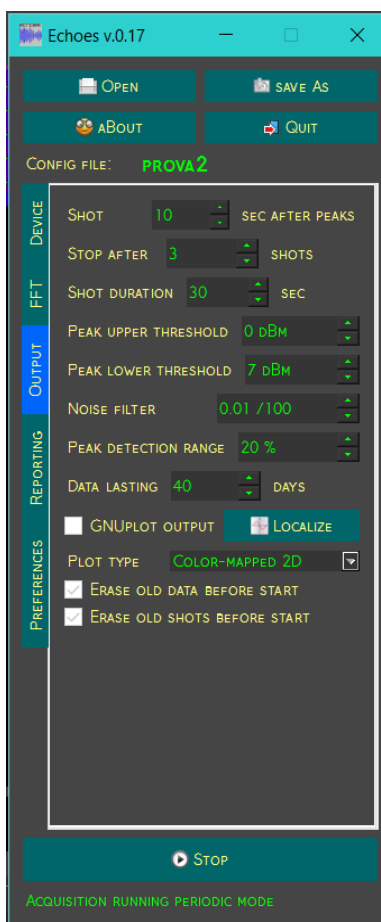
Malheureusement, plus cette plage est étroite et / ou plus la résolution du point est petite, plus la variance de N est grande, puisque le nombre de points pris en compte pour le calcul de la moyenne devient inférieur. Une grande variance de N provoque la détection de faux événements. Afin de limiter la variance, le contrôle "Noise filter" permet de spécifier le nombre de balayages à calculer pour calculer un N plus plat. Plus le nombre est grand, plus la ligne de bruit cyan sur le graphe de puissance à gauche de cascade. [PS. Cette fonctionnalité sera probablement supprimée à l'avenir].

"Data durable" permet de définir l'âge maximum des fichiers de données de sortie, afin de préserver l'espace disque. Les fichiers plus anciens seront automatiquement supprimés au démarrage de l'acquisition. Ceci s'applique uniquement aux fichiers générés avec le fichier de configuration réellement chargé (son nom est affiché juste en dessous des boutons du haut) laissant les autres intacts. **This is also the delta time between consecutive shots in periodic mode.**

"Plot type" sélectionne le format des fichiers de données GNUplot: "2D color-mapped" (comme les captures d'écran mais plus détaillées), "3D perspective" et "2D total power".

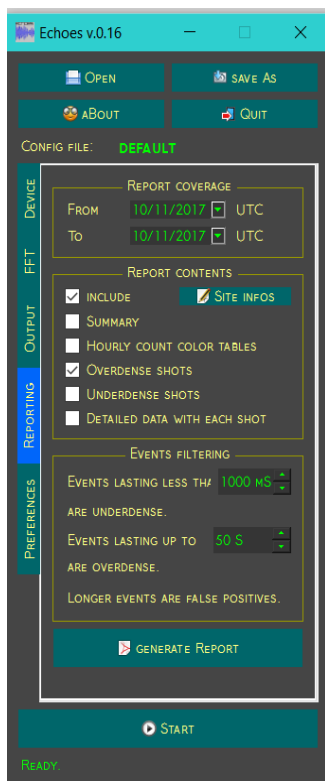
"Effacer les anciennes données avant le démarrage" une fois réglées, tous les fichiers de données présents dans le répertoire de travail produit avec le fichier de configuration effectivement chargé seront effacés au démarrage de l'acquisition. Cette option est utile lors de l'expérimentation de la configuration des paramètres mais n'oubliez pas de la décocher avant d'enregistrer la configuration finale sur un nouveau fichier de configuration!

"Effacer les anciens clichés avant de commencer": les options précédentes n'ont pas effacé les images des captures d'écran mais seulement les fichiers de données (.PLT .DAT .CSV). Cette option s'applique uniquement aux captures d'écran (.PNG) a. Les considérations écrites ci-dessus sont toujours valables ici.



Echoes travaille exclusivement avec l'heure UTC; toutes les références de temps présentes dans les journaux et dans la cascade sont en UTC.

6.3.5 Réglage des rapports



Voici un travail particulier que fait Echoes chaque fois que l'acquisition s'arrête, plus tard appelée "post-traitement". Son but est d'extraire les données des fichiers de données produits par l'acquisition et de produire des fichiers synthétiques, en essayant de séparer les vrais événements de météores des faux positifs ("faux" - encore en cours). Veuillez noter que les rapports peuvent être générés uniquement pour les sessions d'acquisition automatiques. Les autres modes de fonctionnement ne connaissent rien aux "événements".

Le plus simple de ces fichiers est le "rapport quotidien" (7,4,6) : il s'agit d'un fichier de table .CSV contenant le nombre horaire des événements capturés, un jour pour la ligne, divisé sur 24 colonnes (heures) plus le total quotidien. Les événements sont collectés en regardant tous les fichiers d'analyse (7.4.4) (toujours des tables .CSV, enregistrant les données statistiques sur les événements capturés, plus de détails plus tard) présents dans le répertoire de travail et en se référant au nom de la configuration active. Chaque fois que l'acquisition s'arrête, un nouveau fichier journalier est créé.

Fig. 7 onglet rapport

Le "rapport complet" est créé uniquement à la demande de l'utilisateur, en appuyant sur "Générer le rapport" dans l'onglet "Rapports".

[AVERTISSEMENT: LE TRAVAIL EST EN COURS, IL VA BIENTÔT CHANGER]

C'est un long fichier HTML subdivisé en 4 sections:

1. Informations sur le site
2. Résumé
3. Tables de comptage horaires
4. Captures avec des infos statistiques (overdense et / ou underdense)

Ces sections peuvent être un peu personnalisées en agissant sur les contrôles suivants: Dans la case "Report coverage", insérez la période de jours considérée dans le rapport. Par défaut (tout nouveau fichier de couverture de configuration), le champ "A" est réglé sur la date actuelle tandis que la date "De" est un jour avant, pour au moins un jour. Les dates personnalisées ne sont jamais sauvegardées dans le fichier de configuration, car elles changeront continuellement. Dans la zone "Contenu du rapport", vous disposez des options suivantes:

"Inclure les infos du site": en cliquant sur le bouton, une boîte de dialogue apparaît, avec un contenu personnalisable: le nom de la station, l'icône du logo, la position, les informations de configuration

et de contact ainsi qu'une brève description du contenu du rapport. Les données entrées ici sont persistantes et enregistrées dans le fichier de configuration comme la plupart des autres données saisies dans Echoes.

Les informations du site peuvent être personnalisées mais si la voix n'est pas cochée dans "Contenu du rapport", elles n'apparaîtront pas dans le rapport.

L'information "Résumé" est une courte description du contenu du rapport suivie d'une table où tous les événements considérés - identifiés avec le numéro progressif qui apparaît dans leurs noms de fichiers - sont subdivisés en "Underdense", "Overdense" et "Fakes" [travail en cours]

"Tables horaires des couleurs de comptage" Ces tables sont structurées comme les tables de "rapport quotidien" déjà vues, mais elles sont également colorées avec une échelle de couleurs pour donner une impression plus intuitive de ce qui s'est passé à chaque heure des jours considérés.

Les tables produites sont trois, le premier est le total des événements de surdensité et de sous-sens sans faux. Suit un tableau des surdensités et un tiers des sous-consommations.

Le rapport continue avec les coups de feu de tous les événements demandés en vérifiant "coups Overdense" et "coups Underdense". La dernière option "Données détaillées avec chaque tir" inclura un tableau de données statistiques avec chaque événement.

Les clichés rapportés seront les captures d'écran dans le cas où la sortie de GNUplot n'a pas été demandée, sinon les tracés sont préférés car ils sont plus précis que les captures d'écran.

La dernière case de l'onglet "Rapports" concerne les seuils temporels appliqués à chaque événement, à distinguer les événements de sous-densité des événements de surdensité et à exclure les faux positifs des comptages statistiques.

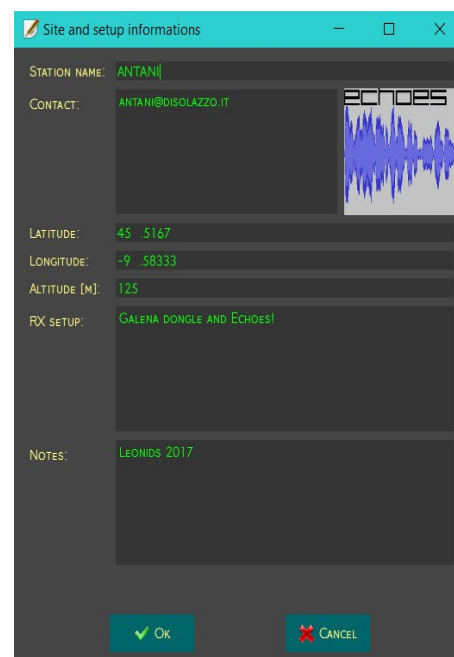


Fig. 8: Boîte de dialogue Infos du site

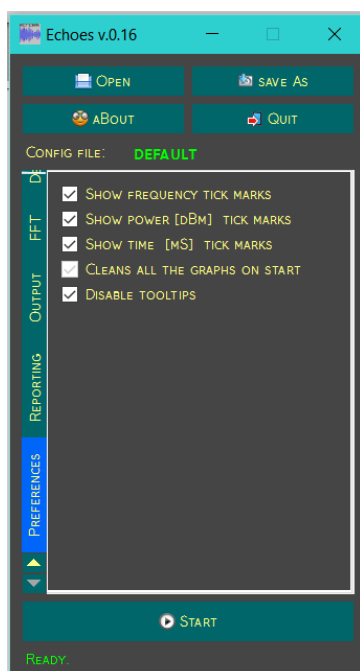


Fig. 9: Onglet Préférences

6.3.6 Préférences

L'onglet de la dernière fenêtre principale concerne les préférences de certains utilisateurs. Certaines personnes n'aiment pas voir les grilles de mesure au-dessus de la cascade et des graphiques latéraux, donc cet onglet permet de les cacher en décochant la voix correspondante. Même les infobulles peuvent devenir ennuyantes une fois que l'utilisateur est devenu assez expert en utilisant Echoes pour ne plus avoir besoin de suggestions, donc elles peuvent être cachées en cochant "Désactiver les info-bulles"

[P.S. "Supprimer tous les graphiques" sera supprimé]

6.3.7 Barre d'état

C'est un court texte variable en bas de la fenêtre décrivant l'état du programme. En raison de la forme de la fenêtre, le texte long est tronqué, mais ils peuvent être lus entièrement dans l'info-bulle, une petite boîte contenant des suggestions qui apparaissent en survolant un contrôle avec la souris. Notez que les info-bulles doivent d'abord être activées dans l'onglet "Préférences" (voir 6.3.6).

Normalement, le texte affiché est "Prêt", ce qui signifie que le programme est prêt à accepter de nouvelles commandes. Lorsque l'acquisition est en cours, cette barre indique le mode de fonctionnement actif (continu / périodique / automatique).

Un autre message qui peut apparaître est "Temps d'acquisition dépassé", ce qui signifie que le paramètre "Refresh interval" choisi (6.3.3) est trop petit et que l'actualisation ne peut pas être aussi rapide.

6.4. La fenêtre cascade

6.4.1 Volets graphiques

Cette fenêtre, qui représente la sortie du traitement FFT, est divisée en 3 volets :

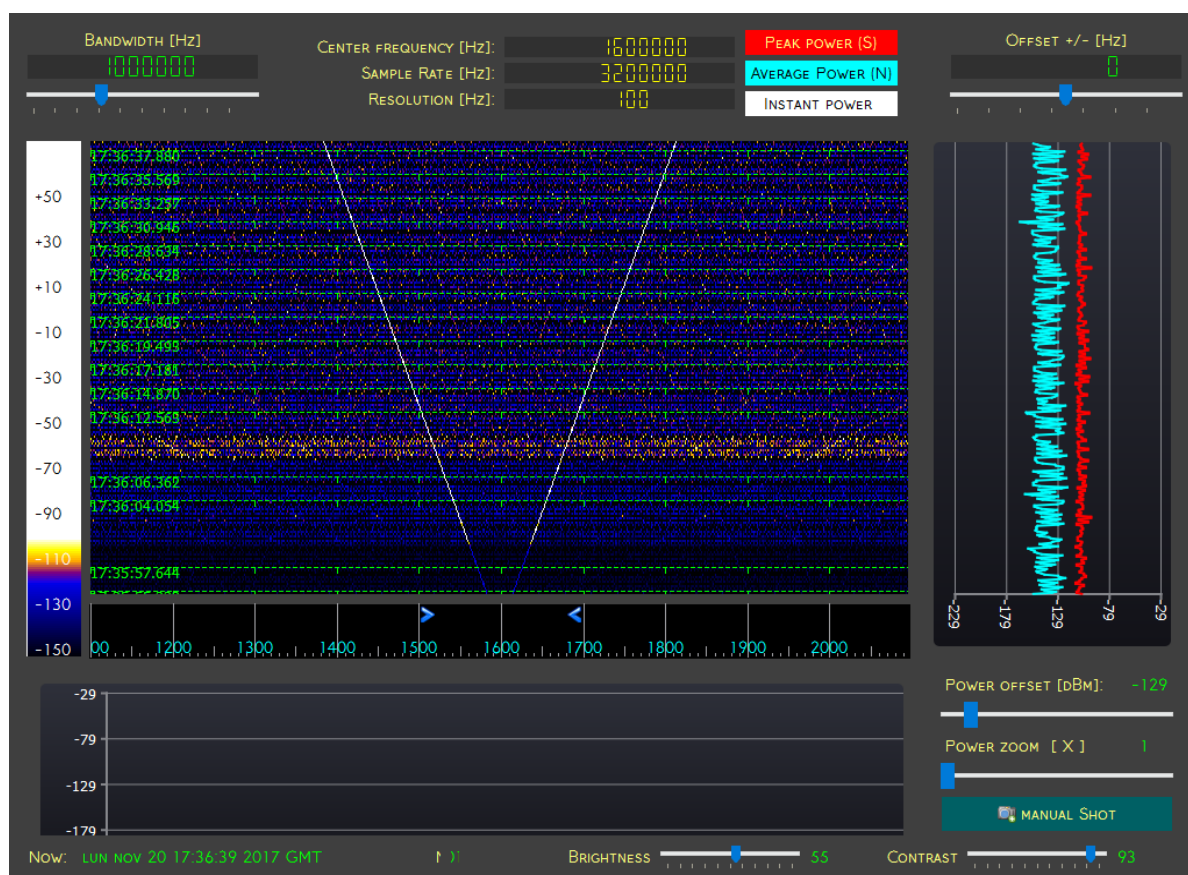


Fig. 10: Fenêtre cascade lors de l'exécution du générateur de test en mode continu

Au centre se trouve le "spectrogramme Waterfall", avec l'axe du temps en Y et la fréquence en X, défilant vers le bas. À sa gauche se trouve l'échelle de couleur, elle peut être ajustée avec les curseurs "Luminosité" et / "Contraste" placés au bas de la fenêtre.

Selon la fréquence d'échantillonnage, la bande passante choisie et la taille de la fenêtre, chaque pixel peut représenter un point FFT ou la valeur maximale de n points FFT adjacents car des résolutions étroites (par exemple 1,91 Hz @ 250kHz SR) produisent plusieurs milliers de points ($217 = 131072$) alors que les résolutions d'écran varient généralement autour de quelques milliers de pixels en largeur. Pour cette raison, un changement de résolution ou de taux d'échantillonnage produit un changement de niveau de bruit (N) qui affecte la couleur de fond, qui doit être réajustée en agissant sur les curseurs.

Sur le côté droit, un graphique déroulant appelé "Power history" représente la puissance moyenne de chaque ligne de balayage (en cyan) aka "valeur de bruit" (abrégé "N") et la valeur maximale (en rouge) alias "peak power" (abréviation "S"). Le graphique défile au même rythme et dans la même direction que la cascade.

Les valeurs S & N ne sont pas calculées sur chaque balayage entier, mais sur une partie de celui-ci, centré à la fréquence centrale de la cascade (affichée ci-dessus) et ajustable symétriquement dans l'onglet Sortie ("Plage de sélection des pics") en pourcentage. Cette plage est représentée par les flèches bleues juste en dessous de la chute d'eau, sur la règle de fréquence et peut être agrandie pour couvrir jusqu'à la totalité du balayage (100%). La valeur N est le résultat d'un processus de filtrage, qui peut être ajusté dans l'onglet Sortie de la fenêtre principale (6.3.4).

Enfin, sous la cascade se trouve le graphique "Puissance instantanée", où les valeurs des points FFT sont représentées dans Y par la fréquence dans X et ne sont pas affectées par la plage de sélection.

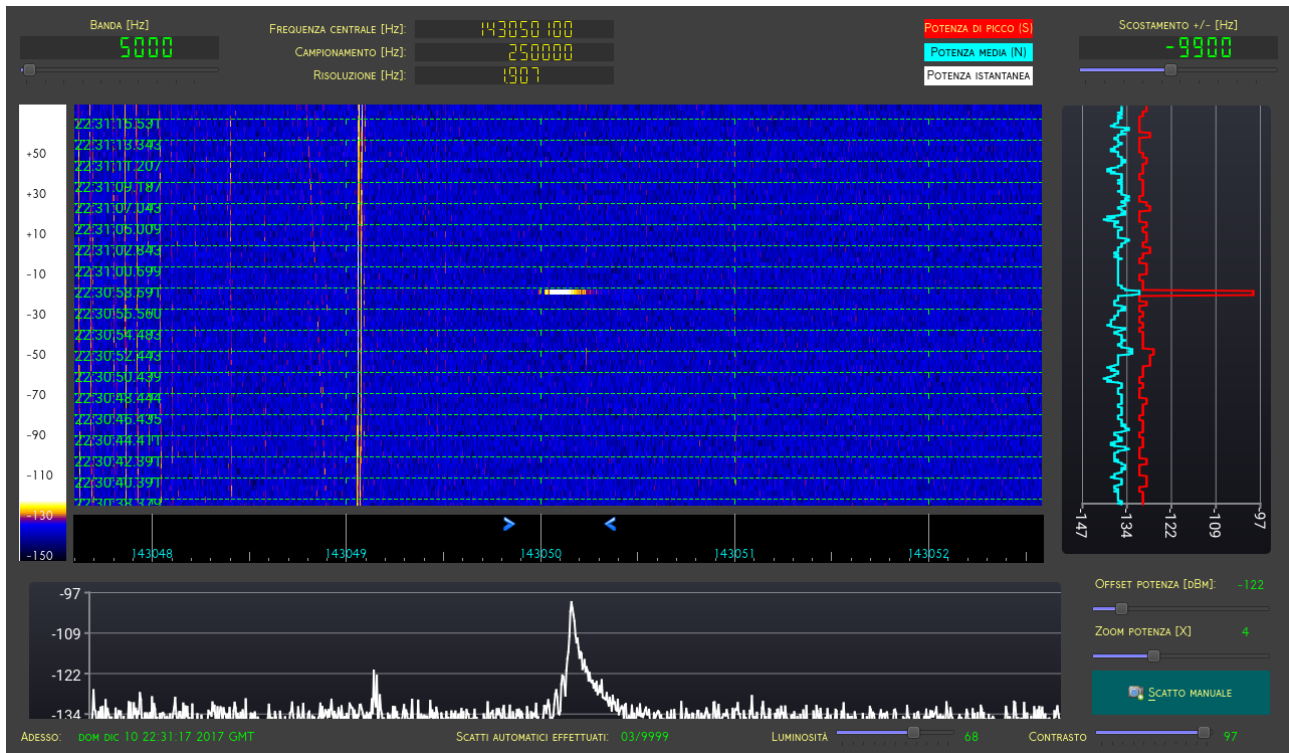


Fig. 11: Waterfall screenshot of a real meteor echo of GRAVES radar

6.4.2 Les contrôles de la cascade

Les commandes en haut de la fenêtre affectent la chute d'eau et le graphique "Instant power". La gamme de fréquence montrée dans la cascade peut être arrangée à travers les deux curseurs "Bande passante" et "Offset" placés à gauche et à droite de la fenêtre. Par défaut, chaque fois que la commande "Tune" est modifiée dans la fenêtre principale (voir 6.3.2), la bande passante affichée est égale à la fréquence d'échantillonnage, tandis que le décalage est réglé et bloqué à zéro.

Maintenant, en agissant sur le curseur "bande passante", la plage de fréquence affichée diminue; la règle de fréquence au fond reflète immédiatement ces changements. Le curseur "offset" est déverrouillé maintenant et il peut glisser vers le haut / bas de cette plage, ainsi sa fréquence centrale changera de rapport avec la fréquence accordée. La fréquence centrale de cette chute d'eau est affichée en haut, avec le taux d'échantillonnage et la résolution réels, afin d'attraper ces paramètres dans les captures d'écran.

6.4.3 Les contrôles des graphiques

Les curseurs "Power zoom" et "Power offset", situés dans le coin inférieur droit de la fenêtre, ont un effet sur les graphiques "Power history" et "Instant power". Le curseur de zoom réduit / agrandit la plage de dBfs représentée, tandis que le curseur de décalage fait défiler la plage représentée dans les deux directions.

Immédiatement au-dessous des curseurs de puissance, il y a le bouton-poussoir "capture manuelle". Il déclenche un instantané de chute d'eau lorsqu'il est pressé. Les prises de vue manuelles sont comptées séparément des instantanés automatiques, elles ne produisent pas de sortie de données GNUplot comme le fait automatiquement et même les fichiers d'instantané manuel sont nommés avec un préfixe différent.

7 Travailler avec *Echoes*

7.1. Modes opératoires

Il y a trois modes de fonctionnement dans lesquels Echoes peut fonctionner, mais il n'y a pas un seul contrôle GUI spécifique pour effectuer ce changement; le mode de fonctionnement est en fait sélectionné par une combinaison de réglages dans la fenêtre principale:

Stop après	Pic seuil supérieur	Mode de fonctionnement résultant
Zéro	Zéro	Continu
Non-zéro	Zéro	Périodique
Non-zéro	Non-zéro	Automatique

Tab. 1: Modes de fonctionnement : table de vérité

Dans le cas où les réglages opérés dans la fenêtre principale ne permettent pas de sélectionner un mode de fonctionnement ou de déterminer une configuration incongrue, le message "Mauvais paramètre" apparaît dans la barre d'état, en bas de la fenêtre principale.

7.1.1 Enregistrement en continu

Lorsque la "Stop après" et la "Consigne supérieure de crête" sont tous deux mis à zéro, le programme enregistre en continu les statistiques de chaque analyse dans le fichier CSV de statistiques (7.4.4) et, si GNUplot a été activé, le fichier de tracé fait de même. Ce mode est adapté pour enregistrer la puissance totale (type de tracé en «puissance 2d») dans un tracé continu unique, comme le montre la figure 24. D'autres types de tracés ne doivent pas être essayés dans ce mode car ils auront tendance à grossir jusqu'à des tailles ingérables .

7.1.2 Enregistrement périodique

En définissant une valeur dans "Stop après", Echoes déclenche des prises de vue à intervalles réguliers («Durée de la capture »), mais ne peut toujours pas détecter les événements. Dans le fichier CSV statistique est enregistré une ligne pour chaque analyse, comme en mode continu, mais le nom de la capture d'écran associée est enregistré avec chaque ligne de balayage. Le tracé - s'il est activé - n'est plus continu mais subdivisé en plans numérotés.

7.1.3 Enregistrement automatique d'instantanés

Lorsque "Stop après" et "Consigne supérieure de crête" sont tous les deux réglés sur des valeurs non nulles, les échos détectent les crêtes: lorsque la différence (S-N) franchit le seuil supérieur, un compte à rebours commence. Quand il expire, il déclenche une capture d'écran et joue un son de notification "ping".

Pour être en mesure d'attraper des événements longs, ce délai doit être réglé pour déclencher quelques secondes avant que le pic ne sorte de l'écran.

Pour être en mesure d'attraper des événements longs, ce délai doit être réglé pour déclencher quelques secondes avant que le pic ne sorte de l'écran.

Tout en prenant la capture d'écran, le "graphique instantané de puissance" rejoue les données d'énergie enregistrées lorsque le pic a été détecté, ainsi le plan enregistrera simultanément le pic de puissance dans le domaine fréquentiel, dans le domaine temporel (graphique "Power history") .

Lorsque la sortie GNUplot est activée et que S franchit le seuil supérieur, le mot "CAPTURING" apparaît sous la cascade et Echoes commence à stocker les données de balayage en mémoire jusqu'à ce que S tombe sous le seuil inférieur et que l'événement soit fermé. Le mot CAPTURING disparaît et - en ce moment - les données de tracé en mémoire sont stockées dans un fichier de données GNUplot, numéroté en tant que capture d'écran relative.

Le contenu du fichier CSV statistique est différent en mode automatique que dans les deux autres. Au lieu de stocker une ligne de données statistiques à chaque analyse affichée dans la cascade, l'écriture est exécutée uniquement au lever avant, au pic d'événement et au front descendant, donc seulement 3 lignes sont écrites sur le disque pour chaque événement. La troisième ligne inclut également les résultats de certains calculs exécutés lorsque l'événement est actif, comme le total de durée et la "zone" en pixels couverte par l'écho sur la cascade.

La zone a été ajoutée car elle devrait faciliter la discrimination des échos les plus intéressants recueillis lors d'une session d'enregistrement couvrant plusieurs jours en regardant d'abord la table CSV, au lieu de parcourir une à une des milliers de captures d'écran automatiques.

7.2. Des points de sortie FFT aux pixels

Le nombre de points de fréquence produits par l'algorithme FFT est exprimé par le rapport entre la fréquence d'échantillonnage et la résolution choisie. Le nombre de ces points peut être beaucoup plus grand que la largeur de la cascade en pixels, donc les données de balayage sont moyennées et mises à l'échelle (la fine flèche violette de la figure 15) restant centrée sur la fréquence de réglage (la flèche rose).

Néanmoins, la chute d'eau pourrait afficher seulement une partie de l'analyse complète; en fait, pour la diffusion de météores, cette sélection est une pratique normale, car l'extension spectrale maximale d'un écho de météores est inférieure à 10 kHz et travailler sur une partie du spectre rend l'écho plus évident dans les captures d'écran et les tracés. Cette sélection est appelée "bande passante" et est représentée par la grosse flèche bleue.

Cette sélection peut être décalée vers le haut / bas sur le balayage complet par un "décalage" (flèche marron) par rapport à la fréquence de réglage. La somme de la fréquence d'accord et de ce décalage donne la "fréquence centrale" affichée au-dessus de la cascade.

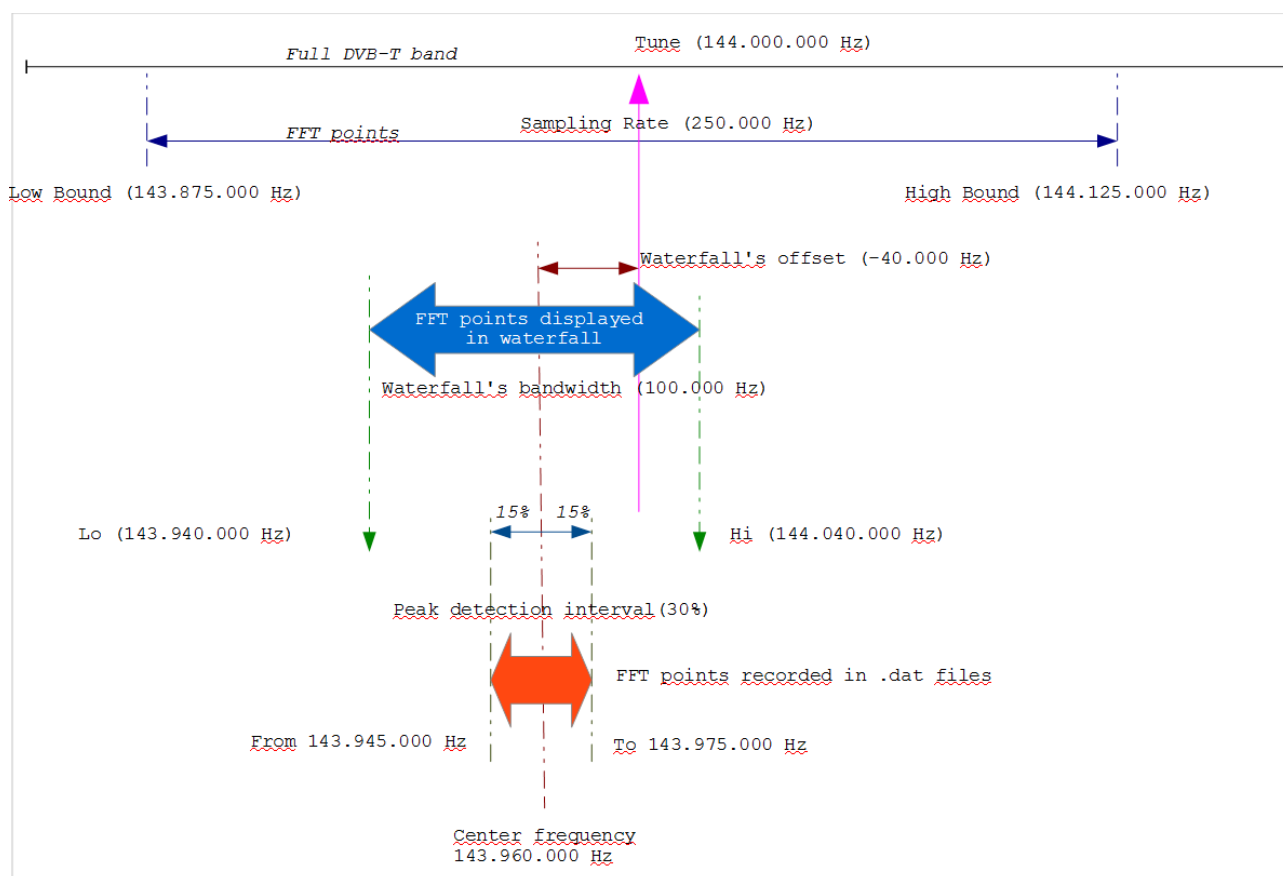


Fig. 12: Exemple de portion de spectre affichée en cascade et enregistrée sur un fichier de tracé

La "plage de détection de crête" (par.6.3.4) sélectionne une partie plus étroite de la bande passante (flèche orange). Les données enregistrées sur les fichiers de tracé concernent tous les pixels qui

tombent dans cette plage.

7.3. Exemples

Les images suivantes (en italien) ont été prises avec Echoes v.0.17 entre Dec 11 et Dec 18, 2017 lors de Géminides 2017.

Ma station est construite autour d'un récepteur RTL-SDR un peu plus sophistiqué que les dongles DVB-T habituels: le Nongles N3 [rif.14].

L'antenne est un Yagi à trois éléments et au milieu il y a un filtre coupe-bande 88-108Mhz pour limiter les interférences causées par les radios de radiodiffusion commerciales. La fréquence de réglage était de 143.060 kHz et le décalage était de -9900 pour obtenir la fréquence porteuse radar GRAVES presque au milieu de ma plage de détection de crête (12%) ("presque" parce que je n'ai pas réglé la correction d'erreur ppm appareil encore).

La fréquence d'échantillonnage était de 250 kHz, la fréquence minimale autorisée par mon appareil. Les autres paramètres importants sont le gain rx réglé au maximum (49dB), la résolution FFT (1,9 Hz), l'intervalle de rafraîchissement (80mS), la durée de tir (30s), le tir 15s après détection de crête et les seuils: 13 dBfs inférieur 7 dBfs. Enfin, la bande passante affichée en cascade était de 5kHz.

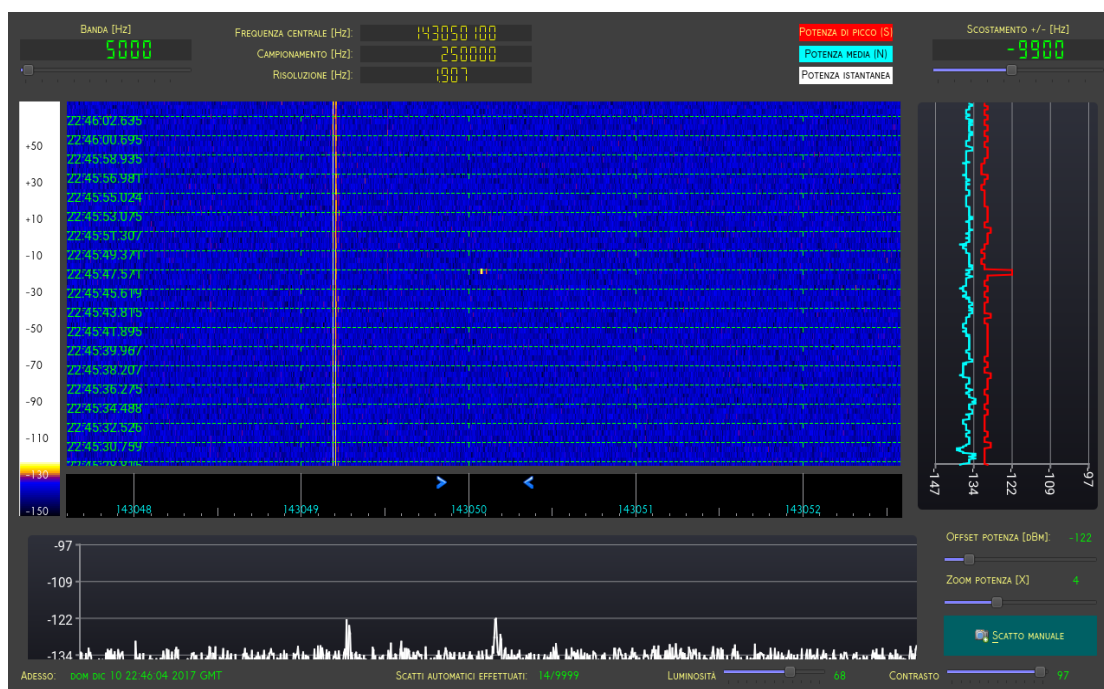


Fig. 13: Underdense event

(Maintenant, mon conseil est de jeter un coup d'œil sur la page Web de l'IMO [ref 6 à la page 3] puis continuer à lire d'ici)

La plupart des événements capturés ressemblent au petit point de la figure 13. La ligne droite verticale à gauche est une source non désirée, elle peut être externe - un vrai signal radio provenant de l'air - ou une interférence produite par un appareil électrique et électronique près de la station: moniteurs, PC, téléviseurs, moteurs, lumières de Noël. ...

La ligne droite pourrait aussi être une véritable réflexion radar causée par un avion. Ces échos apparaissent comme des lignes droites continues qui peuvent se déplacer lentement vers la gauche ou la droite des spectres pour disparaître soudainement après quelques minutes. Le but d'une plage étroite de détection de crête est simplement d'éviter le déclenchement d'événement indésirable causé par de tels plans, même si de tels événements ne sont pas complètement masquables. Malgré ce signal indésirable, l'image montre aussi un véritable écho de météores: ce petit point blanc au centre du spectrogramme qui a déclenché l'événement.

Les phénomènes dits «Underdense», comme ceux-ci, sont produits par de petits météores qui brûlent rapidement, produisant très peu de plasma et restant invisibles aux yeux des humains.

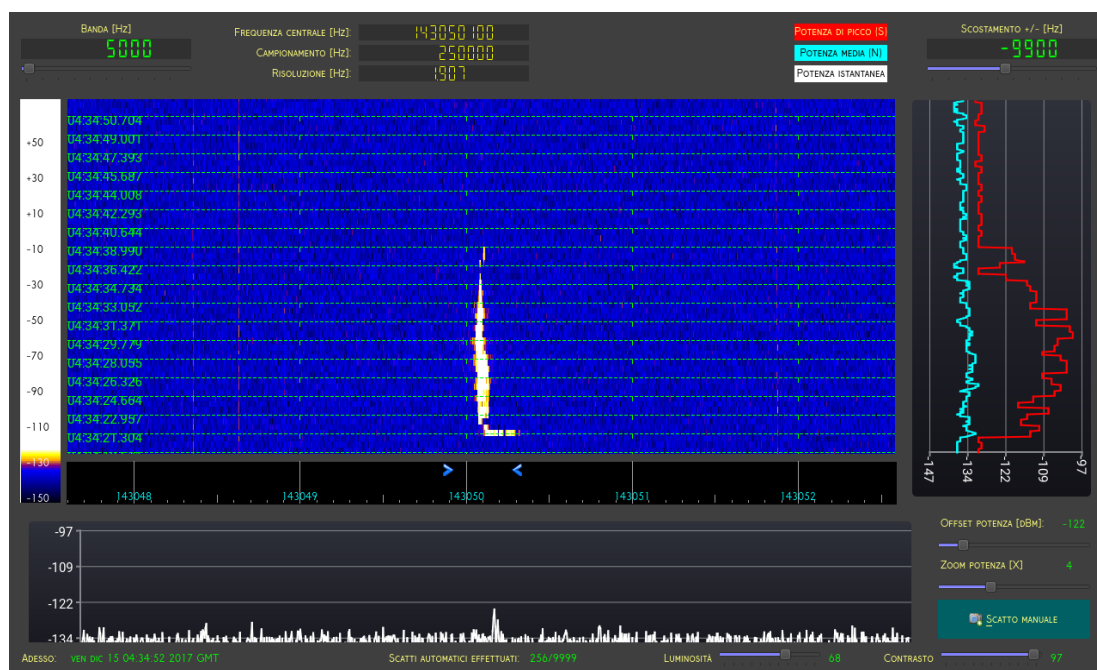


Fig. 14: Overdense et événement de longue durée

La capture d'écran de la figure 14 montre un événement Overdense. De tels événements sont généralement attribués à des objets plus massifs ou même à des boules de feu.

Le motif horizontal peut nous dire quelque chose sur la vitesse de l'objet avant de le brûler, tandis que son motif vertical indique qu'après la combustion, l'objet a laissé un "nuage" ionisé de longue durée qui reflétait le signal GRAVES pendant plusieurs secondes avant de disparaître.

Parfois, des motifs horizontaux et verticaux sont joints de manière curieuse, comme dans la figure 15 qui ressemble à un chevauchement de deux événements séparés avec des motifs différents.

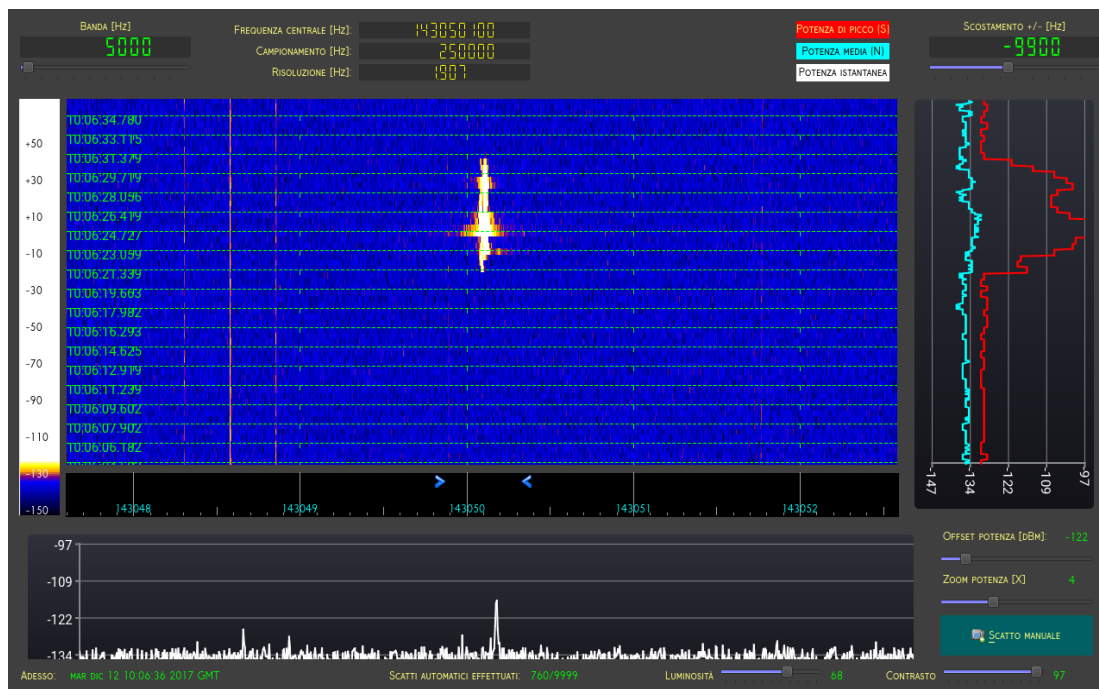


Fig. 15: Peut-être le résultat de deux événements qui se chevauchent

Lors de la production de tracés mappés en couleur 2D, le même événement apparaît comme sur la figure 16 lorsqu'il est ouvert avec GNUplot. Les fréquences sur l'axe X partent de la flèche bleue gauche vers la droite (la plage de détection des pics) tandis que sur l'axe Y il y a les secondes écoulées depuis le début de l'acquisition (date / heure incluse dans le nom de fichier). Plus d'informations sur les fichiers GNUplot sont au par.7.4.5

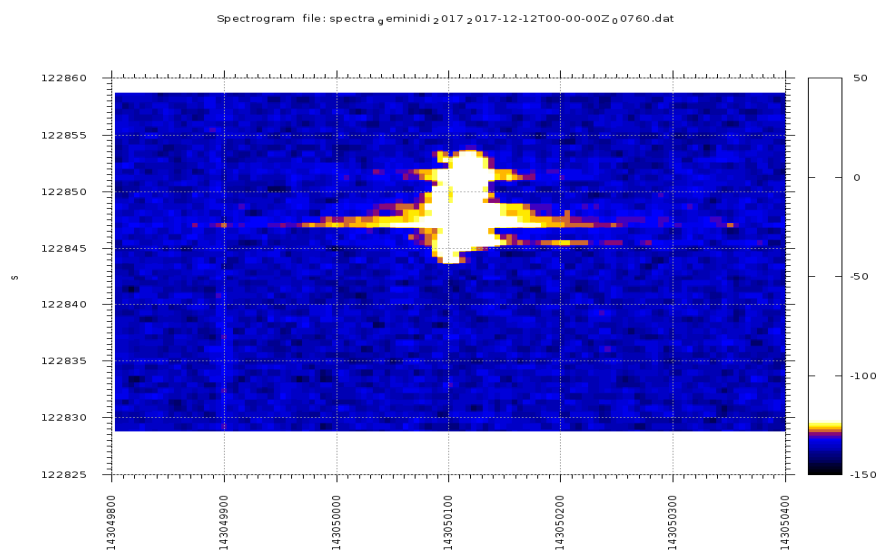


Fig. 16: Le même événement à quoi il ressemble en GNUplot en 2D couleur map.7.4.5

Dans certains événements de surdence, la queue brûlante pourrait manquer complètement, comme sur la figure 17. Il semble que le météore a touché le signal GRAVES avant de brûler. Cela pourrait se produire parce que le GRAVES est un radar qui scrute le ciel dans une séquence connue, il se peut donc que le signal illumine le météore à l'approche de la Terre mais quand il brûle, le signal est envoyé dans un autre secteur du ciel. Ou il se peut aussi que la combustion ait été réfléchié quelque part loin de mon antenne, donc je n'ai pas pu la détecter.

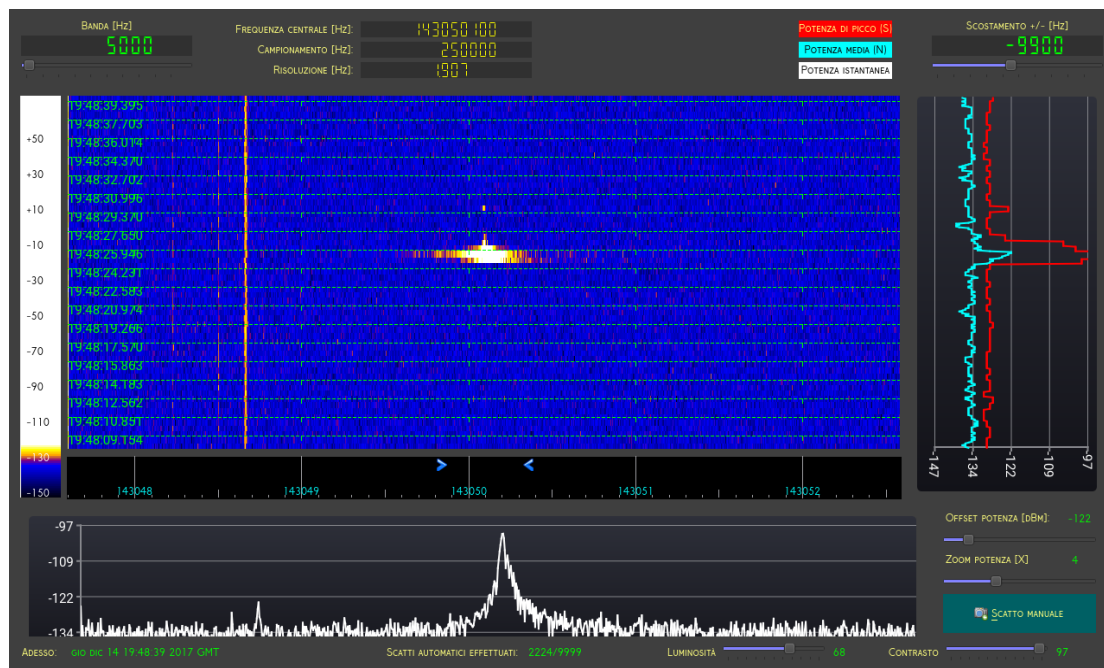


Fig. 17: Short lasting overdense event

Le dernier échantillon (figure 18) montre deux sources fréquentes de faux événements: la station spatiale internationale (ligne pointillée oblique) et un plan (ligne continue oblique). Il est assez facile de vérifier si l'ISS passait au-dessus de notre station lors de la réception d'une telle ligne pointillée en regardant les éphémérides de l'ISS sur des sites comme "Heavens Above" (<http://www.heavens-above.com/>), alors que pour les avions il n'est pas si facile d'associer des avions à de faux événements, en raison du grand nombre d'avions volant dans les secteurs célestes éclairés par Graves (vérifiez sur <https://www.flightradar24.com> par exemple).

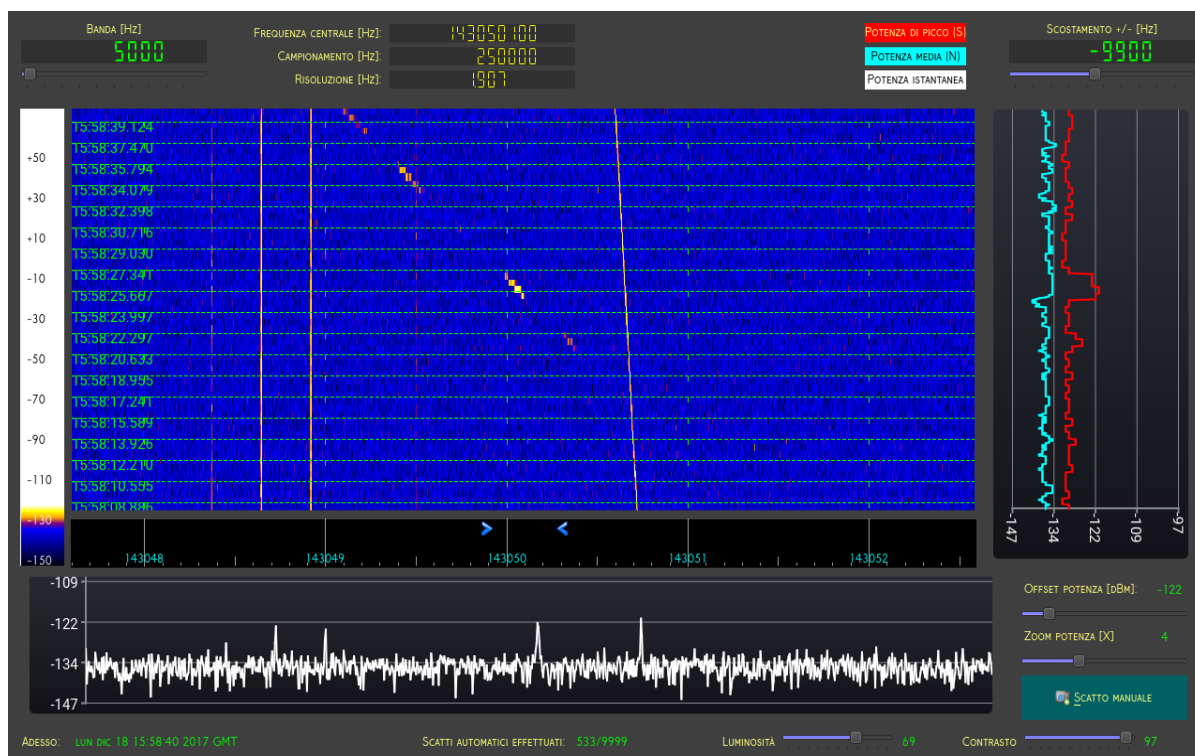


Fig. 18: Avion et ISS

7.4. Contenu des fichiers et convention d'appellation

Echoes lit et écrit les fichiers suivants pendant son exécution:

7.4.1 Fichiers de configuration

Les fichiers de configuration sont des fichiers texte qui peuvent être créés en appuyant sur le bouton "SaveAs" et en donnant un nouveau nom au nouveau fichier. Ces fichiers contiennent des données de configuration au format clé = valeur une par ligne. Si nécessaire, ils peuvent être patché à la main avec un éditeur de texte. En cas d'entrée de données erronées (par exemple, une valeur en dehors de la plage autorisée) *Echoes* la remplacera par un paramètre par défaut.

7.4.2 Fichiers journal

Le fichier *echoes.log* est un journal système créé dans le répertoire de travail, écrasant un précédent si présent. Cela pourrait être intéressant uniquement à des fins de débogage, pour suivre ce que le programme faisait juste avant un crash. Avec le paramètre **-n** sur la ligne de commande, sa verbosité peut être incrémentée lorsque plus de détails sont nécessaires. Les niveaux définis sont:

-n	mnemonic	signification
0	NONE	Le fichier journal n'est jamais créé
1	FATAL	Consigne uniquement les erreurs fatales qui provoquent un blocage immédiat
2	CRITICAL	Consigne également les erreurs critiques entraînant la perte de fonctionnalités
3	WARNING	Consigne également des avertissements sur des situations anormales pouvant entraîner une perte future de fonctionnalité
4	INFO	Consigne également quelques détails sur l'état interne du programme qui ne sont pas présentés sur l'interface graphique
5	DEBUG	Journaux également des messages cryptiques et verbeux à des fins de développement / débogage

Tab. 2: niveaux de journalisation

Sur la plate-forme Linux, *Echoes* utilise la fonction de journalisation du système *syslog* à des fins de journalisation, de sorte que *echoes.log* ne sera pas créé pour éviter les redondances. Le texte envoyé à l'enregistreur peut être envoyé à la sortie standard *also* en spécifiant le paramètre **-v** dans la ligne de commande.

7.4.3 Captures d'écrans

Ce sont des photos .png de la fenêtre cascade produite automatiquement pendant l'acquisition en mode automatique ou périodique. Leur nom de fichier est codé comme suit:

autoshot-<configuration name>-<acquisition start date and time in ISO-8601 format>_<nnnnn>.dat

où les 5 derniers chiffres correspondent au numéro de référence de l'événement / capture d'écran

(colonne 1 dans CSV statistique).

Les captures d'écran peuvent être demandées manuellement à tout moment, quel que soit le mode d'acquisition sélectionné, en appuyant sur le bouton "Prise de vue manuelle" dans le coin inférieur / droit de la cascade.

Les numéros de plans manuels suivent une progression différente (mmmmm) des numéros automatiques (nnnnn) et sont nommés comme suit:

manshot-<configuration name>-<acquisition start date and time in ISO-8601 format>_<mmmmm>.dat

7.4.4 Fichier de table CSV statistique

Ces fichiers sont étiquetés comme:

scan-<configuration name>-< acquisition start date and time in ISO-8601 format>.csv

ce sont des tables de valeurs textuelles séparées par des points-virgules et chaque ligne contient 20 champs décrits ci-dessous:

1. N° d'événement: en mode continu ou périodique, il s'agit d'un numéro de balayage progressif et chaque rangée reçoit un nombre différent (un balayage peut être vu comme une ligne de données complète en cascade, tout en le regardant en pleine bande passante). La numérotation commence à 1 à chaque session d'acquisition.

En mode automatique, le programme a la capacité de détecter les événements de sorte qu'il contienne le numéro d'événement progressif et que seulement 3 lignes soient produites pour chaque événement: le front montant, le pic et le front descendant, tous deux marqués du même numéro.

2. Date de l'analyse / de l'événement en format court local.
3. Temps UTC, y compris les millisecondes.
4. Hz le plus bas: fréquence la plus basse couverte par une chute d'eau à pleine bande passante.
5. Hz le plus élevé: fréquence la plus élevée couverte par une chute d'eau à pleine bande passante.
6. Bande passante: la bande passante de la chute d'eau, différence entre les champs # 5 et # 4.
7. Pas en Hz: résolution FFT ou granularité de cascade.
8. Seuil haut dBfs: niveau de détection de l'élévation de l'événement.
9. Dn seuil dBfs: niveau de détection de front descendant.
10. Plage basse Hz: fréquence la plus basse de la plage de détection d'événement.

11. Plage haute Hz: fréquence la plus élevée de la plage de détection d'événement.
12. Peak dBfs [S]: le signal le plus élevé dans la plage de détection
13. dBfs moyen [N]: valeur moyenne filtrée de l'analyse capturée.
14. Pic (S-N): différence entre les champs 12 et 13.
15. Hz de crête: fréquence où le signal de crête # 12 a été trouvé.

Les champs suivants sont toujours générés afin de garder le nombre de colonnes fixes, mais ils n'ont de sens que dans le mode de détection automatique des événements:

16. Durée [mS]: différence de temps entre les fronts de chute et de montée de l'événement. Cette valeur est différente de zéro uniquement dans les rangées avant, pour des raisons évidentes.
17. Freq shift [Hz]: différence entre les valeurs # 15 de fronts descendants et ascendants, pour calculer l'effet Doppler. Pour les événements de longue durée (overdense), cette information n'est pas fiable.
18. Zone d'écho: est un champ expérimental visant à améliorer la discrimination des faux événements. Il pourrait être supprimé dans les versions futures s'il est trouvé inutile. Cette valeur est différente de zéro uniquement dans les premières lignes. Le nombre de pixels adjacents au # 15 avec une valeur supérieure au seuil inférieur # 9 est additionné et cette opération est répétée jusqu'à ce que le front descendant soit trouvé. La somme qui en résulte devrait donner, sous forme numérique, "l'extension" de l'événement, en plus de sa force qui est déjà représentée par # 14.
19. Statut de l'événement: (mode automatique uniquement): augmenter, augmenter, tomber.
20. Nom du plan: Capturez le nom du fichier associé à cet événement. Ils sont numérotés progressivement et le nombre doit correspondre à celui de la colonne # 1.

Afin d'éviter les problèmes lors de l'importation dans des feuilles de calcul, le point décimal peut être un point ou une virgule, en fonction de la localisation du système. Les lignes suivantes ont été extraites d'un fichier CSV statistique fonctionnant en mode continu:

```
Event nr.;Date;UTC Time;Lowest Hz;Highest Hz;Bandwidth;step Hz;Up threshold dBfs;Dn threshold
dBfs;Range low Hz;Range high Hz;Peak dBfs (S);Average dBfs (N);Peak (S-N) dBfs;Peak Hz;Lasting
[mS];Freq shift [Hz];Echo area [pixel];Event state;Shot name
1;20/11/2017;17:36:43.742;0;2100000;2100000;100;9;7;1500000;1700000;-107,735;-
155,128;47,3925;1517045;0;1517045;0;
2;20/11/2017;17:36:43.847;0;2100000;2100000;100;9;7;1500000;1700000;-107,735;-
155,128;47,3925;1517045;0;1517045;0;
3;20/11/2017;17:36:43.952;0;2100000;2100000;100;9;7;1500000;1700000;-109,277;-
145,731;36,4537;1694602;0;1694602;0;
4;20/11/2017;17:36:44.057;0;2100000;2100000;100;9;7;1500000;1700000;-109,277;-
140,914;31,6372;1694602;0;1694602;;;
```

Les colonnes sont toujours 20 (il y a toujours 19 séparateurs de colonne suivis de retour chariot à la fin) mais la dernière colonne (nom de tir) est vide, puisqu'aucun coup n'est effectué en mode continu. Quoi qu'il en soit, les colonnes de # 16 à # 20 ne contiennent pas de valeurs significatives.

L'exemple suivant provient d'un fichier CSV produit en mode périodique:

```
Event nr.;Date;UTC Time;Lowest Hz;Highest Hz;Bandwidth;step Hz;Up threshold dBfs;Dn threshold
dBfs;Range low Hz;Range high Hz;Peak dBfs (S);Average dBfs (N);Peak (S-N) dBfs;Peak Hz;Lasting
[mS];Freq shift [Hz];Echo area [pixel];Event state;Shot
name201;28/11/2017;06:14:05.327;1100000;2100000;1000000;100;0;7;1500000;1700000;-101,718;-
104,954;3,23603;1501988;0;1501988;0;autoshot_periodic_2017-11-28T06-13-44Z_00001.png
202;28/11/2017;06:14:05.432;1100000;2100000;1000000;100;0;7;1500000;1700000;-101,976;-
104,992;3,01656;1531818;0;1531818;0;autoshot_periodic_2017-11-28T06-13-44Z_00001.png
203;28/11/2017;06:14:05.537;1100000;2100000;1000000;100;0;7;1500000;1700000;-101,539;-
105,057;3,51737;1648295;0;1648295;0;autoshot_periodic_2017-11-28T06-13-44Z_00001.png
204;28/11/2017;06:14:05.642;1100000;2100000;1000000;100;0;7;1500000;1700000;-101,923;-
103,999;2,07562;1594318;0;1594318;;autoshot_periodic_2017-11-28T06-13-44Z_00001.png
```

ici les colonnes # 16 à # 19 n'ont pas de sens, mais # 20 contient le nom du tir. Il est numéroté progressivement; le nombre augmente chaque nombre fixe de balayages, en fonction du réglage des paramètres "durée de tir" et "intervalle de rafraîchissement".

En théorie, le nombre de lignes incluses dans le même plan est égal à

$$\text{shot_duration} / \text{refresh_interval}$$

mais dans la pratique, ce nombre peut être dépassé dans le cas où la vitesse demandée est trop élevée ("temps d'acquisition dépassé" apparaît sur la barre d'état).

Le dernier échantillon provient d'une session d'acquisition en mode automatique:

```
15;16/12/2017;23:14:56.807;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-51,3068;-
125,572;74,2648;1559949;0;0;0;Raise;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00015.png
15;16/12/2017;23:14:56.912;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-51,3068;-
125,572;74,2648;1559949;90;0;0;Peak;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00015.png
15;16/12/2017;23:14:58.628;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-110,605;-
114,548;3,94267;710888;1751;-849061;18.126;Fall;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00015.png
16;16/12/2017;23:15:18.553;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-51,2673;-
124,426;73,1589;1531914;0;0;0;Raise;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00016.png
16;16/12/2017;23:15:18.763;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-51,2673;-
125,241;73,9734;1531914;205;0;0;Peak;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00016.png
16;16/12/2017;23:15:20.339;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-110,487;-
114,309;3,82191;2188735;1861;656821;21.839;Fall;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00016.png
17;16/12/2017;23:15:37.146;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-51,1808;-
134,802;83,6212;1545932;0;0;0;Raise;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00017.png
17;16/12/2017;23:15:37.251;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-51,1808;-
135,243;84,0625;1545932;95;0;0;Peak;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00017.png
17;16/12/2017;23:15:38.617;0;3200000;3200000;97,6562;9;7;0;3200000;-110,66;-
114,476;3,81619;2747434;1531;1201502;20.737;Fall;autoshot_default_2017-12-16T23-10-10Z_00017.png
```

où les lignes apparaissent en paires - levant et tombant devant délimitant un événement - et chaque paire a son coup connexe. Tous les champs contiennent des valeurs valides, mais les valeurs # 16, # 17 et # 18 sont nulles dans le front montant.

7.4.5 Fichiers de tracés

Les fichiers de tracé sont produits uniquement lorsque la case "Sortie GNUplot" est cochée. Ils sont réalisés avec n'importe quel mode d'acquisition, dans le format sélectionné par le sélecteur "Type de tracé". Pour chaque session d'acquisition, un fichier de commande GNUplot (.plt) est créé. Il contient les commandes GNUplot nécessaires pour afficher correctement les fichiers de données de

tracé (.dat).

Considérons maintenant les types de tracés "2D-colorées" et "3D-perspective".

La convention de dénomination de ces fichiers est la suivante:

spectra-<configuration name>-< acquisition start date and time in ISO-8601 format>.plt

Les fichiers de commandes sont de simples fichiers texte ASCII, qui peuvent être modifiés ultérieurement pour mieux répondre aux besoins de l'utilisateur. Il existe de nombreux exemples sur le site gnuplot.info pour apprendre à personnaliser les parcelles.

Lors de l'ouverture du fichier de commande avec GNUplot, il va démarrer une présentation séquentielle de tous les fichiers de tracé générés au cours de la session. Une petite boîte de dialogue apparaît pour afficher l'intrigue suivante, jusqu'à la fin. La boîte peut être traînée dans un coin avec la souris. La fenêtre de traçage prend en charge certaines commandes clavier / souris pour zoomer / décaler / faire pivoter l'intrigue. Les graphiques peuvent également être enregistrés en tant que fichiers image.

Les données de tracé sont toujours des fichiers ASCII. Les fichiers de données produits en mode périodique ou automatique suivent cette convention de nommage:

spectra-<configuration name>-< acquisition start date and time in ISO-8601 format>_<nnnnn>.dat

où les 5 derniers chiffres correspondent au numéro de référence de l'événement / capture d'écran (colonne 1 dans CSV statistique). En mode continu, ce numéro n'est pas fourni.

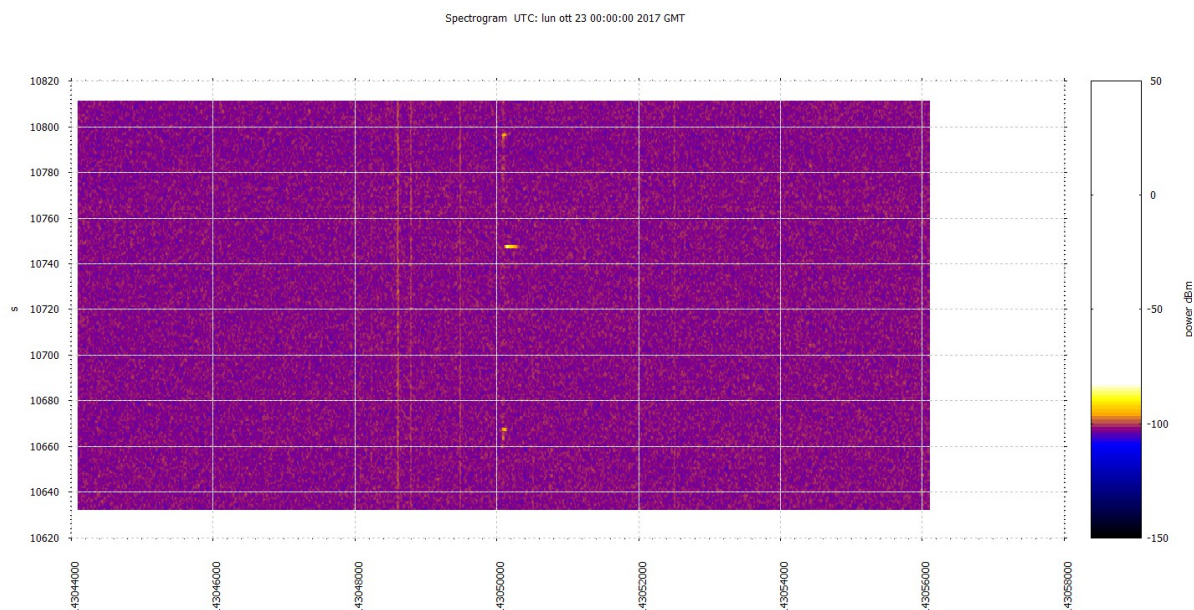


Fig. 19: Les spectres en couleurs 2D des échos capturés à partir du radar GRAVES.

Les lignes suivantes proviennent d'un fichier de données de tracé, pris en cours d'exécution dans le modèle de test. Il n'y a pas de différence dans le format des données pour les graphiques 2D et 3D, ils peuvent être tous deux tracés à partir des mêmes données. C'est seulement le fichier de commande GNUplot qui fait la différence.

Chaque ligne représente les trois informations enregistrées dans le pixel d'une cascade. Le nombre de pixels enregistrés par balayage est en effet limité à l'ensemble de la plage de détection de crête (par.6.3.4) afin de garder le fichier compact.

La première colonne est le temps en secondes, à partir du début de la session d'acquisition (la date / heure UTC absolue du début de la session est codée dans le nom de fichier). La deuxième colonne est la fréquence du point FFT en Hz (dans le modèle de test, il n'y a pas de dongle, donc pas de syntoniseur.) La fréquence de syntonisation est toujours définie comme la moitié de la fréquence d'échantillonnage maximale: 1,6 MHz).

La troisième colonne est la puissance en dBfs.

```

37.100    2092897    -105.22
37.100    2094318    -103.77
37.100    2095738    -102.57
37.100    2097159    -106.38
37.100    2100000    -104.60    37.100    -104.61    -101.41    3.20 <--- last point
                                     <--- end of scan
37.200    1100000    -105.05                                     <--- starting the next scan
37.200    1101420    -104.32
37.200    1102840    -102.98
37.200    1104261    -105.25

```

À la fin de chaque analyse, les 4 colonnes suivantes sont ajoutées à la dernière ligne:

La quatrième colonne est une répétition de la première: le temps en secondes.
La cinquième colonne est le niveau de signal moyen dans le balayage (N).
La sixième colonne est le niveau de signal maximum dans le balayage (S).
La septième et dernière colonne est la différence (S-N) dans le balayage.

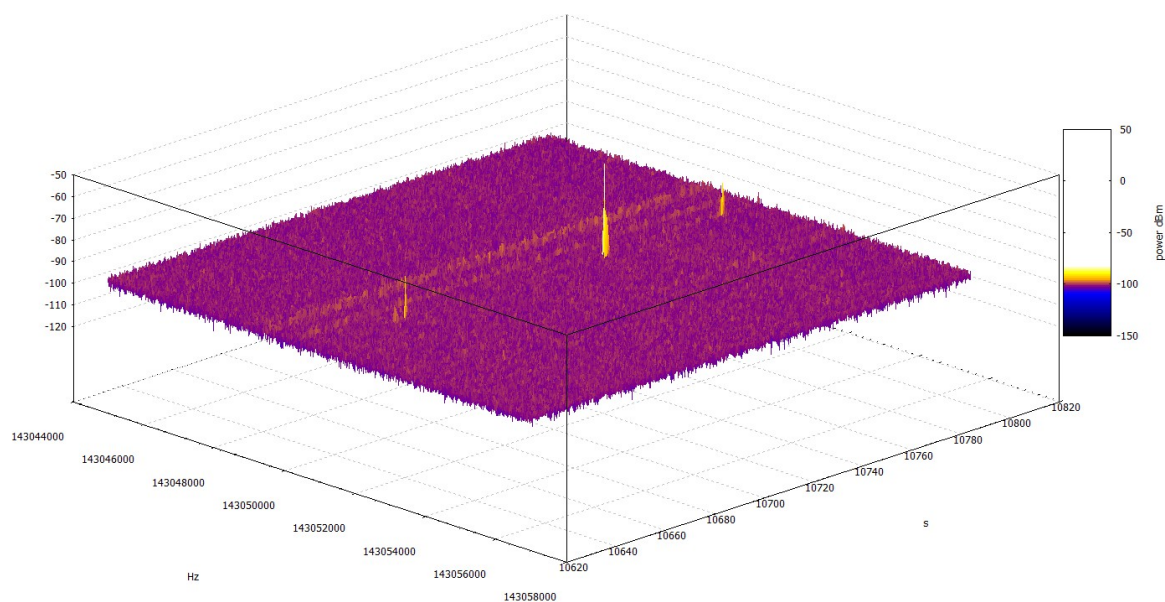


Fig. 20: Les mêmes données montrées dans la figure précédente sont maintenant tracées en 3D

Considérant maintenant le type de tracé "Puissance totale 2D", le fichier de données produit est constitué uniquement de lignes qui forment la dernière colonne 4 décrite ci-dessus. Le graphique de puissance totale est établi uniquement en fonction de la statistique du balayage et non des données de spectre complètes. Cette caractéristique rend ce format plus attrayant pour les enregistrements continus puisque le fichier de données prend beaucoup moins d'espace sur le disque par rapport aux données spectrales complètes. L'intrigue résultante ressemble au graphe "historique de puissance" à la droite de la cascade (paragraphe 6.4.1.)

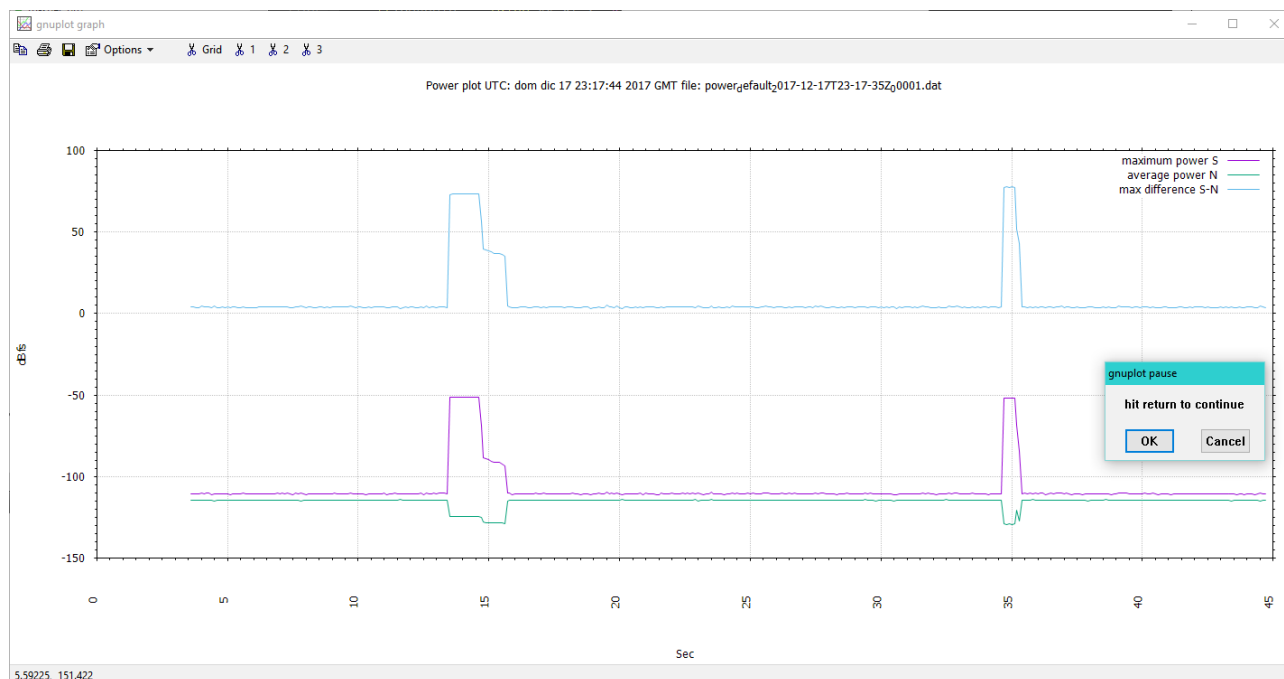


Fig. 21: Échantillon de diagramme de puissance totale 2D

Les fichiers de données d'alimentation produits en mode périodique ou automatique suivent cette convention de nommage:

power-<configuration name>-< acquisition start date and time in ISO-8601 format>_<nnnnn>.dat

où les 5 derniers chiffres correspondent au numéro de référence de l'événement / capture d'écran (colonne 1 dans CSV statistique). En mode continu, ce numéro n'est pas fourni.

7.4.6 Rapport journalier

C'est un court fichier de table CSV qui reprend les comptes de tous les événements capturés contenus dans les fichiers CSV de statistiques trouvés dans le répertoire de travail. Il y a une ligne par jour couverte par ces fichiers et les événements trouvés sont comptés séparément heure par heure et discriminés par des durées de temps en sous-densité, en surdensité et en contrefaçon. Le groupe de colonnes le plus à droite contient les totaux quotidiens. Ce fichier est régénéré automatiquement chaque fois que l'acquisition est arrêtée.

Ces fichiers sont étiquetés comme suit :

daily-<configuration name>-< acquisition start date and time in ISO-8601 format>.csv

Pour éviter la création de rapports quotidiens redondants, Echoes supprime les rapports existants trouvés dans le répertoire de travail avant de créer le plus récent.

	A	B	C	D	E	F	G	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	
1	Echoes - DAILY REPORT																	
2	Data:	Ora UTC: 00h							23h						Daily totals			
3			Total	overdense	underdens	fakes			Total	overdense	underdens	fakes			Total	overdense	underdens	fakes
4	gio dic 14 2017	06:19:51	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	50	23	27	0	
5	gio dic 14 2017	06:44:34	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	20	8	12	0	
6			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
7			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
8	gio dic 14 2017	20:33:30	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	20	7	13	0	
9			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
10			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
11	ven dic 15 2017	06:49:57	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	8	4	4	0	
12	ven dic 15 2017	06:56:23	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	12	6	6	0	
13			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
14	sab dic 16 2017	23:19:00	0	0	0	0	0		56	23	33	0	...	56	23	33	0	
15	sab dic 16 2017	23:37:40	0	0	0	0	0		1572	0	0	1572	...	1572	0	0	1572	
16	sab dic 16 2017	23:42:14	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
17	dom dic 17 2017	13:20:24	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
18	dom dic 17 2017	13:26:30	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	37	15	22	0	
19	dom dic 17 2017	22:53:24	0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	18	6	12	0	
20			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
21			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
22			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
23			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
24			0	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0	0	0	0	
25	dom dic 17 2017	23:21:38	0	0	0	0	0		24	13	11	0	...	24	13	11	0	
26																		
27																		

Fig. 22: Partial view of a daily report table

7.4.7 Rapport complet

Le rapport complet est un document html dynamique créé uniquement par requête dans le répertoire de travail, toujours nommé fullreport.html. Il peut être ouvert avec un navigateur puis enregistré en pdf pour en faire un document plus portable et compact. [Travail en cours ..]

7.5. Ecrans de test

Quand aucun dongle RTL-SDR n'est connecté, le programme commence à demander de commencer la lecture du motif de test. Après avoir appuyé sur "Ok", dans le premier onglet ("Device") de la fenêtre principale "Test pattern" est affiché sous la commande "Device" (Fig. 5). Les modèles de test sont nés principalement à des fins de développement, mais ils peuvent être un moyen simple de tester certaines fonctionnalités du programme, même sans les dongles à portée de main.

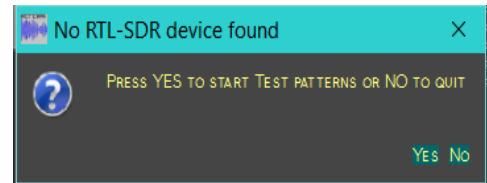


Fig. 23: Test patterns message box

Les modèles disponibles sont deux. Lors du démarrage en mode continu, le générateur de fonction (bloc jaune sur la figure 2) produit une onde sinusoïdale de balayage, ce qui donne les spectres montrés sur la figure 10. Les caractéristiques de cette onde peuvent être modifiées en fonction de la fréquence d'échantillonnage les commandes de gain (amplitude de l'onde) et de résolution (pas de balayage) (§ 6.3.2 et 6.3.3).

Avec les modes périodiques et automatiques, le générateur de fonctions simule à peu près les événements de météores, distancés par un intervalle de temps pseudo-occasionnel entre 100 et 600 fois l'intervalle de rafraîchissement.

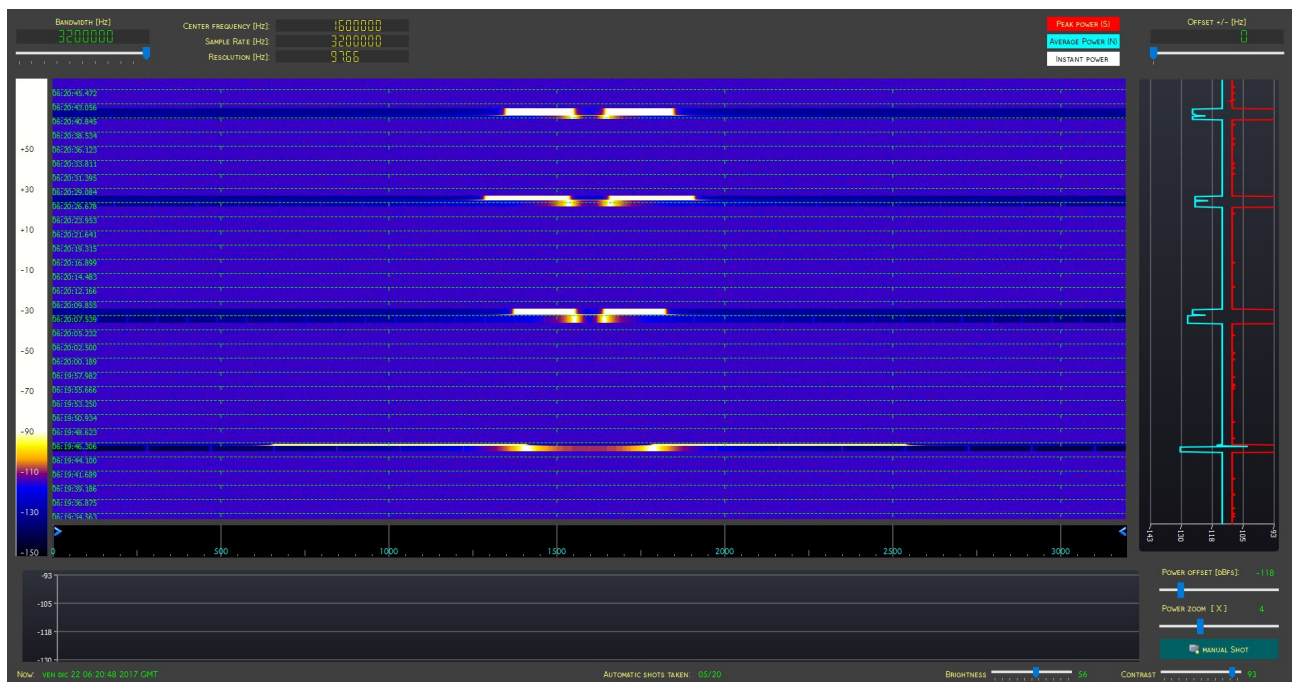


Fig. 24: modèles de test en mode automatique

Cela ne ressemble pas vraiment à des échos de météores, mais ils sont quand même bons pour vérifier les captures d'écran et la génération de tracés, et même la production de rapports.