

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 78 (2020)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Système de détection de météores et d'aéronefs  
**Autor:** Willemin, Cédric  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1007088>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

La radioastronomie à la portée des amateurs

# Système de détection de météores et d'aéronefs

Le radar militaire français GRAVES (Grand Réseau Adapté à la VEille Spatiale) émet des ondes électromagnétiques en permanence sur la fréquence de 143.05 MHz. Les antennes émettrices du réseau GRAVES sont situées entre Dijon et Vesoul, dans le département français de Haute-Saône (cf. Figure 1). Les ondes générées par le radar sont réfléchies par tout objet électriquement conducteur, comme par exemple des satellites ou des avions. Le signal réémis par l'objet est réceptionné par un réseau composé d'une centaine d'antennes, situé sur le plateau d'Albion.

La détection de météores et d'aéronefs est réalisée selon le même principe. L'antenne émettrice est celle du radar GRAVES et la réception est effectuée au moyen d'une antenne Ground-Plan  $\frac{3}{4} - \lambda$  (cf. Figure 2), placée sur la toiture de la halle de gymnastique du Gymnase de la rue des Alpes à Bienne. Un tel système est communément qualifié de radar bistatique, car l'émetteur  $T_x$  est significativement éloigné géographiquement du récepteur  $R_x$  (cf. Figure 3).

Si l'objet est en mouvement, l'onde réfléchie verra sa fréquence augmenter ou diminuer en fonction de sa vitesse radiale par rapport au radar, mais aussi par rapport au mouvement de l'observateur. Ce

phénomène de décalage de fréquence  $\Delta f$  est connu sous la dénomination d'effet *Doppler-Fizeau*.

$$\Delta f = f_{TX} - f_{RX}$$

où  $f_{TX}$  est la fréquence émise par le radar et  $f_{RX}$  la fréquence captée par l'antenne. Les objets qui réfléchissent l'onde se déplacent à une vitesse relativement élevée dans le cas d'un météore et bien plus faible s'il s'agit d'avions. En ayant connaissance de la trajectoire du météore, il est possible dès lors de localiser son éventuel point d'impact sur notre planète.

**Figure 2:** Système de réception placé sur le toit de la Halle de gymnastique du Gymnase des Alpes à Bienne. Un préamplificateur est placé directement sur le mât de l'antenne pour gagner en qualité de signal.

Image: Cédric Willemin





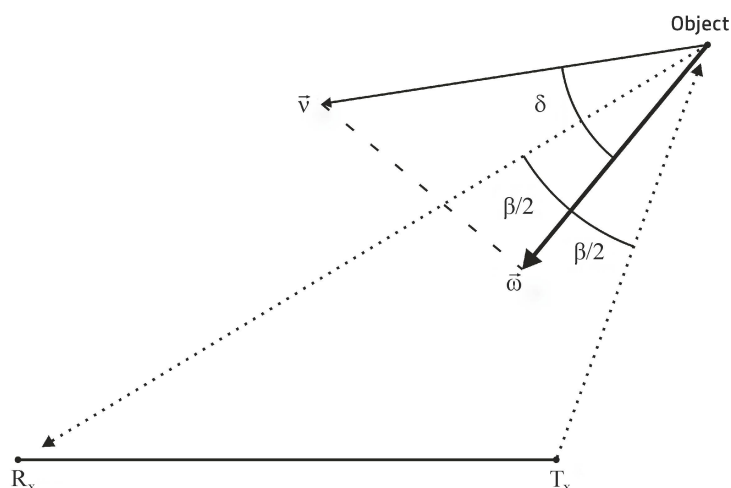
**Figure 1:** Emetteurs du radar GRAVES, situé entre Dijon et Vesoul. Fréquence d'émission à 143.05 MHz.

Image: Cédric Willemin

$$\Delta f = \frac{2f_{TX} \cdot \cos(\beta/2)}{c} \cdot \cos \delta \cdot |\vec{v}|$$

La constante  $c$  correspond à la vitesse de la lumière, soit environ  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s. L'angle bistatique  $\beta$  n'est pas connu mais peut être estimé ; sa valeur étant relativement faible lorsque le signal provient d'un météore ou d'un satellite et est plus élevé pour un avion.

Malheureusement, la vitesse  $\vec{v}$  et la position de l'objet ne peuvent pas être définies avec une seule station de réception, car l'angle  $\delta$  (cf. Figure 3) est inconnu. Mais il est néanmoins possible de définir la projection de la vitesse sur l'angle bistatique  $\omega$ .



**Figure 3:** Représentation géométrique du radar bistatique. L'émetteur est éloigné du récepteur. L'angle correspond à l'angle bistatique.

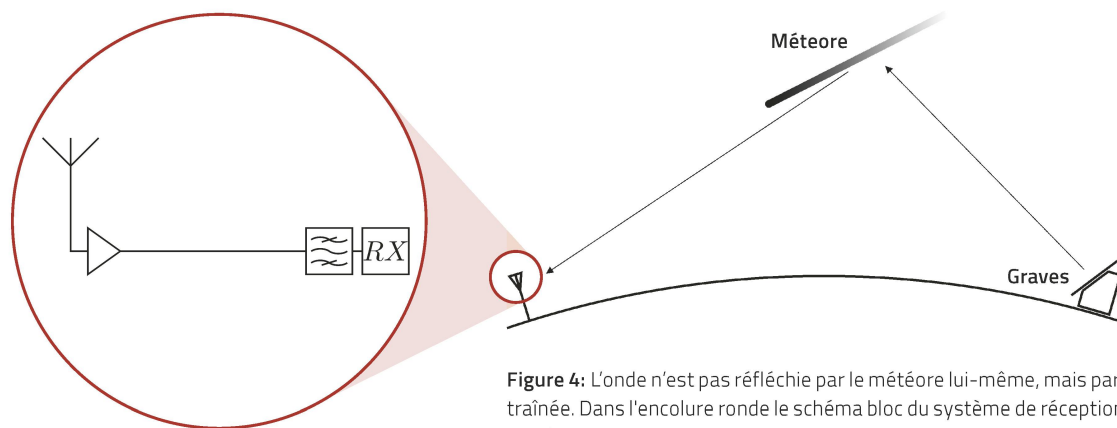
Figure: Cédric Willemin

Dans les années 1940, une expérience similaire avait déjà été réalisée. Par contre, la technologie de l'époque ne permettait pas d'atteindre les résultats actuels. Le but d'alors était d'écouter l'écho des météores sous forme sonore. Les fichiers audio étaient enregistrés sur des bandes magnétiques, technologie totalement obsolète de nos jours.

### ACQUISITION DES DONNÉES

Un météoroïde (terme désignant un météore lorsqu'il est encore dans l'espace) pénètre dans la mésosphère, couche de l'atmosphère située à une centaine de kilomètres d'altitude, à une vitesse hypersonique. L'onde incidente est réfléchiée par la traînée d'ionisation formée par le météore lors de sa chute dans l'atmosphère (cf. Figure 4). L'onde émise par le radar est également réfléchiée par des satellites, avions et autres objets conducteurs.





**Figure 4:** L'onde n'est pas réfléchi par le météore lui-même, mais par sa traînée. Dans l'enclosure ronde le schéma bloc du système de réception placé sur le toit de la Halle de gymnastique du Gymnase des Alpes de Bienne.

Figure: Cédric Willemin

L'onde réfléchi est captée par le système de réception via l'antenne Ground-Plan  $\frac{3}{4}-\lambda$ . Un préamplificateur et un filtre passe-bande ont été insérés pour offrir plus de sensibilité et de sélectivité (cf. Figure 4 dans l'enclosure ronde). Le signal est ensuite transmis à un récepteur USB type Funcube Dongle PRO+.

Le logiciel informatique Spectrum Lab V2 permet une visualisation de type chute d'eau (Waterfall) de ce signal ; c'est-à-dire le défilement du temps en ordonnée et le décalage *Doppler* en abscisse. Les valeurs d'abscisse positives correspondent à une augmentation de fréquence par rapport à la fréquence nominale, alors que les valeurs négatives indiquent une fréquence captée inférieure à celle d'émission du radar (cf. Figure 5). Le software présente de nombreux paramètres, comme par exemple la sensibilité de la réception.

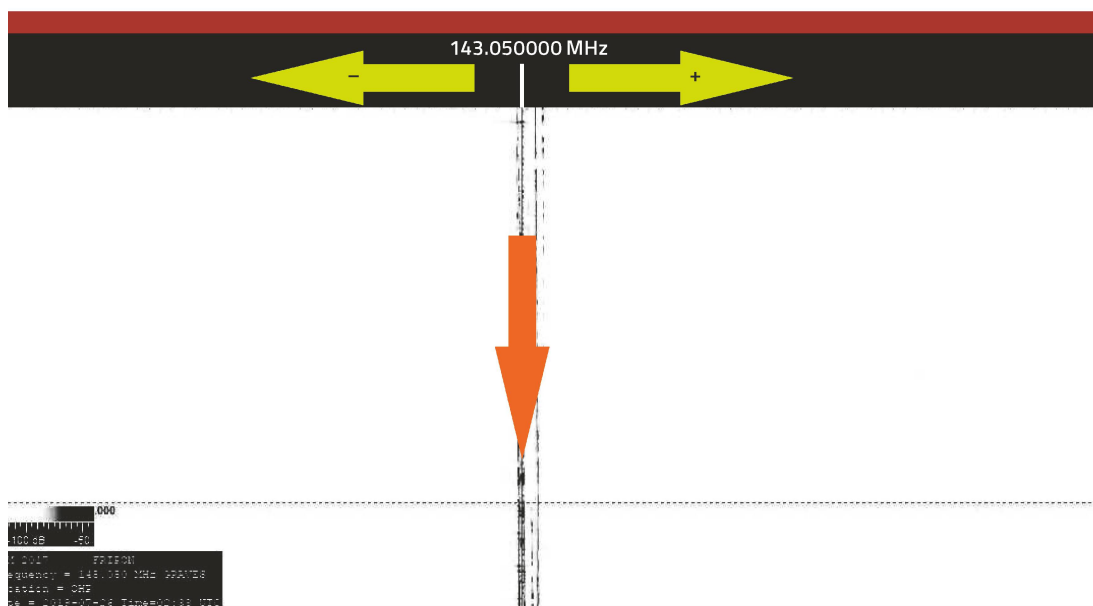
- Si le décalage en fréquence est grand et sa durée faible, alors il s'agit d'un objet ayant une vitesse très élevée, comme par exemple un météore.

- Si le décalage est grand et sa durée longue, l'objet se déplace à une vitesse relativement importante. Il s'agit vraisemblablement d'un satellite.
- Si le décalage est faible et la durée longue, alors l'objet se déplace à une basse vitesse comme par exemple celle d'un avion.

## RÉSULTATS

**Avions :** Il est facile de les reconnaître, car leur vitesse de croisière et donc l'effet *Doppler* engendré par celle-ci est relativement faible. De plus, ils sont très nombreux.

**Météores :** Beaucoup de météores pénètrent dans l'atmosphère et une grande partie d'entre eux se consomment intégralement quasiment instantanément. Contrairement aux aéronefs, le météore présente de très fortes variations *Doppler* sur une très brève durée.



**Figure 5:** Les signaux sont représentés sur un modèle de type Waterfall. Le décalage en fréquence  $\Delta f$  se mesure en abscisse (flèches jaunes) et le temps s'écoule en ordonnée (flèche orange).

Figure: Cédric Willemin



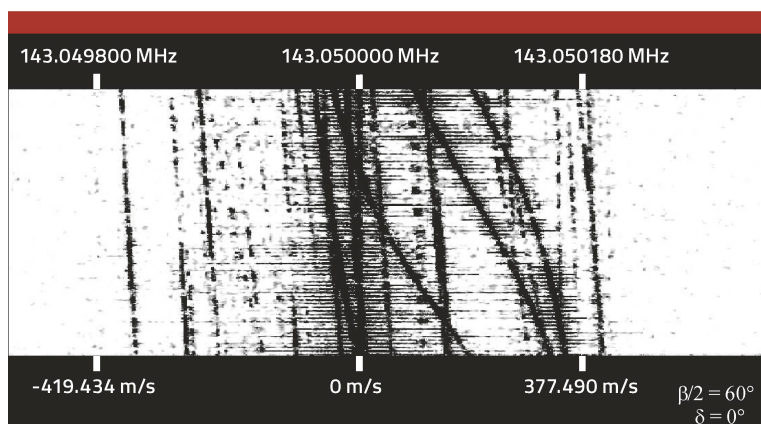


Figure 6: Signature des avions, leurs décalages en fréquence est relativement faible.

Image: Cédric Willemin

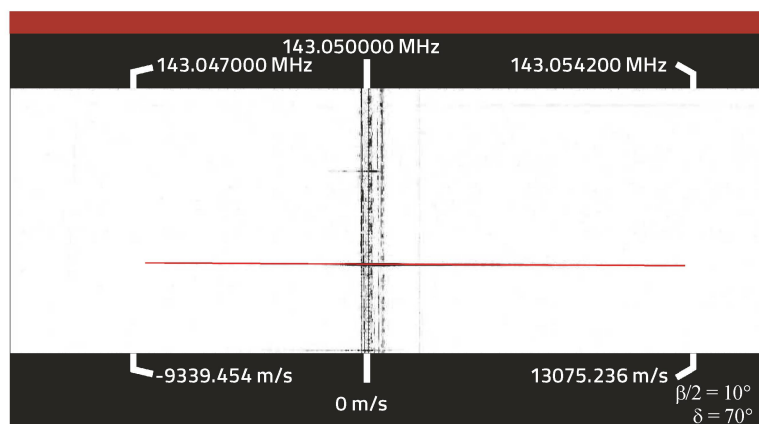


Figure 7: Signature d'un météore, le décalage *Doppler* est bien plus important que pour celui d'un avion.

Image: Cédric Willemin

**Pluies d'étoiles filantes :** Il est intéressant de compter le nombre de météores détectés lors d'une période durant laquelle une pluie d'étoiles filantes est attendue, comme par exemple lors des Perséides ou lors des Aquarides (cf. Figure 8). Le nombre de détection de météores s'élève à plusieurs dizaines par heures en période de « pluies d'étoiles filantes », contre de l'ordre d'une dizaine par heure en période normale.

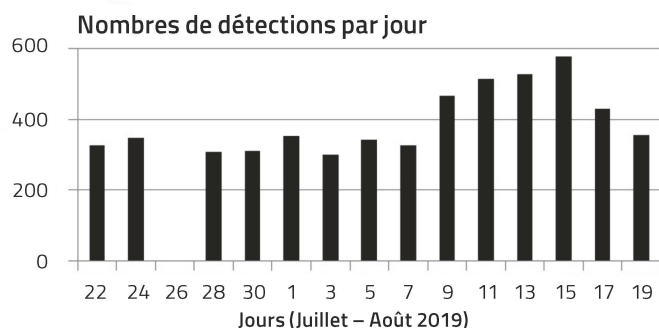


Figure 8: Nombre de météores détectés journalièrement durant les Perséides avec cette instrumentation. Le nombre de météores augmente lors du pic d'activité (11-15 août) à environ 30 détections par heure.

Figure: Cédric Willemin

# ASTRONOMISCHE THEMENHEFTE

lernen – lösen – wissen

JETZT  
BESTELLEN  
ORIONMEDIEN.CH  
071 644 91 95

**Satellites :** La position et l'instant de passage de certains satellites comme par exemple l'ISS (Station Spatiale Internationale) sont des données accessibles au public. Il est possible d'affirmer avec certitude qu'il s'agit de satellites, car leur vitesse est par exemple d'environ 24'000 km/h, est plus élevée que des avions, mais bien plus faible que celle des météores.

### CONCLUSIONS

Le système de détection basé sur le modèle du radar bistatique est opérationnel par tous les temps, de jour comme de nuit. La plausibilité des résultats a été vérifiée de différentes façons, comme la détection du passage de la Station Spatiale Internationale (ISS) ou les pluies d'étoiles filantes des Perséides.

L'installation de ce système relativement simple ne nécessite aucune, licence de radioamateur, ni d'autorisation particulière.

Pour approfondir les résultats, il serait possible d'opérer par triangulation sur plusieurs sites, permettant ainsi de quantifier raisonnablement la vitesse des objets détectés. Avis aux amateurs ! <

### REMERCIEMENTS

- Club de radioamateurs HB9XC section Pierre-Pertuis (USKA)
- Gymnase français de Bienne



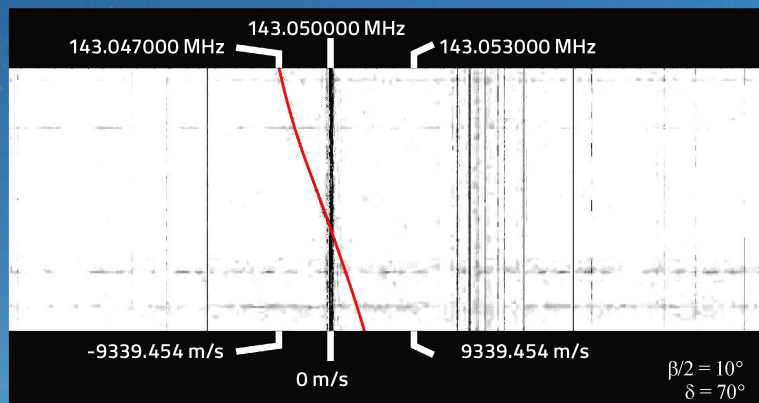
**Öffentliche Führungen in der Urania-Sternwarte Zürich:**  
Donnerstag, Freitag und Samstag bei jedem Wetter. Sommerzeit: 21 h, Winterzeit: 20 h.

Am 1. Samstag im Monat Kinderführungen um 15, 16 und 17 h. Uraniastrasse 9, in Zürich.

**[www.urania-sternwarte.ch](http://www.urania-sternwarte.ch)**

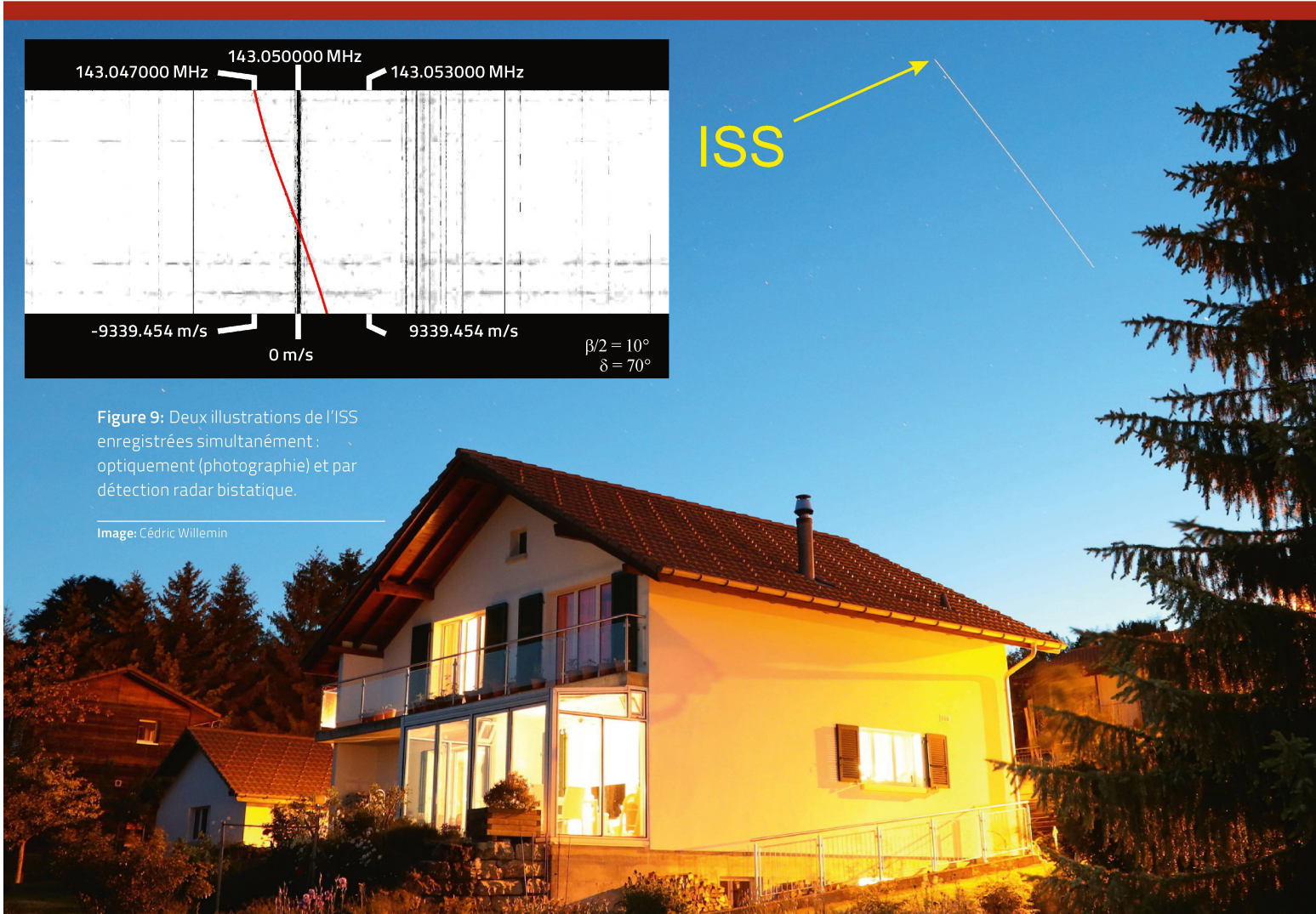
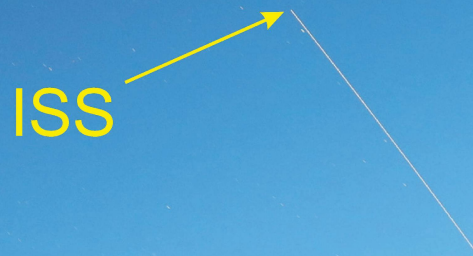
### LITERATUR

- <https://f6crp.pagesperso-orange.fr/ba/graves.htm>
- <http://www.astrosurf.com/luxorion/meteores-anomalies.htm>
- Olivier Pilloud (HB9CEM), 2018 – Le Radioamateur, Editions TECHNIP, ISBN 978-2-7108-1184-8
- [https://www.willemin.li/cedric/utiles/Detection\\_meteores\\_aeronefs\\_191022.pdf](https://www.willemin.li/cedric/utiles/Detection_meteores_aeronefs_191022.pdf)



**Figure 9:** Deux illustrations de l'ISS enregistrées simultanément : optiquement (photographie) et par détection radar bistatique.

Image: Cédric Willemin







[www.teleskop-express.de](http://www.teleskop-express.de)

Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

Der große Onlineshop für **Astronomie, Fotografie und Naturbeobachtung**

mit über **7000 Angeboten!**

## Neue Astrographen von TS Optics!



### TS-Optics 71SDQ - 71 mm f/6,3 Quadruplet Apo mit Feldebnung

Der neueste Refraktor aus der TS Quadruplet Reihe ist ein idealer Reiseapochromat für Astrofotografen und visuelle Beobachter.

- 2,5" CNC Fokussierer
- Kamera kann verschraubt werden
- 115 mm Arbeitsabstand

Einführungspreis TS71SDQ: 726,05 €\*



### TS-Optics 150 mm f/2,8 hyperbolischer Astrograph mit Korrektur und Carbondtubus

Hyperbolischer Flat-Field Astrograph, speziell für Deep Sky Fotografie mit DSLR- und Astro-Kameras

- 2,5" CNC Fokussierer
- Verschraubte Kameraadaption
- 45 mm Bildkreisdurchmesser

Einführungspreis Hypergraph6: 1.931,93 €\*

## Qualität zu einem interessanten Preis: Optolong Filter



Seit 1999 fertigt Optolong verschiedenste Filter für Mikroskopie, Fotografie und astronomische Zwecke. Es handelt sich um durchweg hochwertige Substrate mit  $\lambda/4$  RMS Oberflächengenauigkeit und Planparallelität (Keilfehler) von besser als 30 Bogensekunden. Wir haben das astronomische Optolong Sortiment in unserem Programm, z.B.:

- LRGB-Filtersets in 1,25", 2", 31 und 36 mm
- Schmalbandfilter (O [III], H- $\alpha$  etc.)
- L-Pro und UHC Filter gegen Lichtverschmutzung (auch als Clip-in-Filter für DSLR Kameras)
- IR-Passfilter
- Venus-U Filter

\* alle Preise excl. UST

