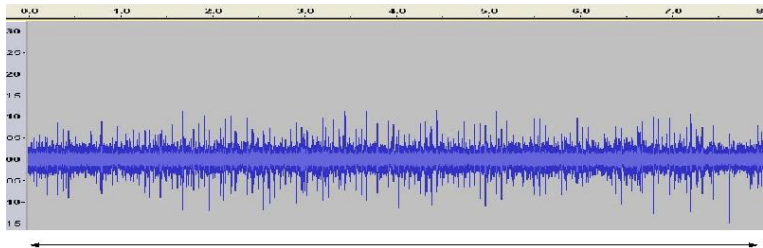


Essai de détection automatique d'échos de météores au moyen de techniques de traitement d'images.

Paramètres du spectrogramme

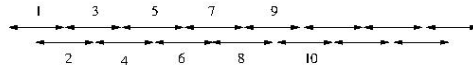


1.619.968ech. ou 293.9s

Fs=5513ech./s

window=16384 ech. NFFT=16384 ech.

calcul FFT



noverlap = 14746 ech. = 90%

Ce spectrogramme est une matrice de 8193 lignes et 1000 colonnes <->
5513/2 Hz et 300s

$$\text{Nombre de lignes} = \frac{NFFT}{2} + 1 = \frac{16384}{2} + 1 = 8193$$

$$\text{Nombre de colonnes} = \frac{1653759 - 14746}{16384 - 14746} = 1000$$

Fréquence de 0Hz à FS/2 c-à-d de 0Hz à 2756.5Hz

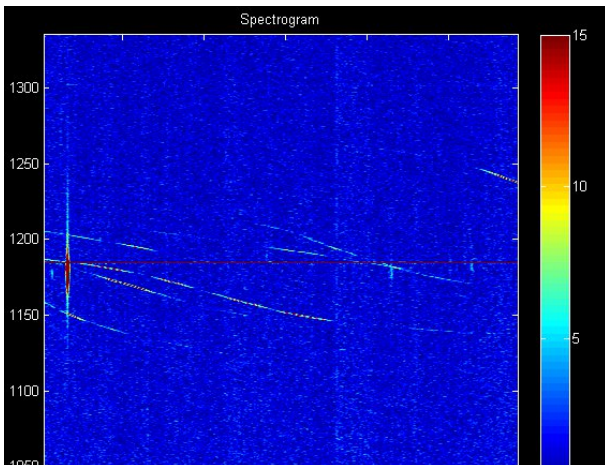
Temps de 0 à 300s environ.

$$f = 2756.5 \text{ Hz}$$

$$t = 300 \text{ s}$$

spectrogramme

Pour afficher le spectrogramme, on extrait 300Hz centrés sur la porteuse
càd 892 lignes.



Notre spectrogramme est une image de :

$892 \text{ lignes} \times 1000 \text{ colonnes}$ ou $300 \text{ Hz} \times 300 \text{ s}$

dans laquelle :

$1 \text{ pixel} = 0.34 \text{ Hz} \times 0.30 \text{ s}$

spectrogramme en chiffre

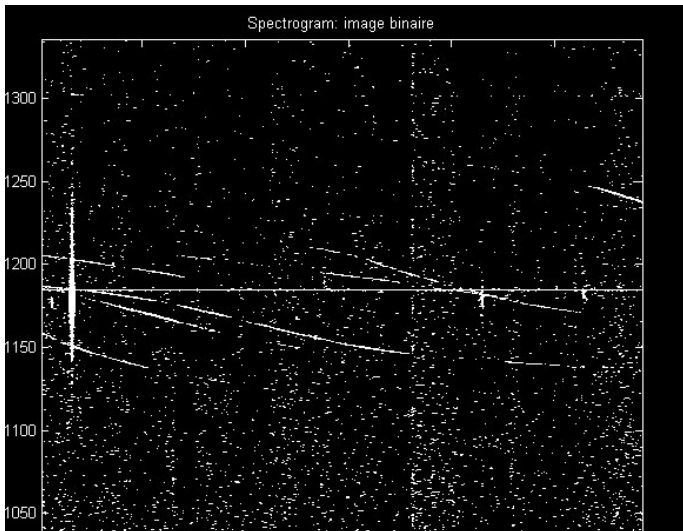
Voici un extrait de notre spectrogramme.
On reconnaît la porteuse aux lignes 444,445 et 446.

	1	2	3	4	5	6	7	8
436	0.9548	0.5453	0.0746	0.5253	0.9244	1.2474	1.4321	1.5684
437	1.1290	0.8053	0.2519	0.6835	0.9343	0.7917	0.4820	0.4008
438	1.9838	2.0257	2.2342	2.0005	1.7742	1.5495	1.0430	0.5681
439	1.8488	2.0067	1.4837	1.2865	1.2296	1.3459	1.6110	1.4791
440	1.1957	0.9122	0.8999	0.7183	0.7424	1.0613	1.3626	1.7967
441	0.7558	0.4201	0.6010	1.0813	1.0481	0.5293	0.0646	0.8096
442	2.2024	2.3869	2.2667	1.9700	1.6587	1.3887	1.1318	0.9581
443	1.0281	1.2476	2.0545	2.0316	1.5959	1.2008	0.8498	0.9187
444	18.0530	17.2846	16.5618	15.4862	14.5458	14.5481	15.4844	16.6926
445	30.2220	31.1191	31.6298	31.8744	31.8106	31.5491	31.3096	31.1509
446	9.3967	10.8430	12.1587	12.8118	12.8053	12.2000	11.0320	9.7946
447	0.6380	1.4926	1.8301	1.6146	1.0141	0.6832	1.5426	2.3750
448	1.8511	2.6832	3.0552	3.1893	3.2945	2.9112	2.3223	2.0177

transformation en image logique

On va mettre à zéro les valeurs inférieures à deux fois la moyenne des valeurs du spectrogramme. Les autres valeurs seront mises à 1.
Nous obtiendrons une matrice nulle sauf en présence de pixels isolés, de la porteuse, des avions et des météores.

spectrogramme en image logique



voisinage porteuse

Nous obtenons ceci au voisinage de la porteuse.

Sbw <892x979 double>

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
144	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
145	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
146	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
147	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
148	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
150	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
151	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
152	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
153	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

voisinage d'un avion

Nous obtenons ceci au voisinage d'un avion.

DOM <09/09/9 0000>

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
356	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
357	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
358	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
359	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
360	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
361	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
362	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
363	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
364	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
365	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
366	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
367	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
368	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
369	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

voisinage d'un météore

Nous obtenons ceci au voisinage d'un météore.

Sbw <692x979 double>

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
414	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
415	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
416	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
417	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
418	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
419	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
420	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
421	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
422	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
423	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
424	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
425	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
426	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
427	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
428	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
429	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
430	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
431	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
432	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
433	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
434	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
435	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

critère de sélection

Un écho de météore est, dans un premier temps, un objet qui résiste à une érosion verticale de 13 pixels (4.7Hz).

Cette érosion permettra d'éliminer les pixels isolés, la porteuse et les traces d'avions.

érosion

Soient l'élément structurant et la matrice suivante :

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

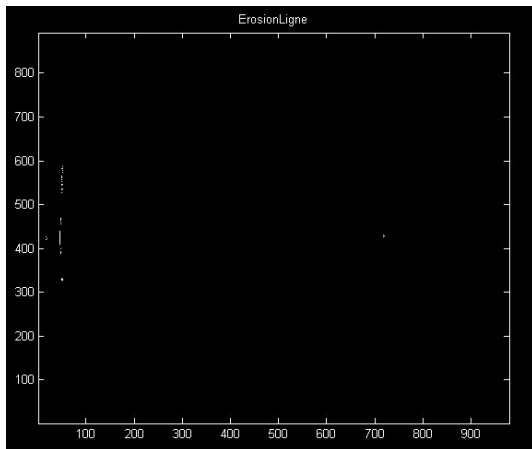
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	1	1	0	0	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12								
13								
14								

Le résultat de l'érosion de la matrice par l'élément structurant est :

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	1	0
5	0	0	0	1	0	1	1	0
6	0	1	0	1	1	0	1	1
7	0	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12								

résultat de l'érosion verticale

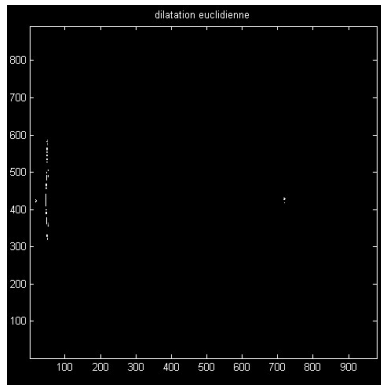
Le résultat de l'érosion verticale de 13 pixels sur le spectrogramme précédent est :



regroupement des éléments presque connexes

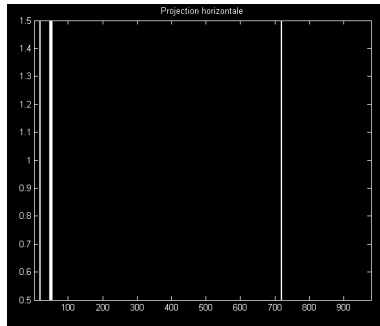
L'érosion verticale a éliminé les pixels isolés, la porteuse et les avions mais a divisé les échos en plusieurs morceaux.

On va effectuer un premier regroupement en dilatant les objets de 1 pixel suivant une distance euclidienne



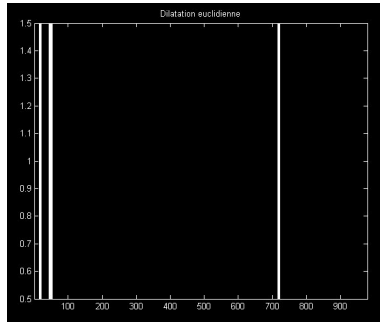
projection horizontale

Les différents objets sont superposés sur des lignes verticales. On va donc effectuer une projection.



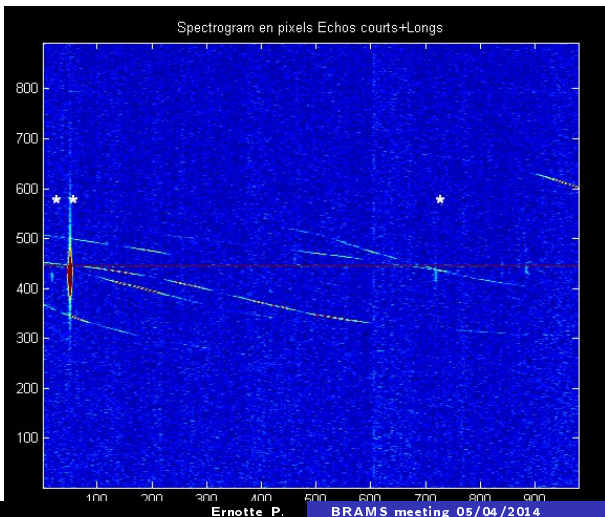
regroupement des éléments presque connexes

On va réaliser une nouvelle dilatation euclidienne pour éviter qu'un météore long ne soit découpé en plusieurs courts.



résultat final

résultat final : on compte le nombre de lignes verticales

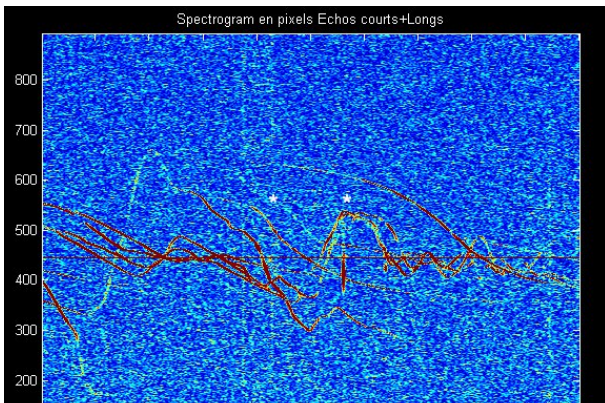


problème des intersections d'avions

Dans le cas présent (assez fréquent), on détectera 26 échos!!!.

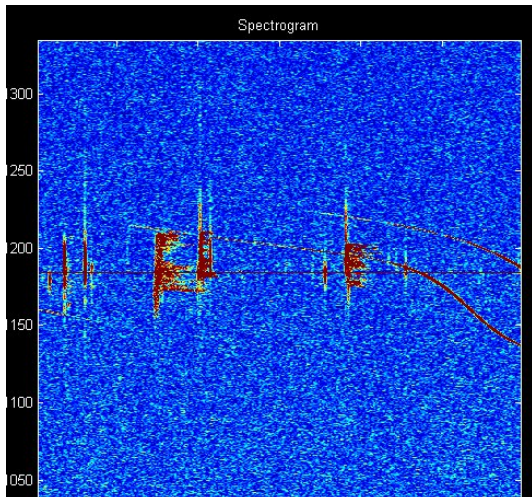
On réalisera une érosion oblique de 11 pixels pour éliminer les avions et les intersections d'avions.

Dans cet exemple, seuls les deux échos courts sont détectés.

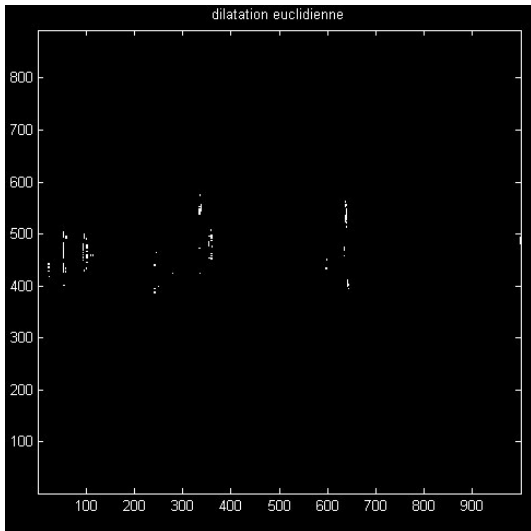


exemple avec des météores longs

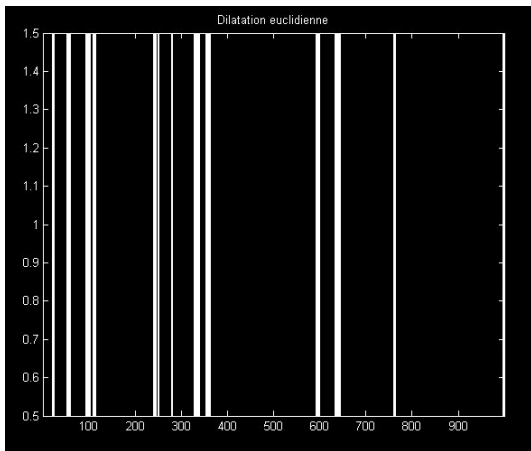
exemple :



résultat après érosions

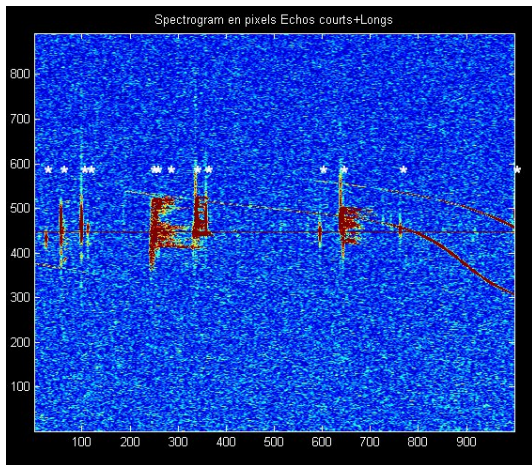


résultat de la projection



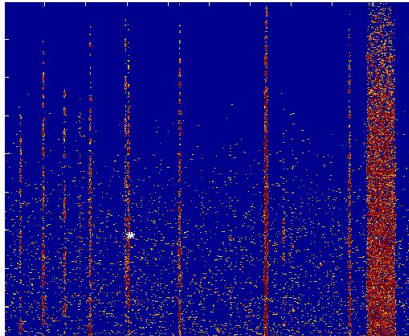
résultat final

Un écho long est compté trois fois.

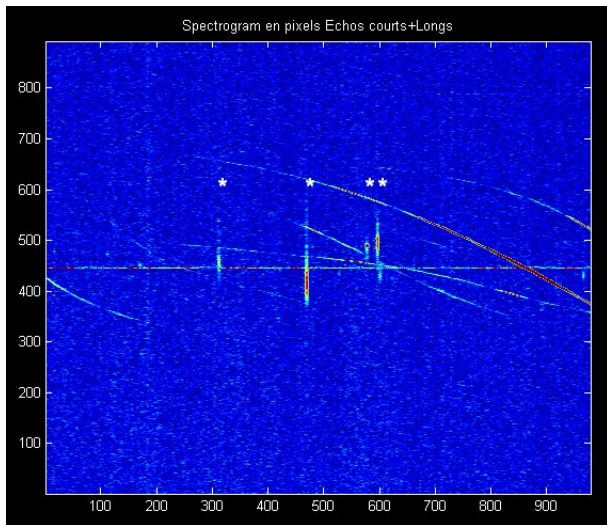


parasites, orages et éruptions solaires

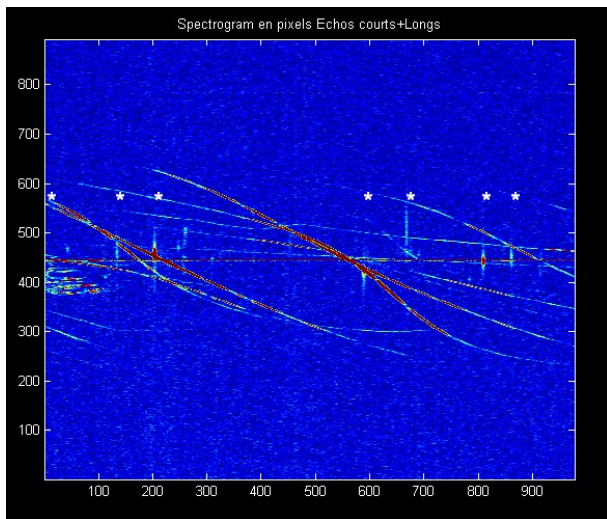
Un parasite, un éclair ou une éruption solaire sont caractérisée par une raie verticale sur toutes les fréquences (ou presque).
Si un objet est détecté dans une bande supérieure de 100 pixels (36Hz), on mettra toute la colonne correspondante à zéro.
Dans cet exemple, une détection d'éclair subsiste.



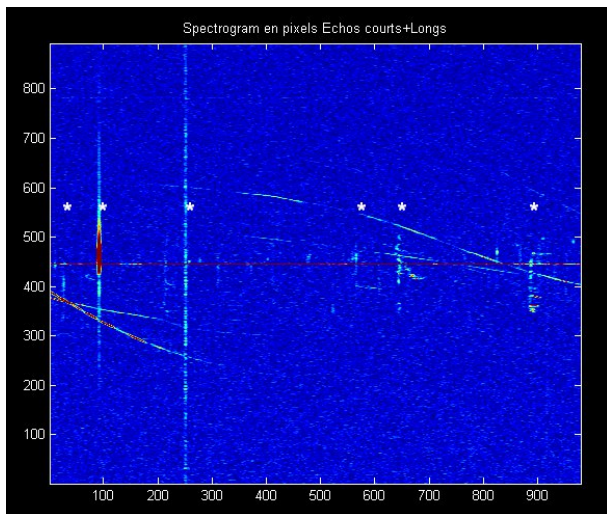
autre exemple : 201110081720



autre exemple : 201110081830



autre exemple : 201110081905

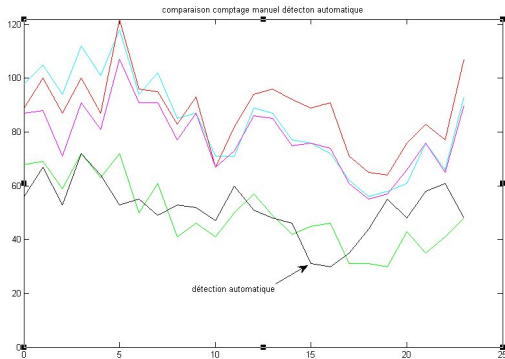


Campagne de test

Une journée d'enregistrement (BEUCCL-2011-10-07) a été comptée par 4 observateurs.

La comparaison a été effectuée avec la détection automatique.

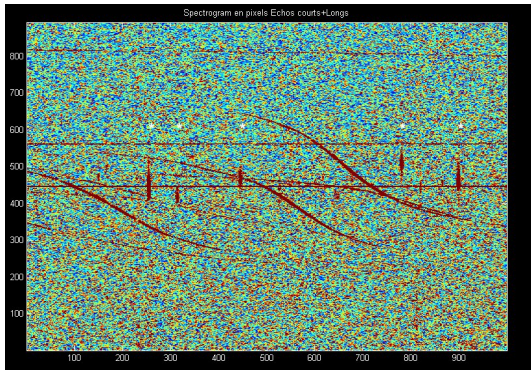
L'analyse invalide cette méthode de détection automatique :



Exemple BEUCCL20111007 :0505

Le programme compte 5 échos.

La station de Uccle génère beaucoup de bruit



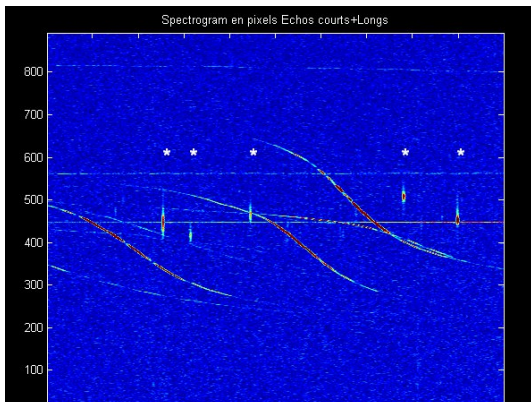
Exemple BEUCCL20111007 :0505

Le programme compte 5 échos.

On normalise le spectrogramme comme le fait Brams Viewer.

Les observateurs en comptent respectivement 5, 7, 8 et 10

Des échos TRES faibles sont comptés par certains observateurs.



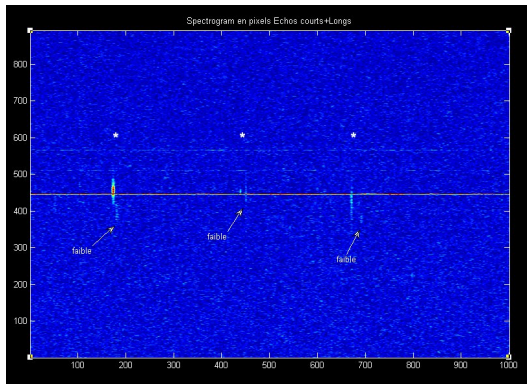
Exemple BEUCCL20111007 :0010

Le programme compte 3 échos.

Les observateurs en comptent respectivement 6, 7, 6 et 7

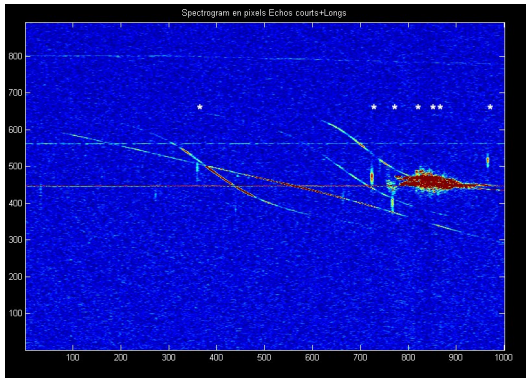
3 échos faibles ne sont pas détectés. Ils ne résistent pas à l'érosion.

Les deux premiers échos faibles sont audibles. Le troisième ne l'est pas.



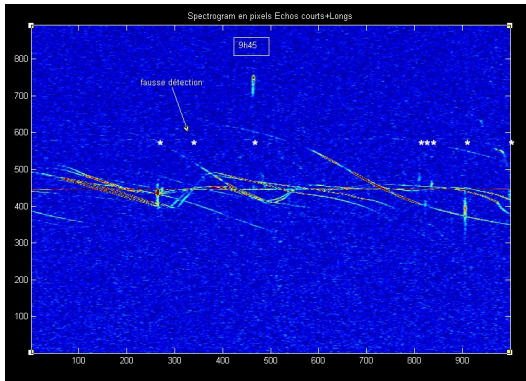
Exemple BEUCCL20111007 :0510

Le programme compte 7 échos. Un écho long est compté 3 fois.
Les observateurs en comptent respectivement 5, 9, 10 et 9



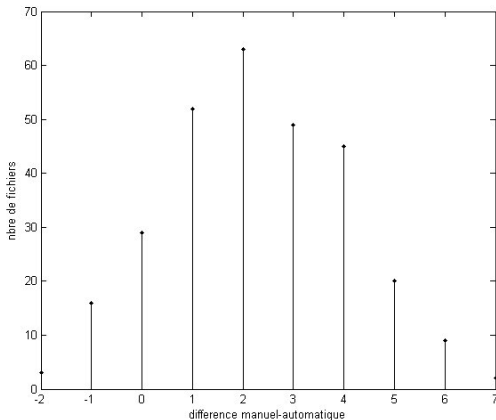
BEUCCL20111007 :0945 intersections d'avions

Le programme traite assez bien les intersections d'avions.



différence entre les comptages manuels et automatiques

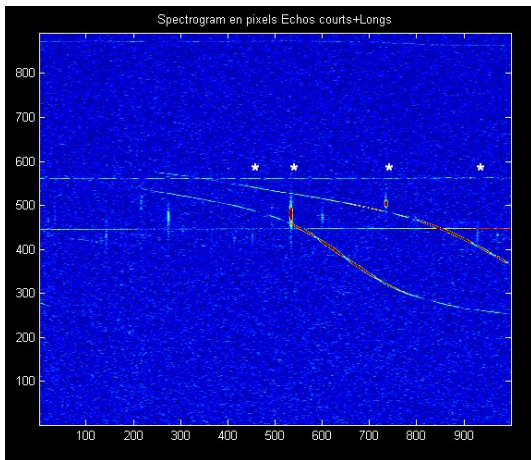
Sur un total de 288 fichiers.



le pire des cas

Le programme détecte 4 échos.

Les observateurs en comptent 8,11,12 et 13



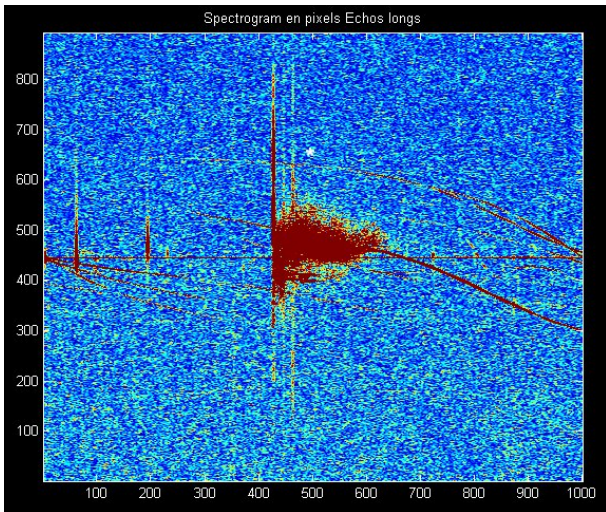
Conclusions

- le programme commet certaines erreurs surtout pour les échos longs (pas de détection ou détection multiple)
- il ne détecte pas les échos très faibles (ou à peine visibles)
- Comment écrire un programme qui détecte des échos très faibles et qui élimine les avions (et les intersections d'avions) ?
- Quelle est la limite entre un écho court et un bruit ?
- Peut-être faut-il commencer par identifier les avions et les éliminer ?

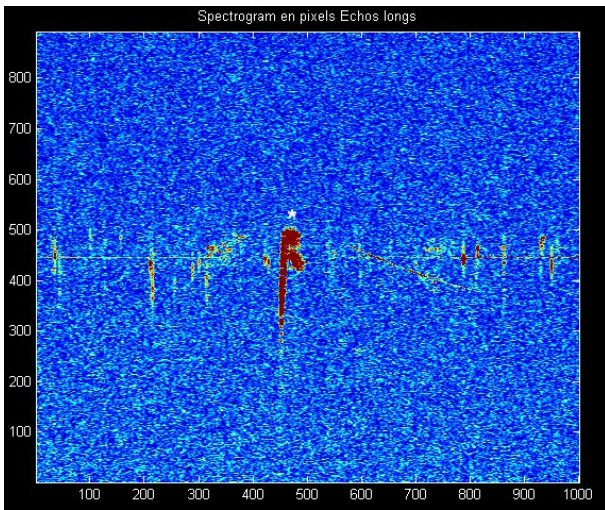
Programme de détection : échos longs seuls

- on effectue une dilatation (au moyen de rectangles de 15 lignes et 4 colonnes) autour des points détectés par le programme précédent
- on enlève les points obtenus au spectrogramme afin d'éliminer les échos courts
- on érode suivant une ligne verticale de 18 pixels pour éliminer les avions (et les intersections d'avions)
- on dilate suivant un rectangle (8 lignes, 15 colonnes) pour éviter les doublons et pour favoriser les échos étalés
- on labellise
- on ne compte que les objets qui contiennent plus de 400 pixels

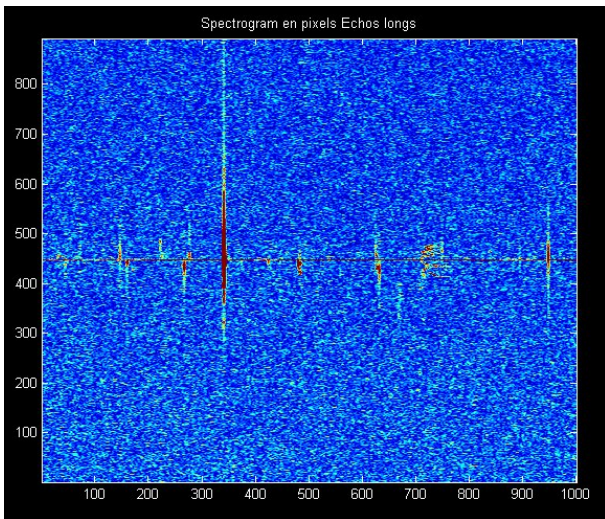
échos longs seuls : exemple



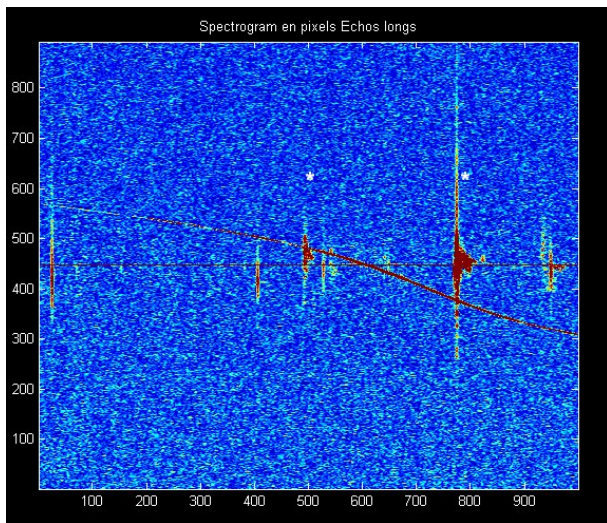
échos longs seuls : exemple



échos longs seuls : exemple

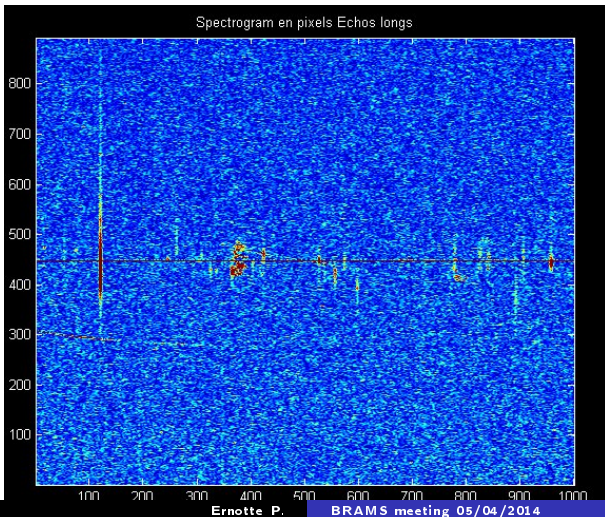


échos longs seuls : exemple



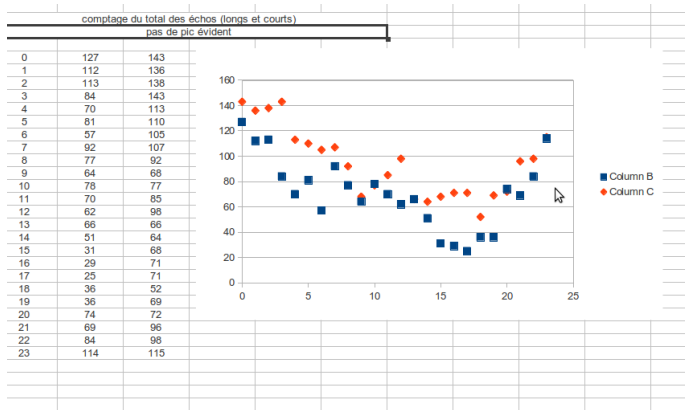
échos longs seuls : exemple

pas d'écho long détecté



Perséides : 13/08/13 courts + longs comptage automatique

La colonne B représente le comptage horaire des échos du 17/04/2013 et la colonne C représente le comptage horaire des échos du 13/08/2013. Il n'y a pas de maximum apparent.

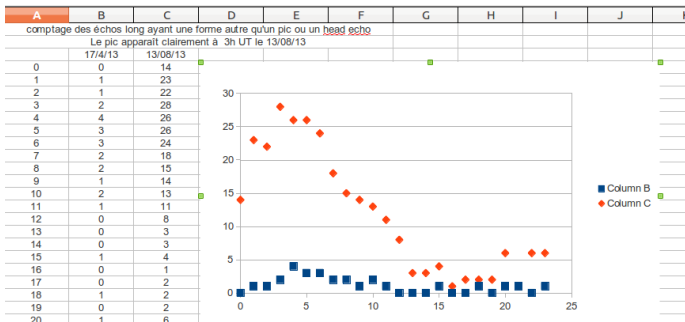


Perséides : 13/08/13 longs (qui ont une forme autre qu'un pic) comptage manuel

Le diagramme suivant représente le comptage horaire MANUEL des échos longs pour le 13/08/2013.

Un écho est long s'il a une forme autre qu'un pic. (écho "étalé" dans le temps).

Un maximum apparaît clairement à 3h UT



Perséides 2013 : conclusion

La période concernée compte une majorité d'échos longs. Le comptage automatique des échos courts+longs ne fait pas apparaître de maximum mais un comptage MANUEL des échos longs fait apparaître un pic vers 3h UT le 13/08/2013.

La détection automatique des échos longs seuls est un défi encore plus difficile mais indispensable.