



Détection de Météores et d'Aéronefs

L'utilisation des ondes électromagnétiques pour l'observation spatiale

Problématique

Un météore pénètre dans l'atmosphère à une vitesse hypersonique. Le météore forme lors de sa chute dans l'atmosphère une **traînée d'ionisation** qui reflète très bien les ondes électromagnétiques. Les avions, les satellites et tous les autres conducteurs électriques réfléchissent également ces ondes. Un signal émis par un radar émetteur militaire est retransmis par les objets avec un **décalage Doppler**, puis est collecté par une **antenne** de réception placée sur la toiture du gymnase de la rue des Alpes à Bienne. Le signal est véhiculé jusqu'à un PC où il est traité au moyen d'un logiciel.

Figure 1 : Antenne réalisée sur mesure placée sur le gymnase de la rue des Alpes



Méthode

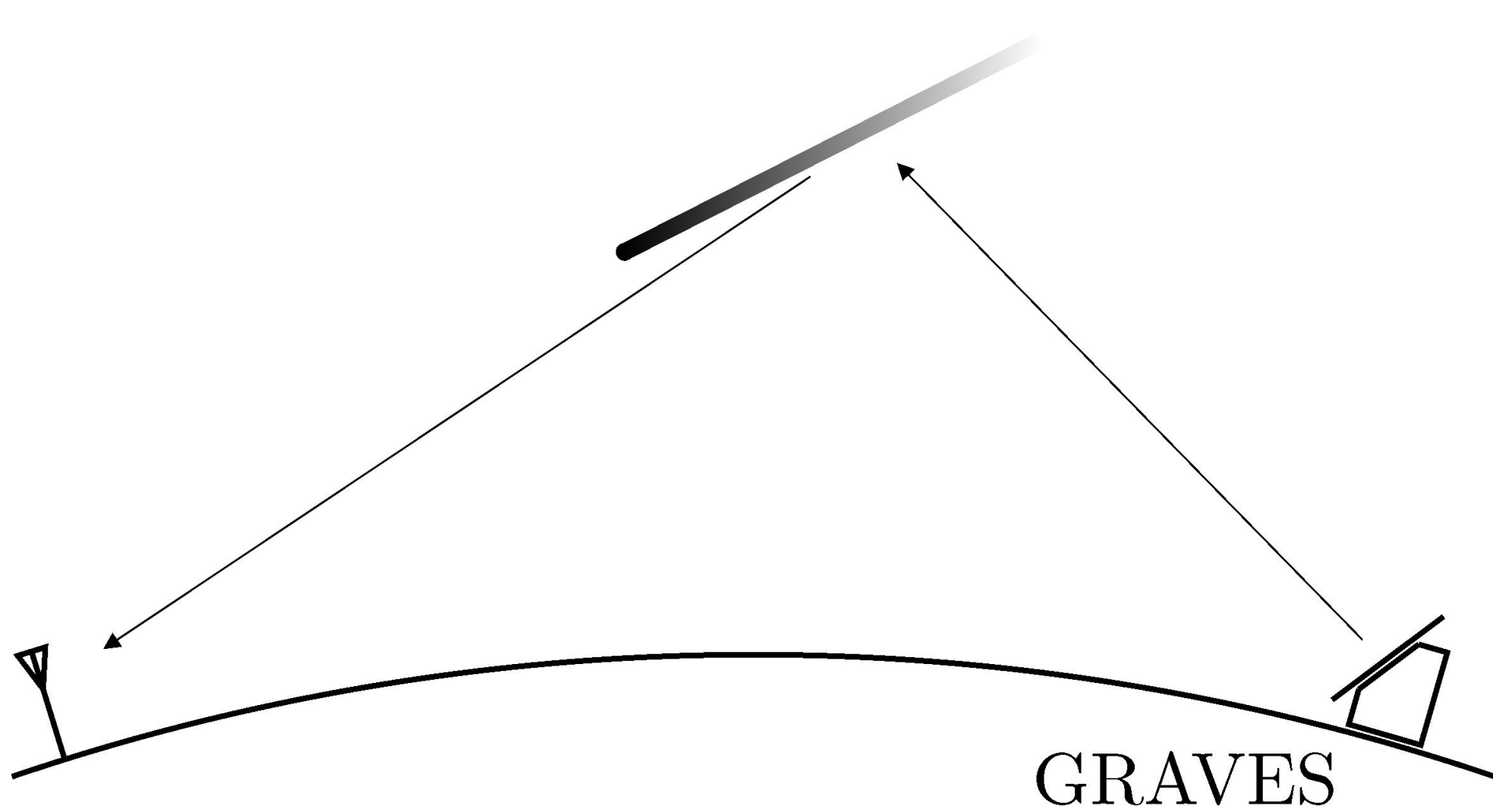


Figure 2 : Fonctionnement général du système mis en place

Le radar militaire français GRAVES émet en permanence sur la fréquence de **143.05MHz**. L'onde est réfléchiée par un objet puis se retrouve décalée en fonction de la vitesse radiale de ce dernier, elle est captée par le système de réception via une antenne. Le signal est ensuite transmis à un récepteur USB. Un logiciel permet de le visualiser. Le défilement du temps est représenté en ordonnée et le décalage Doppler en abscisse. En comparant la fréquence captée et la fréquence nominale, il est possible de définir la **vitesse** de l'objet.

$$f_{RX} - f_{TX} = \frac{2f_{TX}}{c} \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \cdot \|\vec{v}\| \cos\delta$$

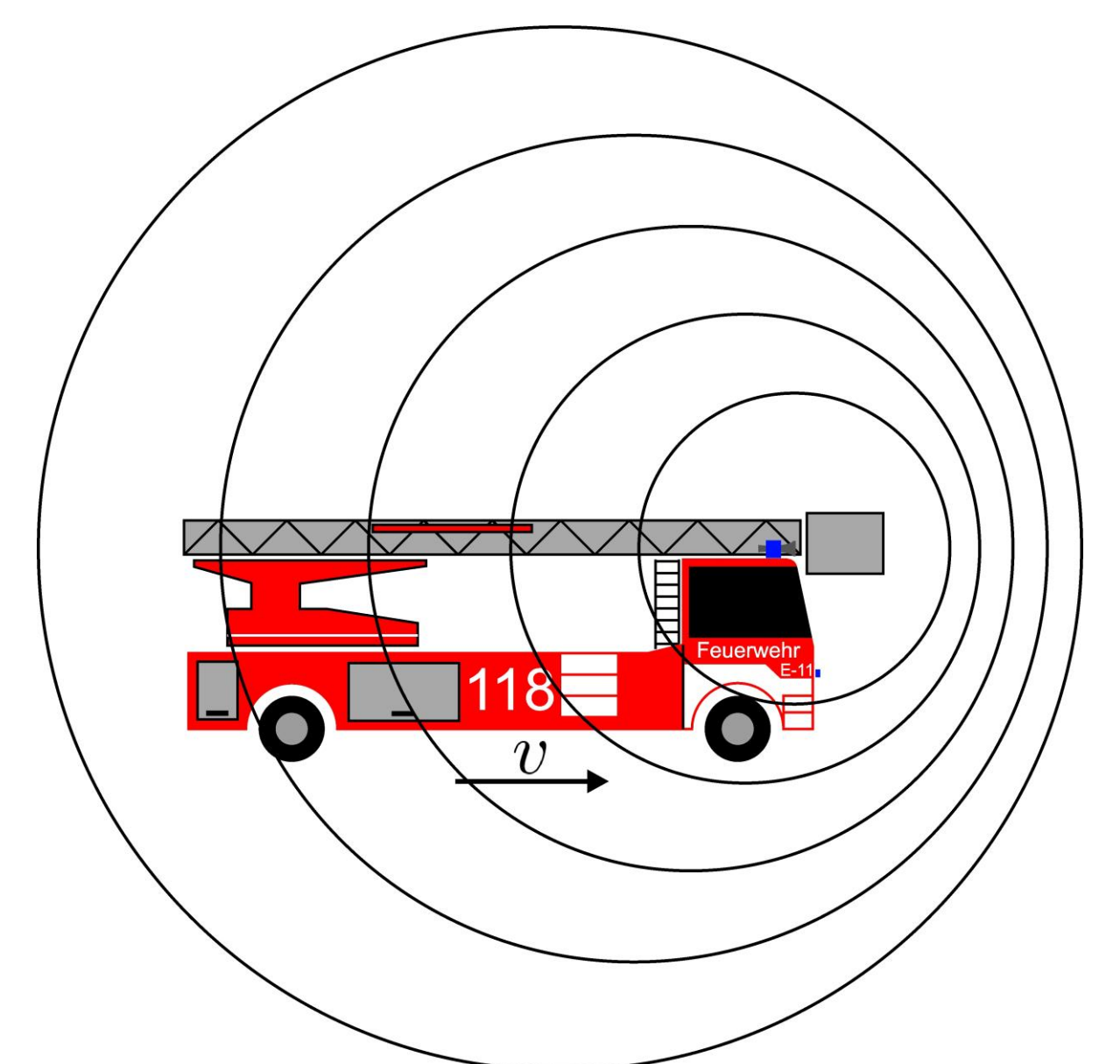


Figure 3 : Effet Doppler acoustique d'une source en mouvement

Résultats

Météores

Contrairement aux aéronefs, le météore présente de très fortes variations Doppler sur une très brève durée.

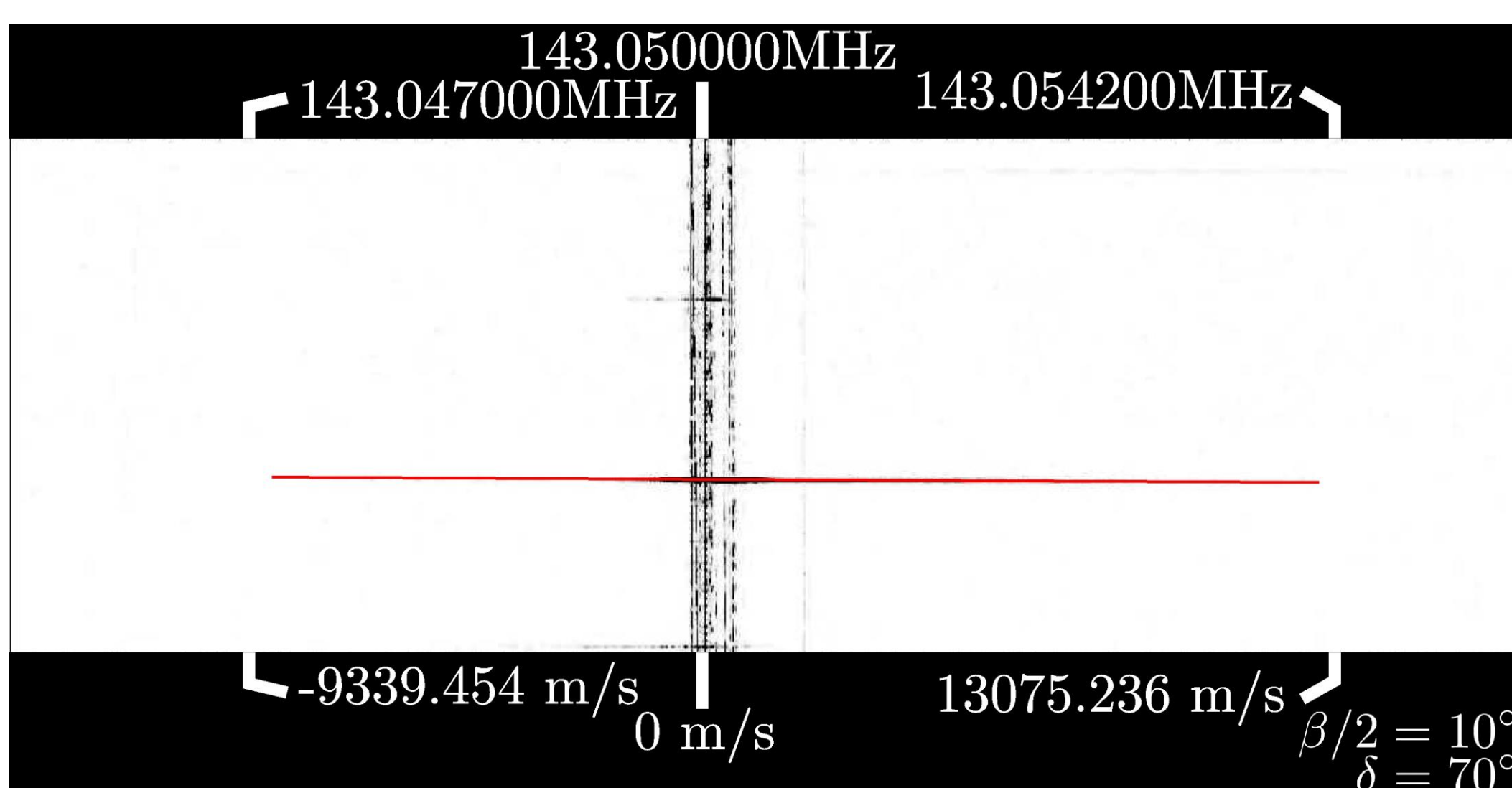
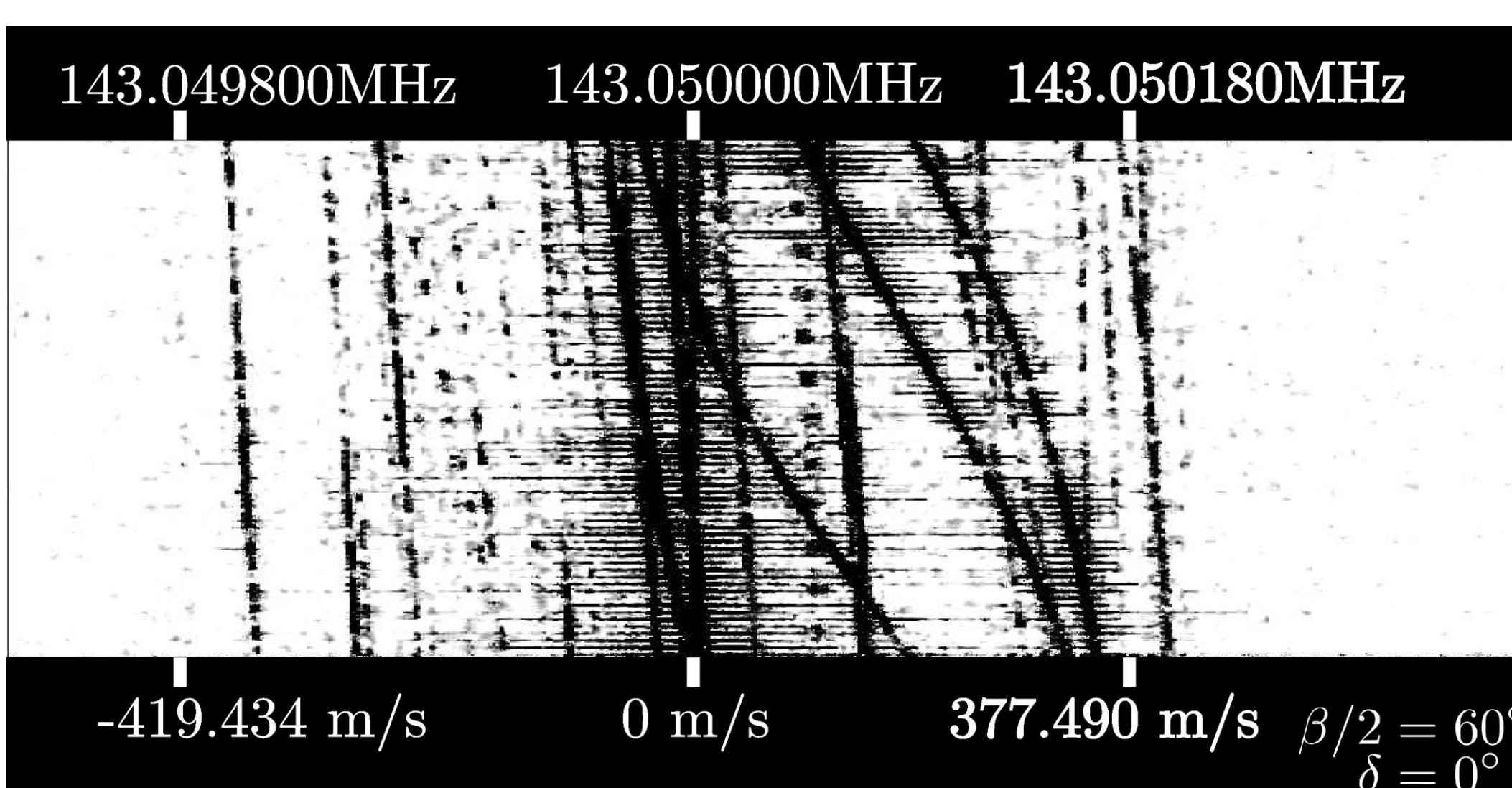
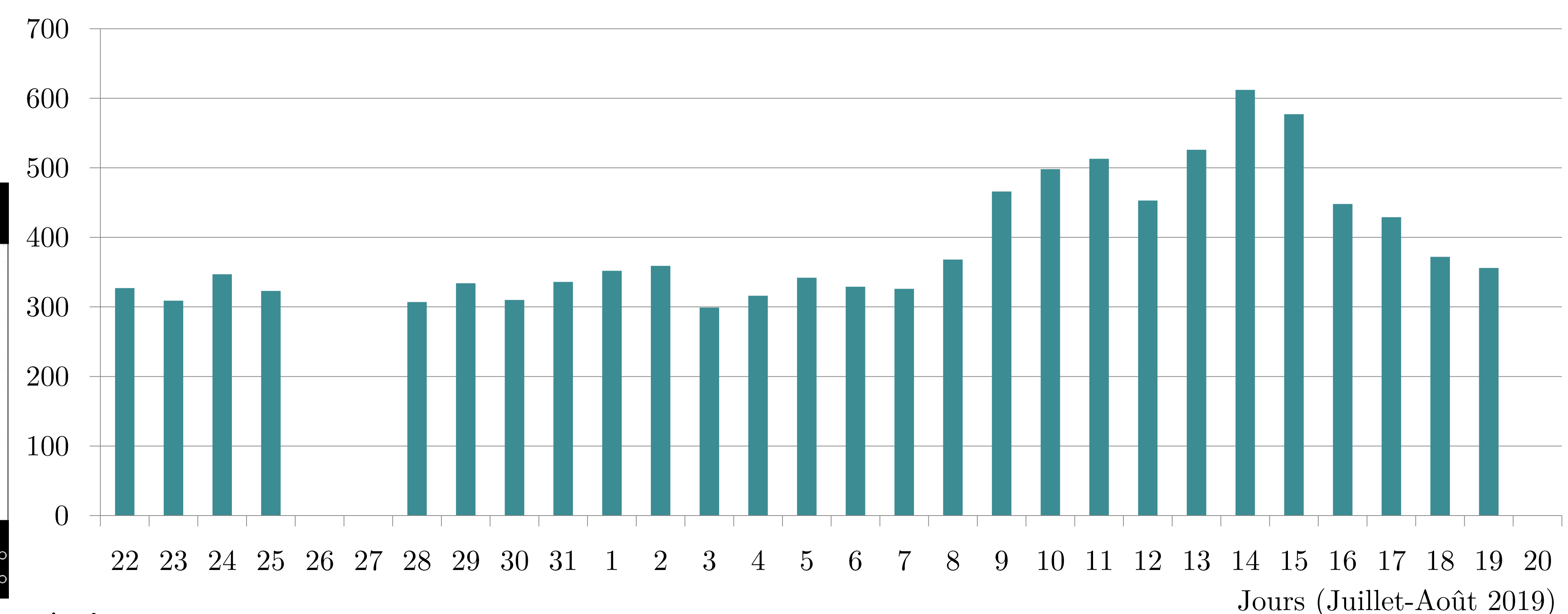


Figure 4 : Détection d'un météore



Nombres de détections



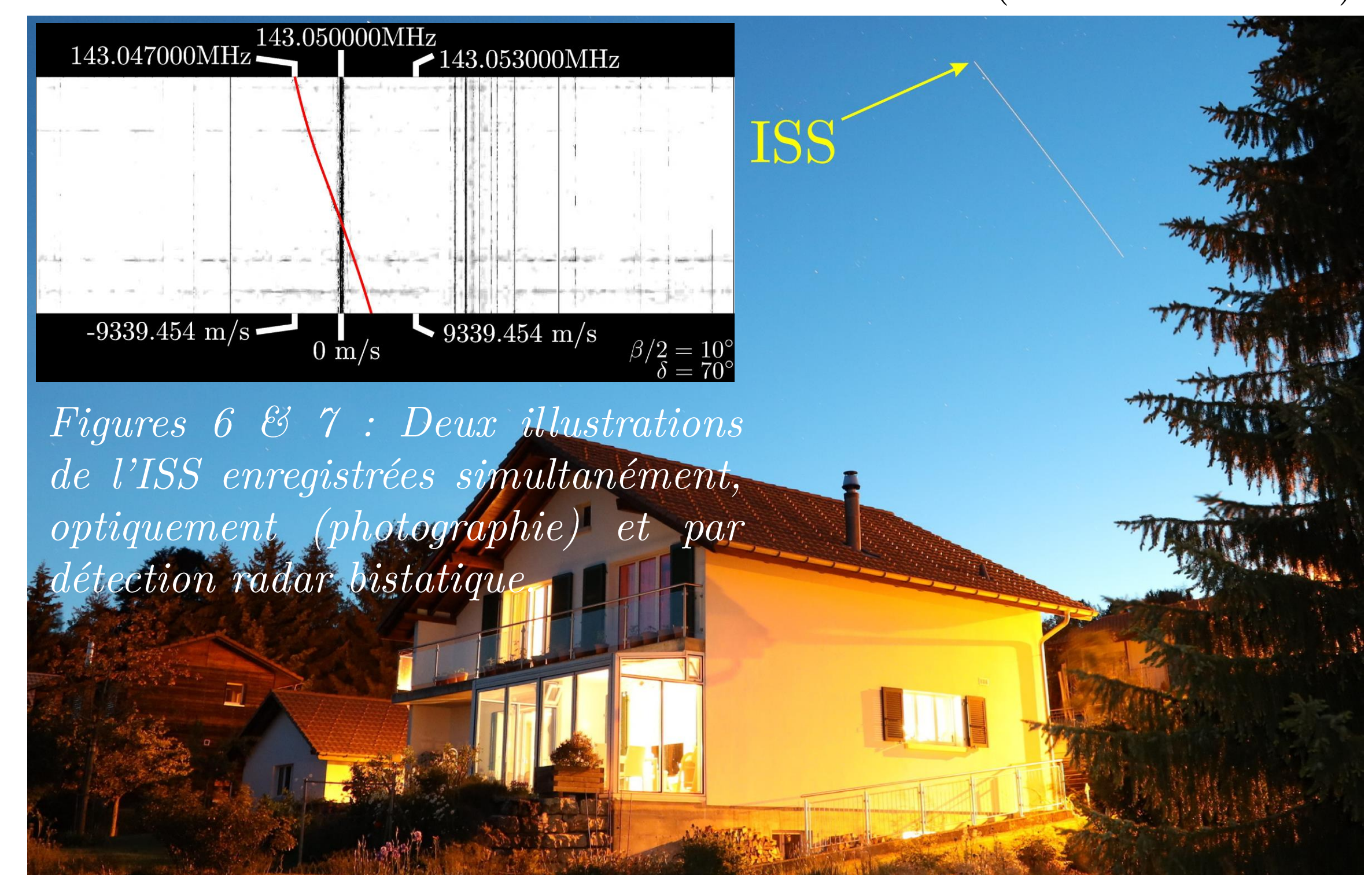
Avions

Il est possible de les reconnaître, car leur vitesse de croisière et donc le décalage Doppler engendré par celle-ci est relativement faible.

Figure 5 : Signaux laissés par des avions

Satellites

Leur vitesse, par exemple d'environ 24'000 km/h, est plus élevée que celle des avions, mais bien plus faible que celle des météores.



Figures 6 & 7 : Deux illustrations de l'ISS enregistrées simultanément, optiquement (photographie) et par détection radar bistatique

Discussion

Pour rendre les données plus pertinentes, il serait envisageable de traiter numériquement le signal reçu par l'antenne et de supprimer informatiquement les parasites engendrés par certains objets électroniques.

Conclusion

Le système de détection basé sur cette configuration est opérationnel par tous les temps, de jour comme de nuit. Le nombre de détection de météores s'élève à environ dix par heure. Plus de **10500 météores** ont été détectés durant la période des Perséides. La fréquence de détection de météores s'élève alors à environ trente par heure durant cette période. Les résultats peuvent être consultés ultérieurement car la prise de mesures se fait automatiquement.