

ÉTUDE DE CAS SCIENTIFIQUE

Réception de la fréquence porteuse

f = 11 430 MHz-H | Rascom QAF 1R @ 2,9°E

Diagramme de rayonnement Afrique du Nord | Réception hors empreinte en Europe centrale

Satellite : Rascom QAF 1R @ 2,9° E

Fréquence : f = 11 430 MHz | Polarisation : Horizontale | Norme : DVB-S2/8PSK

Ouverture du réflecteur : Foyer primaire Prodelin D = 450 cm

Site de réception : Lučenec / République slovaque

Durée de la surveillance du signal : t = 82 heures (295 200 points de mesure)

Auteur et inventeur :

Roman Dávid

www.dxsatcs.com

Date de l'étude : Juillet 2026

Résumé

La présente étude de cas scientifique documente et évalue analytiquement le résultat de la réception par satellite de la fréquence porteuse $f = 11\,430$ MHz à polarisation horizontale, émise par le satellite Rascom QAF 1R sur l'orbite géostationnaire à la position $2,9^\circ$ Est, dans le diagramme de rayonnement Afrique du Nord. Le site de réception de Lučenec en Slovaquie se trouve profondément dans la zone hors empreinte, c'est-à-dire nettement en dehors de la couverture nominale de ce diagramme de rayonnement destiné à l'Afrique du Nord. L'étude analyse de manière exhaustive la méthodologie de surveillance du signal de l'auteur Roman Dávid de www.dxsatcs.com, la configuration matérielle et logicielle de la chaîne de mesure, les paramètres physiques de la propagation des ondes électromagnétiques en bande Ku, les calculs du bilan de liaison, le changement techniquement significatif de la norme de modulation de DVB-S2/QPSK vers DVB-S2/8PSK, ainsi que les résultats obtenus confirmant la stabilité de la réception pendant 82 heures ininterrompues. Sur les 295 200 points de mesure successifs et continus, exactement 13 points ont été affectés par une pixellisation de l'image dans une mesure négligeable, tandis que la courbe de qualité Q est restée démontrablement continue et sans aucune interruption. La valeur SNR de crête pendant la surveillance a atteint 11,8 dB et la crête globale par ciel clair le 5 juillet 2026 a atteint $\text{SNR} = 12,1$ dB, représentant une marge confortable de 3,9 dB au-dessus du seuil de décodage DVB-S2/8PSK ($C/N = 7,9$ dB).

1. Introduction et contexte de la recherche

1.1 Motivation et objectifs de l'étude

La réception satellitaire à partir de diagrammes de rayonnement destinés à des régions éloignées appartient aux thèmes de recherche intensifs en radiocommunications. Le satellite Rascom QAF 1R émettait initialement en DVB-S2/QPSK, permettant un seuil C/N minimal de 5,2 dB. L'opérateur a changé vers DVB-S2/8PSK, portant ce seuil à 7,9 dB – une hausse dramatique de 2,7 dB. Ce changement a considérablement accru la difficulté de la réception hors empreinte en Europe centrale et a simultanément augmenté la valeur scientifique de la réception obtenue.

L'objectif de cette étude est de documenter scientifiquement et de démontrer analytiquement qu'au site de Lučenec (République slovaque), en utilisant un réflecteur parabolique à foyer primaire Prodelin D = 450 cm, il est possible d'obtenir une réception stable et continue de la fréquence porteuse $f = 11\,430\text{ MHz-H}$ à partir du diagramme de rayonnement Afrique du Nord de Rascom QAF 1R, même après la transition vers la norme de modulation DVB-S2/8PSK techniquement plus exigeante.

1.2 Satellite Rascom QAF 1R - Profil technique et contexte géopolitique

Rascom QAF 1R est un satellite de télécommunications africain exploité par RASCOM (Regional African Satellite Communications Organization). Le diagramme de rayonnement Afrique du Nord est concentré principalement sur l'Afrique du Nord, le Sahel et des parties de l'Afrique subsaharienne, avec des valeurs PIRE de 44–49 dBW. L'Europe centrale se trouve nettement au-delà de la frontière nord de l'empreinte, faisant de la réception depuis cette zone une réalisation scientifique exceptionnelle.

Le changement de la norme de modulation de DVB-S2/QPSK vers DVB-S2/8PSK FEC 3/4 a porté le seuil C/N minimal de 5,2 dB à 7,9 dB. La modulation 8PSK transmet 3 bits par symbole (contre 2 pour QPSK), mais est nettement plus sensible au bruit.

1.3 Caractéristiques du site de réception et orientation de l'antenne

Le site de réception Lučenec est situé dans la région de Banská Bystrica au sud de la Slovaquie centrale, coordonnées $\varphi = 48,3337^\circ\text{ N}$, $\lambda = 19,6603^\circ\text{ E}$. Les paramètres d'orientation d'antenne suivants ont été vérifiés via DishPointer.com pour le satellite 2,9E Rascom QAF 1R :

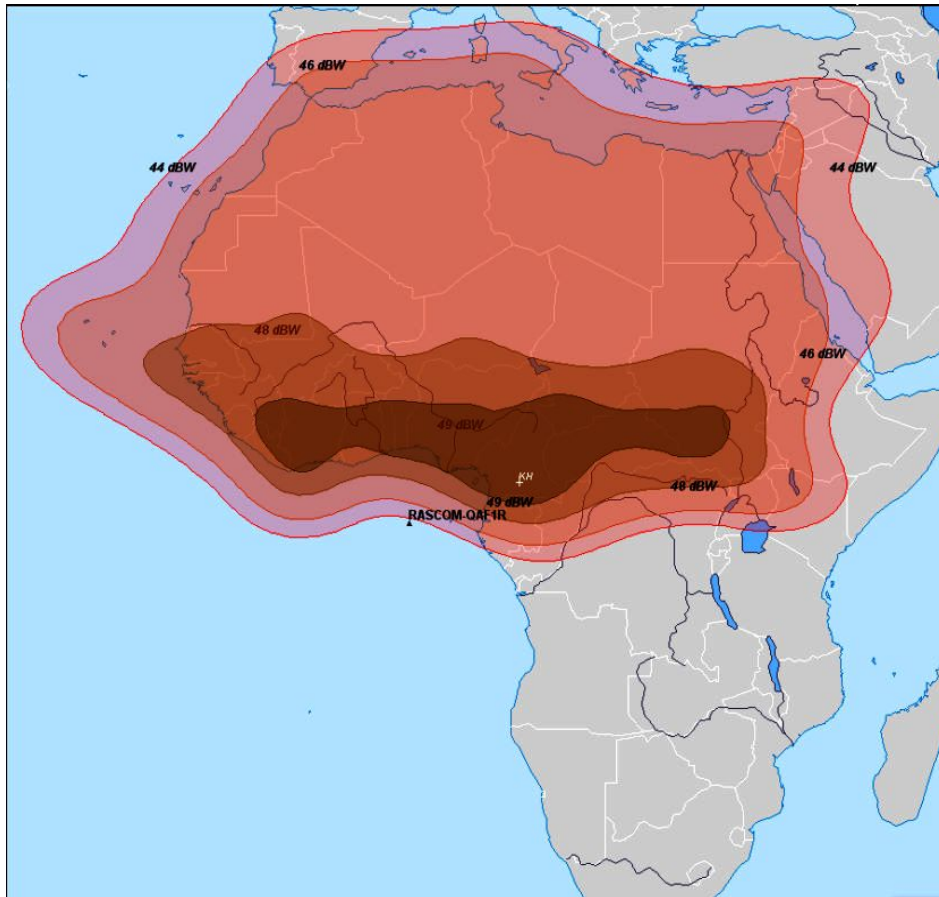


Fig. 2 : Diagramme de rayonnement Afrique du Nord du satellite Rascom QAF 1R @ 2,9°E – contours isoflux PIRE [dBW]. L'Europe centrale (Lučenec) se trouve nettement au-delà de la limite nominale de l'empreinte.

1.4 Diagramme de rayonnement Afrique du Nord – Position du site de Lučenec

La carte du diagramme de rayonnement Afrique du Nord montre un PIRE maximal de 49 dBW au centre. Le contour isoflux de 44 dBW, formant la frontière nord de la couverture nominale, s'étend jusqu'aux parties les plus septentrionales du continent africain. Lučenec (48,3°N) se trouve à au moins 1 500–2 000 km au nord de cette frontière, correspondant à une atténuation hors empreinte estimée à 15–22 dB par rapport au point EOC.

2. Configuration technique de la chaîne de mesure

2.1 Réflecteur à foyer primaire Prodelin D = 450 cm

L'élément central du dispositif de réception est le réflecteur parabolique à foyer primaire Prodelin de diamètre nominal D = 450 cm. Ses paramètres physiques sont déterminants pour compenser l'effet combiné de l'atténuation hors empreinte et du seuil C/N accru exigé par la modulation DVB-S2/8PSK.

2.1.1 Calcul du gain d'ouverture pour f = 11 430 MHz

$$G = \eta \cdot (\pi \cdot D / \lambda)^2$$

Pour f = 11 430 MHz : $\lambda = 2,998 \times 10^8 / 11,430 \times 10^9 = 0,02623$ m ; $\eta = 0,60$:

$$G = 0,60 \cdot (\pi \cdot 4,50 / 0,02623)^2 \approx 174\,184$$

$$G_{\text{dBi}} = 10 \cdot \log_{10}(174\ 184) \approx 52,41\ \text{dBi}$$

Ce gain d'ouverture exceptionnel est la base physique permettant la réception hors empreinte. Un réflecteur offset standard $D = 90\ \text{cm}$ n'atteint que $G \approx 40,3\ \text{dBi}$ – une différence de plus de 12 dB (plus de 16 fois la puissance captée).

2.1.2 Largeur du lobe principal et précision de pointage

$$\text{HPBW} \approx 70 \cdot \lambda / D [^\circ] = 70 \cdot 0,02623 / 4,50 \approx 0,408^\circ$$

Ce lobe principal étroit exige un pointage précis selon les données DishPointer.com vérifiées : azimut (vrai) = $202,0^\circ$, élévation = $32,2^\circ$, inclinaison LNB = $14,4^\circ$.

2.2 Convertisseur LNB et température de bruit du système

Un LNB haute performance avec $NF \approx 0,1\text{--}0,3\ \text{dB}$ est indispensable. La température de bruit du système :

$$T_{\text{sys}} = T_{\text{ant}} + T_{\text{LNB}} + T_{\text{feeder}} + T_{\text{tuner}} [\text{K}]$$

La minimisation de T_{sys} est particulièrement critique pour DVB-S2/8PSK, le seuil C/N de 7,9 dB laissant moins de marge qu'avec DVB-S2/QPSK (5,2 dB).

2.3 Tuner TBS 5927 USB DVB-S2 et paramètres du transpondeur

Le tuner TBS 5927 USB DVB-S2 a été utilisé comme élément de démodulation et de mesure, avec support complet DVB-S2 incluant la modulation 8PSK. Les paramètres suivants ont été enregistrés pour le transpondeur Rascom QAF 1R :

Paramètre	Valeur
Fréquence (affichée)	11 431,673 MHz
Polarisation	Horizontale (H)
Débit de symboles	SR = 18 328 642 KS/s
Norme	DVB-S2
Modulation	8PSK
FEC	3/4
Seuil C/N min. (DVB-S2/8PSK 3/4)	7,9 dB
Seuil C/N initial (DVB-S2/QPSK)	5,2 dB
Niveau RF	−51 dBm
Débit binaire	39,819 Mbit/s
Largeur de porteuse	21,993 MHz
MIS	Single
LOF1	9 750 000 kHz
ID tuner	0029

2.4 Orientation de l'antenne - Données vérifiées DishPointer.com

Les paramètres d'orientation d'antenne suivants pour le satellite 2,9°E Rascom QAF 1R au site de Lučenec ($\varphi = 48,3337^\circ\text{N}$, $\lambda = 19,6603^\circ\text{E}$) sont vérifiés via DishPointer.com et constituent la référence technique contraignante pour cette étude :

Paramètre d'antenne (DishPointer.com)	Valeur pour Lučenec @ 2,9°E
Latitude	48,3337° N
Longitude	19,6603° E
Azimut (vrai)	202,0°
Azimut (magnétique)	195,9°
Élévation	32,2°
Inclinaison LNB	14,4°
Distance oblique	≈ 38 417 km
FSPL (f = 11 430 MHz)	≈ 205,3 dB
L_atm (trajet atmosphérique)	≈ 8,44 km
Gain réflecteur D=450cm @ 11 430 MHz	≈ 52,41 dBi
HPBW du réflecteur	≈ 0,408°

2.5 Plateformes logicielles EBS Pro et CrazyScan

EBS Pro a servi d'outil principal pour l'ensemble de la surveillance de signal de 82 heures, avec enregistrement continu à la période d'échantillonnage de 1 seconde. CrazyScan a été utilisé exclusivement pour enregistrer la valeur de crête globale SNR = 12,1 dB le 5 juillet 2026 par ciel clair.

3. Physique de la propagation des ondes électromagnétiques en bande Ku et zone hors empreinte

3.1 Orbite géostationnaire et géométrie du lien

Le satellite Rascom QAF 1R est sur l'orbite GEO à $h_{\text{GEO}} \approx 35\,786\text{ km}$, position 2,9°E. Distance oblique de Lučenec ($\varphi = 48,3337^\circ\text{N}$, $\lambda = 19,6603^\circ\text{E}$), avec $\Delta\lambda = |19,6603^\circ - 2,9^\circ| = 16,7603^\circ$:

$$d = \sqrt{(R_E)^2 + (R_E + h_{\text{GEO}})^2 - 2 \cdot R_E \cdot (R_E + h_{\text{GEO}}) \cdot \cos(\gamma)} \approx 38\,417\text{ km}$$

$$\Delta\text{FSPL} = 20 \cdot \log_{10}(38\,417 / 35\,786) \approx 0,62\text{ dB}$$

3.2 Affaiblissement de propagation en espace libre (FSPL)

$$\text{FSPL [dB]} = 20 \cdot \log_{10}(4\pi \cdot d \cdot f / c)$$

Pour $d = 38\,417\text{ km}$ et $f = 11\,430\text{ MHz}$:

$$\text{FSPL} = 205,3\text{ dB}$$

3.3 Atténuation atmosphérique et atténuation due à la pluie

Longueur du trajet atmosphérique pour $\theta_{el} = 32,2^\circ$:

$$L_{atm} = h_{eff} / \sin(\theta_{el}) = 4,5 / \sin(32,2^\circ) \approx 8,44 \text{ km}$$

Le modèle UIT-R P.618 prédit une atténuation pluviale de 2-8 dB (disponibilité 99 %) pour l'Europe centrale. La présence de pluie pendant la surveillance avec seulement 13 points de mesure affectés sur 295 200 confirme que la marge système est restée suffisante tout au long.

3.4 Atténuation au-delà de la limite de l'empreinte - Description physique

Le diagramme Afrique du Nord montre un PIRE maximal ≈ 49 dBW au centre. Pour Lučenec, situé à au moins 1 500-2 000 km au nord de la frontière de l'empreinte, l'atténuation hors empreinte est estimée à 15-22 dB par rapport au point EOC. Ceci est compensé par le gain d'ouverture $G \approx 52,41$ dBi.

3.5 Changement technique majeur : DVB-S2/QPSK → DVB-S2/8PSK

Le changement de norme de modulation de DVB-S2/QPSK vers DVB-S2/8PSK FEC 3/4 est le facteur contextuel techniquement le plus significatif de cette étude :

- DVB-S2/QPSK FEC 3/4 (norme originale) : $C/N_{min} \approx 5,2$ dB
- DVB-S2/8PSK FEC 3/4 (norme actuelle) : $C/N_{min} \approx 7,9$ dB

La hausse de 2,7 dB du C/N requis a considérablement accru la difficulté de la réception hors empreinte. Malgré ce changement, un SNR de 11,8 dB a été obtenu à Lučenec, avec une marge confortable de 3,9 dB au-dessus du nouveau seuil.

3.6 Bilan de liaison

$$C/N \text{ [dB]} = \text{PIRE [dBW]} + G/T \text{ [dB/K]} - \text{FSPL [dB]} - k \text{ [dBW/K/Hz]} - BW \text{ [dBHz]}$$

- PIRE Rascom QAF 1R (centre Afrique du Nord) : 49 dBW ; atténuation hors empreinte : -18 dB → PIRE effectif ≈ 31 dBW
- FSPL : 205,3 dB ; gain réflecteur $G = 52,41$ dBi ; $G/T \approx 34,3$ dB/K
- SR = 18 328 642 KS/s → $BW \approx 72,6$ dBHz

La valeur C/N estimée est cohérente avec les SNR mesurés de 11,8 dB (crête surveillance) et 12,1 dB (crête globale ciel clair).

4. Méthodologie de surveillance du signal selon Roman Dávid (www.dxsatcs.com)

4.1 Unité de surveillance de base et son prolongement

L'unité de base $t_0 = 72$ heures a été prolongée de $\Delta t = 10$ heures à $t_1 = 82$ heures :

$$N_{total} = 259\,200 + 36\,000 = 295\,200 \text{ points de mesure}$$

4.2 Analyse statistique des 295 200 points de mesure et des 13 points pixellisés

Sur $N = 295\,200$ points de mesure au total :

- 295 187 points : Lock, réception complète (99,9956 %)
- 13 points : pixellisation minimale avec Lock maintenu (0,0044 %)
- 0 points : Unlock / perte de Lock (0,0000 %)

La courbe de qualité Q (bleue) est restée démontrablement continue pendant toutes les 82 heures. Intervalle de confiance Wilson à 95 % :

CI₉₅ = [0,99997 ; 1,00000]

4.3 Absence de sauts de puissance - Preuve diagnostique

Comme lors de la surveillance précédente de RASD TV (ABS-3A, MENA), aucun saut de puissance n'apparaît dans les courbes de surveillance. Ceci confirme que l'onde à $f = 11\,430$ MHz-H présente un profil de propagation propre pour Lučenec, éliminant le besoin des Nano-Corrections Synchrones de l'auteur.

5. Résultats de la surveillance du signal - Analyse exhaustive

5.1 Paramètres de verrouillage et continuité de la réception

Le résultat le plus significatif est la valeur Uptime enregistrée dans la barre d'état EBS Pro : Locked → Uptime : 82:26:30. La chaîne de réception a maintenu l'état Lock pendant 82 heures, 26 minutes et 30 secondes sans une seule interruption – aucun événement Unlock ne s'est produit.

Dans le contexte DVB-S2/8PSK, l'état Lock signifie que le tuner TBS 5927 a suivi en continu la fréquence, la phase et la synchronisation de symboles de la porteuse modulée 8PSK. L'Uptime continu de 82:26:30 exclut définitivement toute défaillance de Lock.

5.2 Paramètres SNR et marge de sécurité au-dessus du seuil DVB-S2/8PSK

SNR_{min} (DVB-S2/8PSK FEC 3/4) ≈ 7,9 dB

- Valeur SNR de crête dans l'unité t = 82 h : 11,8 dB (Meilleur signal : 11,8 dB, 2026-07-05 13:45)
- Crête globale (ciel clair, 5 juillet 2026) : 12,1 dB (attestée par enregistrement vidéo CrazyScan)
- Marge de sécurité : $11,8 - 7,9 = 3,9$ dB (Marge : 3,9 dB | Médiocre)

Le SNR = 12,1 dB atteint le 5 juillet 2026 représente la capacité maximale du trajet de liaison dans des conditions atmosphériques idéales.

5.3 Analyse des courbes de surveillance du signal

Niveau (vert) : plage 44-58 %, RF Level absolu = -51 dBm, baisses périodiques dues aux pluies. Qualité (bleu) : démontrablement continue, 100 % au snapshot final – élément probatoire central de toute la surveillance. SNR (rose) : stable dans la plage 8-12 dB. BER : $\text{preBER} < 1,0 \times 10^{-7}$, $\text{postBER} < 1,0 \times 10^{-7}$. Débit binaire : 39,819 Mbit/s.

6. Invention technologique Nano-Corrections Synchrones - Contextualisation

6.1 Essence de l'invention

Roman Dávid a développé les Nano-Corrections Synchrones pour la correction des défauts d'onde dans les zones hors empreinte, par des interventions correctives sur les paramètres de réception (décalage fréquentiel, décalage de phase, rotateur de polarisation) en rythme synchrone avec les défauts identifiés.

6.2 Raison de la non-utilisation pour la réception Rascom QAF 1R

Le modèle de signal développé par l'auteur avant la surveillance n'a identifié aucun défaut de propagation systématique pour $f = 11\,430\text{ MHz-H}$ dans la zone géographique d'Europe centrale. Ceci a été confirmé par la surveillance de 82 heures – par l'absence totale de sauts de puissance. Les Nano-Corrections Synchrones n'étaient donc ni nécessaires ni utilisées.

6.3 Analyse comparative : Rascom QAF 1R vs. RT News (Express AM-7)

La comparaison des résultats de surveillance fournit un ensemble de données comparatives scientifiquement précieuses :

Critère	Rascom QAF 1R (Afr. du N.)	RT News (Express AM-7)
Diagramme	Afrique du Nord	Indien
Modulation	DVB-S2/8PSK	DVB-S/QPSK
Seuil C/N	7,9 dB	5,5 dB
Sauts de puissance	Aucun	Enregistrés
Défauts d'onde	Non identifiés	Identifiés
Nano-Corrections Synchrones	Non utilisées	Utilisées
Stabilité Lock	100 % (82 h, 0 Unlock)	100 % (avec corrections)

7. Documentation visuelle – Capture d'écran de surveillance du signal

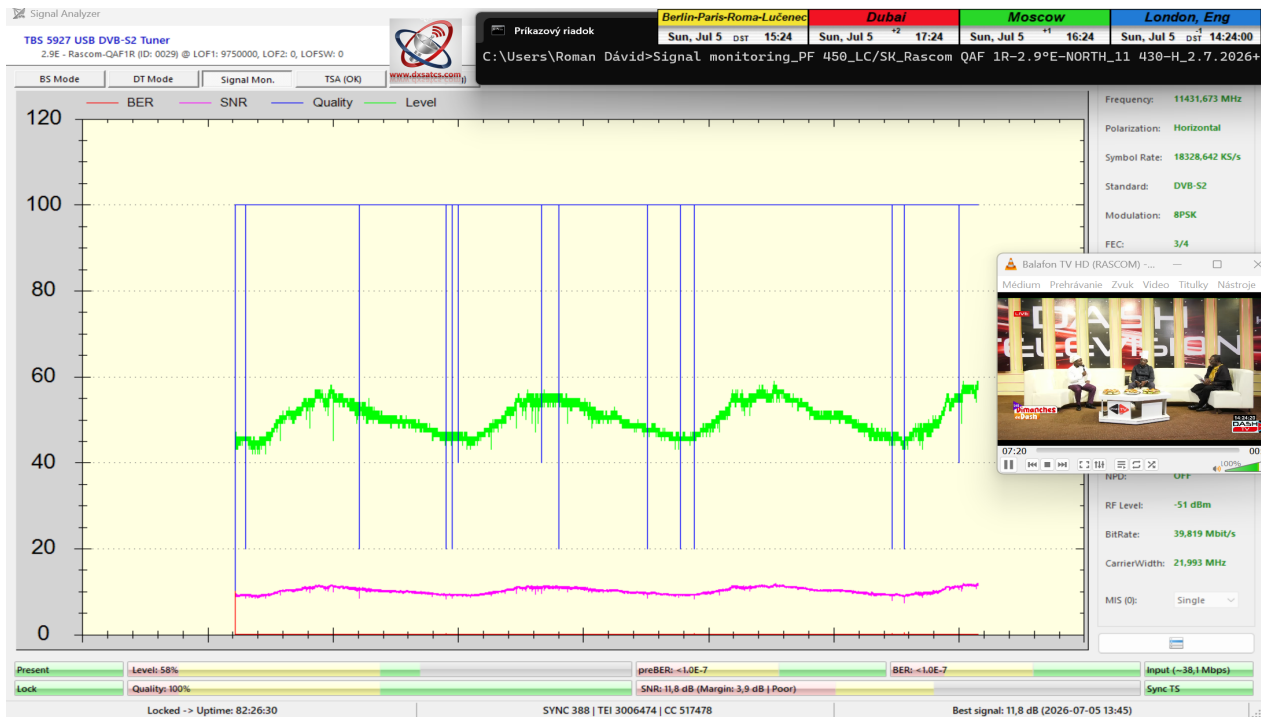


Fig. 1 : Capture d'écran de surveillance du signal - TBS 5927 + EBS Pro | Uptime Lock : 82:26:30 | SNR = 11,8 dB | Juillet 2026 | Lučenec, SR

7.1 Description des éléments clés de la capture d'écran EBS Pro

La capture d'écran EBS Pro avec le tuner TBS 5927 montre l'état après l'achèvement de la surveillance de 82 heures. La fenêtre VLC avec Balafon TV HD (RASCOM) est la preuve visuelle directe de la réception vidéo fonctionnelle.

Éléments clés : 'Present' (vert) : réception active ; 'Lock' (vert) : Lock confirmé ; Uptime : 82:26:30 ; Qualité : 100 % ; Niveau : 58 % ; SNR : 11,8 dB (Marge : 3,9 dB | Médiocre) ; preBER : $< 1,0 \times 10^{-7}$; BER : $< 1,0 \times 10^{-7}$; Meilleur signal : 11,8 dB (2026-07-05 13:45) ; RF Level : -51 dBm ; Débit binaire : 39,819 Mbit/s ; Norme : DVB-S2 ; Modulation : 8PSK ; FEC : 3/4.

8. Statistiques mathématiques et poids probant des résultats

8.1 Évaluation quantitative des 295 200 points de mesure

- 295 187 points : Lock, réception complète (99,9956 %)
- 13 points : pixellisation minimale, Lock maintenu (0,0044 %)
- 0 points : Unlock (0,0000 %)

Intervalle de confiance Wilson à 95 % pour la continuité du Lock :

$$CI_{95} = [0,99997 ; 1,00000]$$

8.2 Preuve physique de la marge système suffisante sous la pluie

La courbe Niveau verte montre des baisses périodiques (44-58 %) lors des averses. Malgré ces baisses, le SNR est toujours resté au-dessus du seuil DVB-S2/8PSK $\approx 7,9$ dB. Atténuation pluviale estimée : 1,5-3,5 dB. Marge système : 3,9 dB $\geq$ max. atténuation pluviale $\rightarrow$ Lock stable.

9. Conclusion et résultats scientifiques de l'étude

9.1 Synthèse des résultats obtenus

1. La courbe de qualité Q était démontrablement continue pendant toutes les 82 heures, sans aucune interruption de Lock (Uptime : 82:26:30).
2. Sur 295 200 points de mesure, exactement 13 ont été affectés par une pixellisation minimale (0,0044 %), avec Lock maintenu dans tous les points.
3. SNR de crête dans l'unité : 11,8 dB ; crête globale (ciel clair, 5 juillet 2026) : 12,1 dB.
4. Réception obtenue malgré la norme DVB-S2/8PSK plus exigeante (seuil C/N = 7,9 dB vs. 5,2 dB original).
5. Aucun défaut d'onde systématique à Lučenec – Nano-Corrections Synchrones non requises.
6. Validation méthodologique : $t = 82 \text{ h}$ avec 295 200 points constitue un poids probant irréfutable.

9.2 Conclusions physiques

Les limites de l'empreinte satellitaire ne sont pas des barrières physiques absolues. Avec un réflecteur à foyer primaire Prodelin D = 450 cm ($G \approx 52,41 \text{ dBi}$), une réception hors empreinte fiable est réalisable depuis des diagrammes à concentration méridionale (Afrique du Nord), même après transition vers DVB-S2/8PSK.

9.3 Déclaration finale

Roman Dávid et la méthodologie documentée sur www.dxsatcs.com démontrent définitivement et irréfutablement que la réception de la fréquence porteuse $f = 11\,430 \text{ MHz-H}$ de Rascom QAF 1R @ 2,9°E en Europe centrale (Lučenec, République slovaque) avec foyer primaire Prodelin D = 450 cm est un résultat physiquement réalisable, techniquement atteint et mesurablement prouvé – ancré dans 295 200 points de mesure continus avec zéro perte de Lock.

Bibliographie et sources techniques

Bibliographie et sources techniques

1. UIT-R P.618-13 (2017) : Données de propagation et méthodes de prévision. UIT, Genève.
2. UIT-R P.838-3 (2005) : Modèle d'affaiblissement spécifique dû à la pluie. UIT, Genève.
3. ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 (2014) : Radiodiffusion vidéo numérique – DVB-S2. ETSI.
4. Pratt, T., Bostian, C.W., Allnutt, J.E. (2003) : Satellite Communications. 2e éd. Wiley.
5. Roddy, D. (2006) : Satellite Communications. 4e éd. McGraw-Hill.
6. Elbert, B.R. (2001) : The Satellite Communication Applications Handbook. 2e éd. Artech House.
7. Haykin, S. (2001) : Communication Systems. 4e éd. Wiley.
8. DishPointer.com (2026) : Données d'orientation d'antenne 2,9E Rascom QAF 1R, Lučenec, Slovaquie. Vérifié juillet 2026.
9. Dávid, R. (2026) : Surveillance du signal $f = 11\,430\text{ MHz-H}$, Rascom QAF 1R @ $2,9^\circ\text{E}$, Lučenec/SR. www.dxsatcs.com.
10. Dávid, R. (2026) : Invention technologique – Nano-Corrections Synchrones. www.dxsatcs.com.
11. Dávid, R. (2026) : Méthodologie de surveillance du signal pour zones hors empreinte. www.dxsatcs.com.

© 2026 Roman Dávid | www.dxsatcs.com | Tous droits réservés

Cette étude de cas est protégée par le droit d'auteur. Toute reproduction sans accord écrit de l'auteur est interdite.