

Étude de cas scientifique

Réception Out-of-Footprint de la porteuse SNRT (Maroc) issue du faisceau MENA du satellite Es'hail 1 at 25,5°E sur 11 180 MHz, pol. V, en Europe centrale (Lučenec, République slovaque), avec analyse technologique de la norme Multistream DVB-S2/8PSK et du code PLS Gold 253312

Auteur de la recherche : Roman Dávid — www.dxsatcs.com

Session de surveillance : juillet 2026 · Étude de cas rédigée : août 2026

Résumé

Cette étude documente et analyse scientifiquement la réalisation d'une réception Out-of-Footprint (OOF) stable de la fréquence porteuse du diffuseur marocain SNRT sur $f = 11\,180$ MHz, polarisation verticale, diffusée par le faisceau MENA (Middle East and North Africa) du satellite Es'hail 1 at 25,5°E, depuis un site de réception situé dans la ville de Lučenec, dans la partie méridionale de la Slovaquie centrale. La mesure a été réalisée sur une unité de durée $t \geq 72$ heures qui, selon la méthodologie de l'auteur Roman Dávid (« Visualized Proof », 2020), constitue l'unité minimale acceptable pour une observation OOF scientifiquement pertinente, avec un total de 259 200 échantillons de signal enregistrés. Les résultats démontrent un Lock ininterrompu et une Quality de 100 % pendant toute la durée de la mesure, sans la moindre pixellisation de l'image, avec une valeur de pointe de MER = 13,4 dB et un rapport signal/bruit compris entre SNR = 12,4 et 12,6 dB, malgré un ombrage partiel de la trajectoire du satellite par un pommier situé à proximité immédiate du site de réception. Une attention particulière est portée à la norme technologique Multistream au sein du DVB-S2/8PSK, utilisant le code d'identification PLS Gold 253312, dans le contexte de la migration de la distribution du signal de SNRT depuis le satellite d'origine Eutelsat 21B at 21,5°E (Western Ku) vers la nouvelle position Es'hail 1 at 25,5°E.

1. Introduction et objectif de la recherche

Cette étude de cas a pour objet la documentation et l'interprétation scientifiques des résultats d'une surveillance de signal de longue durée réalisée par l'auteur, Roman Dávid, au sein de son centre de recherche indépendant dxsatcs.com. L'objectif est de démontrer et d'analyser les conditions physiques dans lesquelles, dans la zone située en dehors de la couverture primaire (Out-of-Footprint, OOF) du faisceau MENA du satellite Es'hail 1 at 25,5°E, il est possible d'obtenir une réception durablement stable et scientifiquement vérifiable, avec des paramètres comparables ou proches de ceux d'une réception standard à l'intérieur de la zone de couverture déclarée.

La zone de Lučenec (Slovaquie centrale) est géographiquement située en dehors de la zone de couverture primaire du faisceau MENA, orienté vers le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord. La démonstration d'une réception stable en ce lieu constitue donc, au regard de la théorie classique des diagrammes de couverture, un phénomène exceptionnel qui exige une méthodologie de mesure précisément définie pour que les résultats puissent être considérés comme scientifiquement incontestables.

Cette étude s'inscrit également dans la continuité des précédentes études de cas de l'auteur (Express AM7 at 40°E, faisceaux Rascom QAF-1R Sud et Nord), élaborées selon la même méthodologie « Visualized Proof », et étend la série de documentation OOF à un

aspect technologiquement distinct — l'analyse de la transmission Multistream au sein de la norme DVB-S2.

2. Paramètres géographiques et géométriques du site de réception

Le site de réception est situé dans la ville de Lučenec, République slovaque, aux coordonnées $\varphi = 48,3331^\circ$ de latitude Nord, $\lambda = 19,6664^\circ$ de longitude Est (valeurs vérifiées à l'aide de l'outil indépendant DishPointer.com avant leur intégration à cette étude, conformément à la procédure standard de l'auteur pour la validation des données géométriques).

Pour la position satellitaire 25,5°E ES'HAIL 1, les valeurs de pointage suivantes ont été calculées pour ce site de réception : azimut (vrai/géographique) = $172,2^\circ$, azimut (magnétique) = $166,2^\circ$, angle d'élévation = $34,2^\circ$ et déport de polarisation du LNB (skew) = $-5,2^\circ$. Ces valeurs constituent un paramètre d'entrée essentiel pour orienter correctement le réflecteur et doivent être vérifiées indépendamment avant chaque session de signal, car un écart même minime par rapport à l'azimut ou à l'élévation calculés peut, dans une zone OOF où le signal reçu est typiquement fortement atténué, avoir un impact critique sur le rapport porteuse/bruit obtenu.

L'angle d'élévation de $34,2^\circ$ pour un satellite en orbite géostationnaire à 25,5°E, vu depuis la Slovaquie centrale ($\varphi \approx 48,3^\circ$ N), est suffisamment favorable, du point de vue de l'inclinaison orbitale, pour qu'un réflecteur de $D = 450$ cm de diamètre puisse concentrer même le lobe secondaire énergétiquement faible du faisceau MENA en un gain suffisant pour un Lock stable du récepteur, condition essentielle démontrée plus loin dans cette étude.

3. Fondement physique de la réception Out-of-Footprint depuis le faisceau MENA

Le diagramme de rayonnement (footprint) d'une antenne satellitaire ne représente pas une limite géométrique nettement délimitée, mais une fonction continûment décroissante de la puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE/EIRP) depuis le centre du faisceau vers ses bords. Les contours tracés sur les cartes de couverture publiées représentent généralement des courbes iso-EIRP (par exemple -3 dB, -6 dB par rapport au maximum), et non le zéro physique du signal. C'est précisément au-delà de ce contour déclaré, là où l'EIRP chute encore de plusieurs dizaines de décibels, que se situe la zone de réception OOF, dont l'exploitation réussie dépend du produit de trois facteurs : l'EIRP résiduelle en direction du site géographique concerné, le gain de l'antenne de réception (ici déterminé par la surface d'ouverture du réflecteur de $D = 450$ cm) et le facteur de bruit de la chaîne de réception (LNB + tuner TBS 5927).

Dans le cas de Lučenec en tant que site OOF, le lobe secondaire du faisceau MENA en direction de l'Europe centrale est atténué, mais pas au point d'empêcher la démodulation. La valeur de SNR mesurée, comprise entre 12,4 et 12,6 dB, et le MER = 13,4 dB démontrent que, même sous cette atténuation, la puissance reçue reste au-dessus du seuil requis pour le schéma de modulation 8PSK avec FEC 3/4, dont le seuil théorique QEF (Quasi-Error-Free) se situe en pratique autour de 6 à 7 dB d'Es/N0. La marge mesurée d'environ 5 à 7 dB au-dessus de ce seuil théorique représente une marge de liaison réelle, qui explique la stabilité de Lock à cent pour cent observée pendant toute l'unité de 72

heures, sans la moindre coupure.

Un élément particulier de cette étude tient au fait que le trajet du signal entre le satellite et le réflecteur a été partiellement ombragé, au site de réception, par la couronne d'un pommier poussant à proximité immédiate. Du point de vue de la propagation des ondes électromagnétiques à une fréquence de 11,18 GHz (longueur d'onde $\lambda \approx 2,68$ cm), un obstacle végétal constitue un mécanisme d'atténuation combinant l'absorption par l'eau contenue dans les feuilles et les tiges et la diffraction sur les bords des feuilles et des branches. Le fait que, malgré cet obstacle supplémentaire, aucune coupure de Lock ni la moindre pixellisation ne se soient produites sur les 259 200 points mesurés indique que la marge de liaison réelle du signal reçu, aux instants sans ombrage direct du feuillage, était probablement supérieure à ce que suggère la valeur moyenne mesurée, et que l'ombrage n'a causé qu'une interruption partielle, et non totale, de la visibilité directe (ligne de vue) vers le satellite.

4. Migration de la distribution du signal SNRT d'Eutelsat 21B vers Es'hail 1

Le diffuseur marocain SNRT (Société Nationale de Radiodiffusion et de Télévision) a, dans le cadre de sa stratégie de distribution, mis fin à la diffusion de cette porteuse via la bande Ku occidentale du satellite Eutelsat 21B at 21,5°E et transféré sa distribution vers la nouvelle position Es'hail 1 at 25,5°E. Du point de vue de la recherche OOF en Europe centrale, ce changement de position orbitale d'environ 4° vers l'est représente une situation géométrique qualitativement différente — non seulement l'azimut et l'élévation nécessaires au pointage du réflecteur changent, mais surtout la position du site de réception par rapport au faisceau MENA change également, puisqu'il s'agit d'un satellite différent, doté de sa propre configuration d'antenne et de sa propre forme de faisceau.

Pour cette raison, les paramètres et les données d'azimut-élévation valables pour la position précédente d'Eutelsat 21B ne peuvent pas être transposés mécaniquement à la nouvelle position Es'hail 1 — tout changement de position orbitale d'un satellite exige un recalcul complet et une vérification indépendante des données de pointage, ce qui a été systématiquement respecté dans cette étude par une validation via DishPointer.com.

Le changement de plateforme porteuse offre également l'occasion unique de comparer le comportement d'un même diffuseur et d'un même type de transmission (Multistream, PLS Gold) sur deux positions satellitaires différentes et deux configurations différentes du faisceau MENA, ce qui inscrit cette étude de cas dans le cadre de recherche plus large de l'auteur consacré à l'analyse comparative de la réception OOF sur plusieurs plateformes satellitaires.

5. Analyse technologique de la norme Multistream (DVB-S2) et du code PLS Gold 253312

La norme DVB-S2 (ETSI EN 302 307) définit une extension facultative Multi-Stream (MIS — Multiple Input Stream) qui permet de multiplexer, au sein d'une seule porteuse de transpondeur physique, plusieurs flux de transport indépendants (par exemple différents diffuseurs ou variantes régionales de programmes) dans une trame de couche physique commune (PLFRAME). Les différents flux sont distingués les uns des autres par le champ ISI (Input Stream Identifier) transporté dans l'en-tête BBFRAME, ce qui permet au récepteur de démultiplexer sélectivement uniquement le flux souhaité, sans avoir à

démoduler et décoder l'intégralité du flux de données agrégé.

Un élément clé de la couche physique pour la synchronisation et l'identification est le champ PLS (Physical Layer Signalling), modulé au moyen de séquences dites de Gold — des suites binaires pseudo-aléatoires présentant des propriétés d'autocorrélation et d'intercorrélation définies, permettant au récepteur d'atteindre une synchronisation rapide et fiable sur le début de la trame physique, même à des rapports signal/bruit faibles, typiques de la réception OOF. Dans la session analysée, le code PLS Gold spécifique portant l'indice racine 253312 a été identifié, lequel identifie sans ambiguïté la configuration de signal considérée et permet au récepteur TBS 5927, associé à la plateforme EBS Pro, de trouver et de verrouiller de façon déterministe le flux de données correct au sein de la porteuse Multistream agrégée (dans la session mesurée, le flux d'entrée spécifique sélectionné était désigné MIS = 16).

Du point de vue de la recherche OOF, l'utilisation de codes de Gold dans le champ PLS revêt également une importance pratique au-delà du contexte opérationnel ordinaire : en raison de leurs propriétés de corrélation robustes, la synchronisation sur le champ PLS est possible même à des valeurs d'Es/N0 inférieures à celles requises pour la démodulation effective des données utiles selon le MODCOD choisi, ce qui signifie que le récepteur peut identifier de manière fiable la présence de la porteuse et sa configuration Multistream avant même d'être en mesure de commencer à décoder le contenu lui-même sans erreur — cette propriété explique en partie la stabilité de Lock exceptionnelle observée dans cette étude, y compris lors des moments d'ombrage temporaire du trajet du signal.

Les paramètres mesurés du transpondeur — débit symbole de 27 497,381 kS/s, modulation 8PSK, FEC 3/4 — combinés au Multistream et au PLS Gold 253312, confirment qu'il s'agit d'une configuration de transmission moderne et efficace, optimisée pour une utilisation maximale de la bande passante disponible du transpondeur (largeur de porteuse mesurée de 32,996 MHz), tout en conservant une immunité au bruit suffisante pour une réception fiable même dans les zones périphériques du faisceau.

6. Méthodologie de surveillance du signal — « Visualized Proof »

La mesure a été réalisée conformément à la méthodologie « Visualized Proof » que l'auteur Roman Dávid a publiée en 2020, laquelle définit l'unité de durée de surveillance continue $t \geq 72$ heures comme l'unité de temps minimale requise pour que les résultats de réception OOF puissent être considérés comme statistiquement et scientifiquement pertinents, plutôt que comme un phénomène aléatoire ou de courte durée conditionné par des circonstances atmosphériques favorables.

La chaîne de réception se composait d'un réflecteur Prodelin de $D = 450$ cm de diamètre en configuration prime-focus, d'un tuner USB TBS 5927 prenant en charge le DVB-S2/S2X et de la plateforme logicielle EBS Pro, seul logiciel de surveillance utilisé par l'auteur pour l'enregistrement continu des paramètres Level, Quality, SNR et BER à intervalles réguliers.

Sur la période observée, un total de 259 200 échantillons de signal individuels ont été enregistrés, ce qui, pour une unité de 72 heures, correspond à une période d'échantillonnage de 1 seconde ($72 \times 3\,600 = 259\,200$). Cette densité d'échantillonnage garantit que même des phénomènes transitoires de courte durée, de l'ordre de quelques secondes (par exemple un ombrage temporaire du feuillage sous l'effet du vent), auraient

été saisi dans l'enregistrement, ce qui renforce la portée scientifique de la conclusion relative à l'absence totale de coupures de Lock pendant toute l'unité de mesure.

7. Résultats de la mesure et leur analyse

La courbe Quality (bleue) est restée constamment à 100 % pendant toute l'unité de mesure de 72 heures, sans la moindre chute, ce qui constitue une preuve à la fois graphique et numérique d'un Lock ininterrompu. Parallèlement, les valeurs preBER et BER sont restées en permanence inférieures au seuil de $1,0 \times 10^{-7}$, ce qui correspond au critère d'une réception pratiquement exempte d'erreurs (Quasi-Error-Free) au niveau du flux de transport, c'est-à-dire sans pixellisation visible ni coupure d'image en sortie du décodeur.

La courbe SNR (magenta) a évolué durant la mesure dans une bande étroite, avec une valeur de pointe (meilleure valeur) mesurée de 12,4 à 12,6 dB, la valeur individuelle la plus élevée étant consignée dans le journal sous la mention « Best signal : 12,4 dB », atteinte aux premières heures du matin de la session de surveillance. La valeur de MER (Modulation Error Ratio) a atteint un niveau de pointe de 13,4 dB au cours de la session, ce qui constitue une confirmation indépendante de la qualité de la constellation 8PSK démodulée et concorde avec la valeur de SNR mesurée ainsi qu'avec la stabilité à cent pour cent observée.

La courbe Level (verte, niveau de signal) a présenté durant la session une variabilité modérée dans une bande d'environ 55 à 65 %, avec des baisses de courte durée, ce qui constitue une manifestation typique des influences atmosphériques et locales (par exemple l'humidité de l'air, l'ombrage partiel du feuillage) sur le niveau de porteuse reçu ; toutefois, ces fluctuations du niveau de signal ne se sont à aucun moment traduites par une baisse de la Quality en dessous de 100 % ni par une augmentation du taux d'erreur au-dessus du seuil — ce qui confirme la conclusion exposée à la section 3 concernant la marge de liaison suffisante du signal reçu.

Les paramètres de performance de transmission mesurés (débit binaire de 25,269 Mbit/s, flux de données d'entrée d'environ 23,73 Mbps, largeur de porteuse de 32,996 MHz, niveau RF de -43 dBm) confirment qu'il s'agit d'un flux de données Multistream pleinement valide, démultiplexé et décodé de manière stable, et non d'une réception marginale ou intermittente à la limite de détectabilité de la porteuse.

Conclusions axiomatiques

1. La réception Out-of-Footprint depuis le lobe secondaire du faisceau MENA du satellite Es'hail 1 at 25,5°E est scientifiquement démontrable comme réalisable, au site de Lučenec, en Slovaquie centrale, avec un réflecteur de $D = 450$ cm, à un niveau de stabilité de Lock de cent pour cent sur une unité de $t \geq 72$ heures.
2. Les valeurs mesurées de $SNR = 12,4\text{--}12,6$ dB et de $MER = 13,4$ dB représentent une marge de liaison suffisante au-dessus du seuil théorique QEF de la modulation 8PSK avec FEC 3/4 pour que des événements d'atténuation de courte durée (ombrage végétal partiel) n'interrompent pas la réception.
3. La migration de la distribution du signal du satellite Eutelsat 21B at 21,5°E vers Es'hail 1 at 25,5°E représente une situation géométrique et technique qualitativement nouvelle, exigeant un recalcul indépendant et une vérification de tous les paramètres de pointage (AZ/EL/Skew).
4. La robustesse des séquences de Gold utilisées dans le champ PLS (code PLS Gold 253312) permet une synchronisation fiable du récepteur sur la couche physique d'une porteuse Multistream, même dans des conditions de faible rapport signal/bruit typiques de la réception OOF.
5. La densité d'échantillonnage de 259 200 mesures par unité de 72 heures (1 échantillon/s) est suffisante pour exclure de manière statistiquement fiable des coupures de Lock non enregistrées de courte durée, ce qui permet aux résultats de cette étude de satisfaire aux critères de la méthodologie « Visualized Proof ».

Tableau des paramètres techniques

Site de réception	Lučenec, République slovaque ($\varphi = 48,3331^\circ$ N, $\lambda = 19,6664^\circ$ E)
Satellite	Es'hail 1 at 25,5°E (ex-Eutelsat 25B) — faisceau MENA
Position de distribution précédente	Eutelsat 21B at 21,5°E (Western Ku)
Antenne de réception	Prodelin, réflecteur parabolique à foyer primaire, $D = 450$ cm
Récepteur (tuner)	Tuner USB DVB-S2 TBS 5927
Plateforme de surveillance	EBS Pro (unique logiciel utilisé par l'auteur)
Fréquence / polarisation	11 180 MHz (mesuré 11 179,999 MHz) / V (verticale)
Débit symbole	27 497,381 kS/s
Norme / modulation	DVB-S2, Multistream / 8PSK
FEC	3/4
Code PLS	Gold, racine 253312
Flux d'entrée sélectionné (MIS)	16
Azimut (vrai / magnétique)	172,2° / 166,2°
Élévation	34,2°

Déport LNB (Skew)	−5,2°
Durée de l'unité de surveillance	t ≥ 72 heures (uptime enregistré 72:27:16)
Nombre d'échantillons de signal	259 200
Stabilité du Lock	100 %, sans coupure
Quality	100 %, sans baisse
preBER / BER	< 1,0 × 10 ^{−7}
SNR (plage / pointe)	12,4-12,6 dB / meilleure valeur 12,4 dB
MER (pointe)	13,4 dB
Niveau RF	−43 dBm
Débit binaire / flux d'entrée	25,269 Mbit/s / ~23,73 Mbps
Largeur de porteuse	32,996 MHz
Obstacle sur le trajet	ombrage partiel par la couronne d'un pommier proche du site

Conclusion

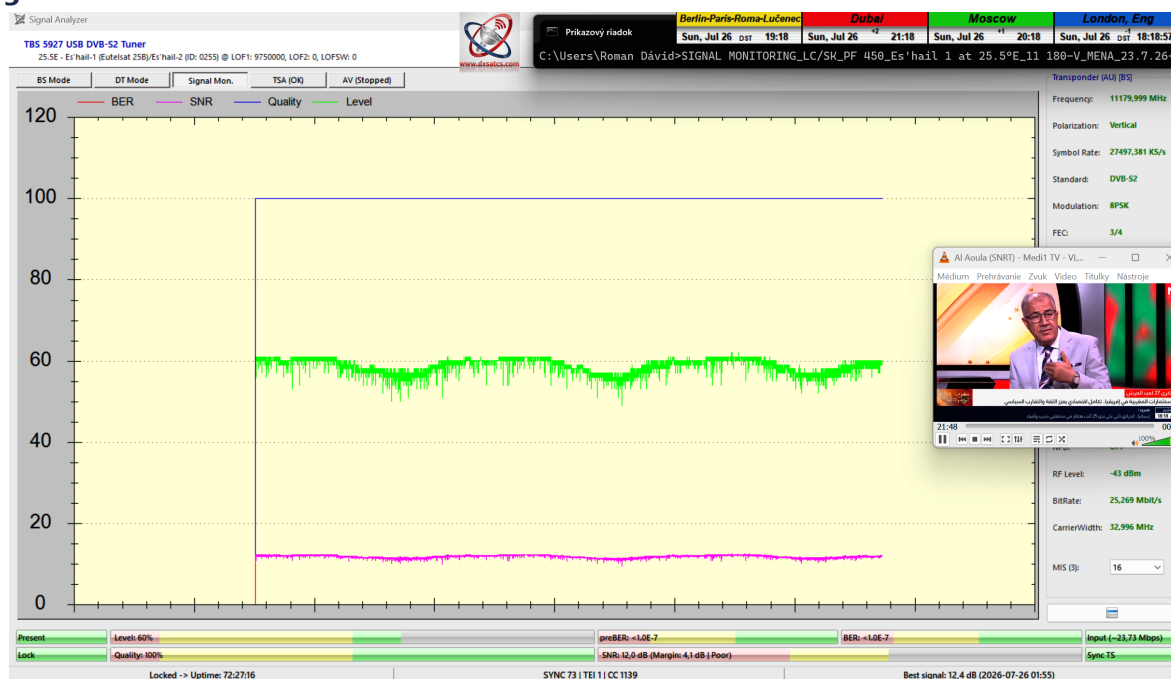
Cette étude de cas documente et confirme scientifiquement que la réception Out-of-Footprint de la fréquence porteuse du diffuseur marocain SNRT sur 11 180 MHz, pol. V, diffusée via le faisceau MENA du satellite Es'hail 1 at 25,5°E, est réalisable depuis le site de Lučenec (Slovaquie centrale) à un niveau de stabilité de Lock complète et de qualité d'image sans erreur pendant toute l'unité de surveillance de 72 heures, et ce malgré un obstacle végétal partiel sur le trajet du signal. L'analyse de la technologie Multistream et du code PLS Gold 253312 confirme que la génération actuelle de la couche de signalisation DVB-S2 offre une robustesse suffisante pour une identification et un démultiplexage fiables de la porteuse, y compris dans des conditions typiques de la réception OOF. Les résultats ont été obtenus conformément à la méthodologie « Visualized Proof » de l'auteur et étendent sa série existante d'études de cas OOF à une nouvelle position satellitaire et à un nouvel aspect technologique de la distribution du signal.

Références et bibliographie

- [1] ETSI EN 302 307-1/-2 — Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2 / DVB-S2X).
- [2] Dávid, R. (2020) : Visualized Proof — méthodologie de surveillance du signal pour les zones Out-of-Footprint, dxsatcs.com.
- [3] Dávid, R. : Étude de cas Express AM7 at 40°E — faisceau Indian, surveillance de 73 h 20 min, dxsatcs.com.
- [4] Dávid, R. : Étude de cas Rascom QAF-1R — faisceaux North Africa et South, dxsatcs.com.
- [5] DishPointer.com — outil de calcul et de vérification de l'azimut, de l'élévation et du déport LNB pour un site de réception et une position satellitaire donnés.
- [6] EBS Pro — plateforme logicielle de surveillance de signal pour récepteurs DVB-S/S2, utilisée comme unique outil de surveillance de l'auteur.

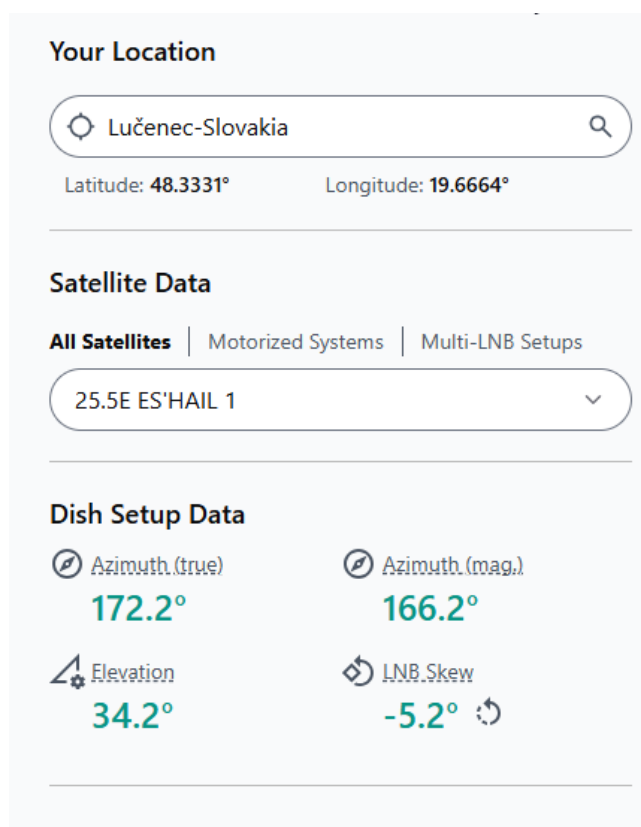
Annexe photographique

Fig. 1



Capture d'écran de l'analyseur de signal EBS Pro (tuner TBS 5927) montrant les courbes Quality, SNR, BER et Level pendant la session de surveillance sur le transpondeur 11 180 MHz V, Es'hail 1 at 25,5°E, avec le tableau des paramètres du transpondeur et la valeur d'uptime 72:27:16 attestant d'un Lock ininterrompu.

Fig. 2



Sortie de l'outil indépendant DishPointer.com pour le site de réception Lučenec-Slovakia et la position satellitaire 25,5°E ES'HAIL 1, avec les valeurs calculées d'azimut (vrai/magnétique),

d'élévation et de déport LNB utilisées pour vérifier les données de pointage dans cette étude.