

Union internationale des télécommunications

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R S.1527**  
(06/2001)

**Procédure d'identification des satellites non  
géostationnaires brouillant une station  
terrienne géostationnaire en service**

**Série S**  
**Service fixe par satellite**



Union  
internationale des  
télécommunications

## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	<b>Service fixe par satellite</b>
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2012

© UIT 2012

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R S.1527\*

**Procédure d'identification des satellites non géostationnaires  
brouillant une station terrienne géostationnaire en service**

(Question UIT-R 231/4)

(2001)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation contient une méthode de calcul de l'heure à laquelle un satellite non OSG s'approche ou traverse le faisceau principal d'une antenne de station terrienne OSG du SFS pour ensuite, à l'aide des éphémérides, identifier la constellation de satellites non OSG produisant le brouillage.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000) (CMR-2000) a adopté un ensemble de limites de puissance surfacique équivalente de liaison descendante ( $epfd_{\downarrow}$ ) de validation pour une seule source de brouillage, opérationnelles pour une seule source de brouillage et, pour certaines dimensions d'antenne, les limites opérationnelles d' $epfd_{\downarrow}$  additionnelles pour une seule source de brouillage énoncées dans l'Article 22 du Règlement des radiocommunications (RR), ainsi que les limites de puissance cumulative de la Résolution 76 (CMR-2000) qui s'appliquent aux systèmes non géostationnaires (non OSG) du service fixe par satellite (SFS) pour protéger les réseaux OSG dans certaines parties de la gamme de fréquences 10,7-30 GHz;
- b) qu'il faut une procédure pour identifier un satellite non OSG du SFS susceptible de causer du brouillage lorsqu'il se rapproche du faisceau principal d'une station terrienne OSG en service ou qu'il le traverse,

*notant*

- a) que pour exécuter une procédure d'identification précise, il faut disposer des données à jour des éphémérides relatives aux constellations non OSG;
- b) que ces données des éphémérides peuvent être habituellement accessibles au public;
- c) que l'élaboration d'une Recommandation distincte relative à la mesure des niveaux d' $epfd_{\downarrow}$  de crête, produits par un satellite non OSG identifié, auxquels est exposée une station terrienne OSG en service est en cours,

*recommande*

**1** d'utiliser la méthode présentée dans l'Annexe 1 pour calculer l'heure à laquelle un satellite non OSG s'approche ou traverse le faisceau principal d'une antenne de station terrienne OSG du SFS pour ensuite, à l'aide des éphémérides, identifier la constellation de satellites non OSG produisant le brouillage;

---

\* La Commission d'études 4 des radiocommunications a apporté des modifications de forme à la présente Recommandation en septembre 2011 conformément à la Résolution UIT-R 1.

2 à l'opérateur du système à satellite non OSG d'aider l'opérateur du réseau OSG du SFS à obtenir les éphémérides les plus récentes si elles sont nécessaires pour identifier la source de brouillage.

## Annexe 1

### 1 Introduction

La présente Annexe contient une procédure qui permettra aux opérateurs de stations terriennes OSG d'identifier des satellites non OSG causant des pertes de synchronisation ou des dégradations importantes dans les liaisons descendantes des systèmes OSG.

Elle est composée de trois parties. La première a pour but de montrer que par la simple observation d'un signal brouillant une station terrienne OSG, on peut établir la liste des constellations non OSG existantes susceptibles de causer ces brouillages, la deuxième contient la description d'une configuration d'essai destinée à l'identification d'une constellation non OSG et la troisième contient un exemple d'application de la procédure pour identifier la constellation HIBLEO-4FL.

La présente procédure est une étape importante vers la mesure des niveaux de puissance surfacique auxquels une constellation non OSG expose une station terrienne OSG en service.

### 2 Analyse préliminaire

La présente partie a pour but de montrer que par la simple observation d'un signal brouillant une station terrienne OSG, on peut établir la liste des constellations non OSG existantes pouvant être responsables de ce brouillage.

#### 2.1 Observation du brouillage

Lorsqu'un réseau OSG du SFS subit un brouillage, l'opérateur doit d'abord déterminer si la source du brouillage est interne ou externe à son réseau.

On reconnaît un système non OSG brouilleur au moyen d'un ou de plusieurs éléments de l'ensemble suivant:

- la répétition du brouillage et sa période;
- la durée du brouillage;
- la fréquence du brouillage;
- une estimation du niveau de brouillage (qui produit la perte de synchronisation ou une dégradation importante du signal OSG reçu);
- la date et l'heure exacte du premier cas de dégradation des performances;
- les caractéristiques du signal brouilleur émis;
- le cas échéant, les courbes d'analyse spectrale des conditions nominales et de brouillage.

Au moyen des caractéristiques du signal brouilleur, on peut établir la liste des systèmes non OSG, inscrits à l'UIT, dont les signatures peuvent correspondre à la signature observée.

## 2.2 Hypothèse relative au système brouilleur éventuel

Pour identifier les systèmes non OSG pouvant être responsables du brouillage subi par la station terrienne OSG, il faut tout d'abord établir la liste complète des systèmes non OSG existants fonctionnant dans la bande qui intéresse l'opérateur OSG.

On peut établir une telle liste au moyen des caractéristiques des fréquences radioélectriques inscrites à l'UIT, qui donnent des informations sur les constellations non OSG présentant de l'intérêt pour l'identification du système non OSG, par exemple:

- la période de la constellation non OSG;
- la gamme de fréquences utilisée par la constellation;
- les numéros des émissions de la constellation (c'est-à-dire les numéros de largeur de bande et de fréquence);
- les niveaux escomptés de puissance au sol, etc.

Etant donné ces informations et le nombre restreint de systèmes non OSG en orbite qui coexistent éventuellement, la liste des brouilleurs possibles sera relativement courte.

La crête de puissance d' $epfd_{\downarrow}$  produite par un système non OSG peut se présenter dans deux configurations:

- lorsqu'un satellite non OSG continue d'émettre par ses lobes latéraux et qu'il est sur l'axe de visée de la station OSG;
- lorsqu'un satellite est sur le point d'arrêter ses émissions quand il approche de l'arc OSG.

Dans les deux cas, la crête de puissance  $epfd_{\downarrow}$  a des configurations géométriques claires.

Le deuxième élément qui aidera à identifier un système non OSG est la coïncidence dans le temps d'un événement de brouillage et de la situation géométrique particulière du satellite non OSG par rapport au réseau OSG.

Pour déterminer la position d'un satellite non OSG par rapport à une station terrienne OSG à un instant donné, il faut connaître les éphémérides de référence et disposer d'un logiciel de calcul des orbites. Les logiciels de calcul des orbites sont disponibles sur Internet et donnent des informations telles que:

- l'élévation et l'azimut des satellites non OSG lorsqu'ils traversent un faisceau principal de station terrienne OSG;
- la possibilité que des satellites d'une constellation non OSG sont visibles depuis l'emplacement d'une station terrienne OSG donnée;
- la position des satellites par rapport à la station terrienne OSG lorsque survient le problème de brouillage.

Si l'on ne connaît pas par ailleurs les éphémérides du système non OSG, l'opérateur du système à satellite non OSG doit aider l'opérateur du réseau OSG du SFS à obtenir les informations les plus récentes à ce sujet.

Une difficulté qui survient dans l'identification d'un satellite non OSG dans la direction de l'orbite OSG est le fait que le signal non OSG est mélangé aux signaux du satellite OSG, ce qui ne le rend pas aisément identifiable.

## 2.3 Programme des essais

Le présent paragraphe explique la manière de déterminer la direction de pointage dans laquelle la probabilité de trouver des satellites de systèmes non OSG est élevée.

Si l'on dispose des éphémérides à jour et d'un logiciel de calcul des orbites associé, on peut déterminer tous les passages des satellites dans les  $\pm X^\circ$  de l'azimut et des élévations de l'antenne, le nom des satellites, ainsi que l'heure et la durée de chaque passage. De telles informations peuvent être utilisées pour déterminer une fenêtre (azimut  $\times$  élévation) de  $\pm X^\circ$  d'un côté pour lequel la probabilité d'avoir des passages de satellite est maximale. Cette opération devra être exécutée pour chaque système non OSG susceptible de causer le brouillage.

L'opérateur doit établir, pour la période programmée de l'essai, le Tableau 1 en fonction de l'azimut sélectionné:

TABLEAU 1  
Calendrier du programme d'essai

Système non OSG éventuellement en cause	Pointage de l'antenne d'essai	Fenêtre de probabilité optimale (azimut $\times$ élévation)	Passage du satellite	Jour du passage (j:m:a) <sup>(1)</sup>	Heure théorique du passage (h:m:s) <sup>(2)</sup>
1			<i>x</i> <i>y</i> <i>z</i>	(j:m:a) <sub><i>x</i></sub> (j:m:a) <sub><i>y</i></sub> (j:m:a) <sub><i>z</i></sub>	(h:m:s) <sub><i>x</i></sub> (h:m:s) <sub><i>y</i></sub> (h:m:s) <sub><i>z</i></sub>
2					
3					

(1) (j:m:a): jour, mois, année.

(2) (h:m:s): heure, minutes, secondes, millièmes de seconde.

### 3 Présentation de la configuration d'essai

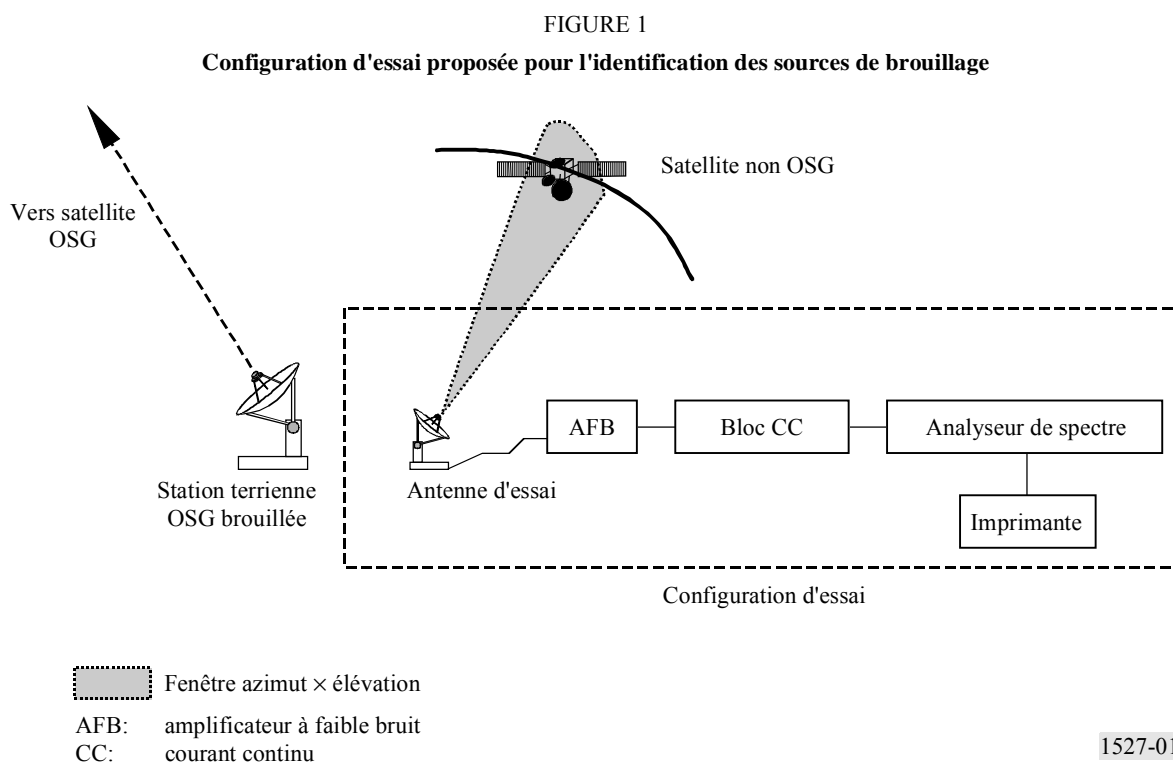
#### 3.1 Mise en place de la configuration d'essai

La configuration d'essai proposée mesurera le niveau de puissance surfacique du signal de systèmes non OSG reçu par la station terrienne OSG dans la direction de pointage qui présente la plus grande probabilité de passage de satellites par rapport à l'emplacement de la station terrienne OSG (voir le § 2.3).

L'antenne d'essai, indépendante de l'antenne de la station terrienne OSG, peut être de petit diamètre, soit 1,2 ou 3 m. En effet, l'examen n'a pas pour but de mesurer le niveau de brouillage engendré mais de détecter et d'observer les signaux provenant d'un satellite non OSG donné, à la fréquence à laquelle le brouillage a été détecté dans la station terrienne OSG. L'antenne d'essai est située à proximité de cette dernière.

Le signal peut également être observé dans les bandes de télémesure. En effet, la plupart des systèmes non OSG du SFS ne desservent pas l'ensemble de la zone de visibilité du satellite, et le satellite observé n'émet donc pas nécessairement en direction de l'emplacement de mesure. Pour faire la première observation du signal, il faut donc valider des paramètres de la constellation en observant les bandes de télémesure.

La configuration d'essai proposée pour l'identification des sources de brouillage non OSG est la suivante:



Les informations requises pour les éléments de la configuration d'essai sont données dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Antenne d'essai et alimentation électrique	Taille Gain de fréquence Diagramme de gain d'antenne	Communiquées par le fabricant
AFB	Gamme de fréquences Gain et température de bruit	Mesurés par le fabricant
Câbles coaxiaux	Câbles à faibles pertes Affaiblissement en fonction de la fréquence	Mesurés au cours des essais d'étalonnage (voir le § 3.2)
Bloc CC	Affaiblissement	Mesuré
Alimentation électrique	Compatible avec la tension de l'AFB	
Analyseur de spectre	Faible bruit de fond Gamme de fréquences compatibles avec les essais	
Imprimante	Compatible avec l'analyseur de spectre	

Pour obtenir des résultats précis, il est nécessaire d'étalonner la chaîne de réception d'essai comme indiqué dans le § 3.2.

### 3.2 Etalonnage de la configuration d'essai

L'étalonnage de la configuration d'essai consiste à mesurer le gain et l'affaiblissement de l'ensemble de la chaîne de réception ainsi que la précision de pointage de l'antenne d'essai en direction de l'azimut et de l'élévation prévus du satellite non OSG. Il est en effet important, à l'étalonnage de la chaîne de réception, que le rapport porteuse-bruit ( $C/N$ ) escompté du signal caractéristique non OSG soit suffisamment élevé pour être détecté par la configuration d'essai. Un excès d'affaiblissement dans la chaîne de réception peut compromettre la réussite de l'essai.

### 4 Exemple: Application de la procédure d'identification au système HIBLEO-4FL

Pour démontrer la faisabilité de la technique, un essai pratique de détection des signaux d'un système non OSG a été effectué depuis deux emplacements distincts, l'un près de Washington DC, aux Etats-Unis d'Amérique, l'autre à la station terrienne de Goonhilly, au Royaume-Uni.

Le système HIBLEO-4FL (Globalstar) a été choisi pour les raisons suivantes:

- ses paramètres orbitaux pour une constellation de 48 satellites inclinée à  $52^\circ$ , à une altitude de 1 414 km, sont représentatifs des systèmes non OSG concernés;
- il rayonne vers la Terre un signal de télémétrie à puissance constante (largeur de bande de 7 kHz) qui est fonction de l'élévation;
- les émissions au voisinage de 7 GHz utilisent une antenne à faisceau unique, à polarisation circulaire, qui sont parfaitement détectables au moyen d'une antenne à polarisation linéaire;
- ce système est le seul à utiliser la bande descendante des 7 GHz, ce qui évite toute confusion avec des signaux provenant d'autres systèmes à satellite;
- l'équipement d'essai pour la fréquence 7 GHz était disponible dans le commerce.

Les essais ont montré qu'il est possible:

- d'établir une signature de constellation non OSG sans mettre en œuvre des signaux de signature normalisés spécifiques;
- de détecter des satellites d'un système non OSG fonctionnant en orbite basse en modulation à accès multiple par répartition en code;
- de prévoir avec précision la position de satellites non OSG par rapport à l'emplacement de la station terrienne OSG.

Il est important de noter que le système HIBLEO-4FL est très proche d'un système tel que le F-SAT MULTI 1B en termes de paramètres orbitaux et de puissance surfacique au sol. Le Tableau 3 présente les valeurs les plus importantes des paramètres orbitaux de la constellation et de niveau de puissance surfacique.

TABLEAU 3

	F-SAT MULTI 1B	HIBLEO-4FL
Altitude (km)	1 469	1 414
Type d'orbite	Circulaire	Circulaire
Inclinaison (degrés)	53	52
Fréquence (GHz)	10,7-12,75 pour la liaison descendante	Au voisinage de 6,8 pour la télémétrie
Niveau de puissance surfacique (pfd) (dB(W/(m <sup>2</sup> · 40 kHz)))	Aux environs de -145	$pfd_{min} = -148$ $pfd_{max} = -135,8$



Les tests effectués aux Etats-Unis d'Amérique (dont une description détaillée est reproduite en Appendice 1) et au Royaume-Uni prouvent que le système HIBLEO-4FL est détectable, identifiable et que l'heure de passage d'un satellite dans le faisceau principal d'une antenne de station terrienne OSG, quel que soit le pointage, peut être prévue avec une précision de 3 s environ.

## 5 Conclusion

Il a été démontré dans la présente Annexe que l'identification d'une constellation non OSG est possible, à faible coût. On peut prévoir l'heure de passage d'un satellite non OSG à proximité ou dans le faisceau central d'une station terrienne OSG avec une précision de 3 s environ. Une procédure simple comme celle présentée ici donne des informations qui sont déterminantes pour les opérateurs de systèmes OSG qui cherchent à connaître les systèmes non OSG qui sont à l'origine des brouillages constatés.

## Appendice 1

### à l'Annexe 1

L'exemple donné dans le présent Appendice est celui de l'essai effectué aux Etats-Unis d'Amérique.

## 1 Préparatifs

### 1.1 Recherche d'informations sur le système HIBLEO-4FL

Pour préparer l'essai, il faut réunir toutes les informations possibles sur la constellation HIBLEO-4FL à partir de son inscription à l'UIT (référence: RES46/C/182). On trouvera dans le fichier les informations suivantes sur ce système non OSG:

#### *Configuration de la constellation*

Le système HIBLEO-4FL est une constellation non OSG de 48 satellites combinés en huit plans de six satellites sur orbite circulaire à une altitude de 1 414 km, inclinée à 52°. Les 48 satellites étaient tous en orbite au moment des essais.

#### *Plan de fréquences*

Les fréquences des porteuses de télémétrie se situent entre 6 876 et 6 877,1 MHz, compte non tenu du décalage par effet Doppler. Il y a huit blocs de 13 porteuses de connexion chacun pour les liaisons descendantes du satellite à la passerelle. Chaque porteuse a une largeur de bande de 1,23 MHz. Chaque bloc occupe 15,99 MHz ( $\pm$  le décalage Doppler sur les liaisons montantes/descendantes transparentes) et achemine deux signaux à polarisation croisée.

NOTE 1 – Le décalage Doppler est de  $\pm 135$  kHz pour les porteuses de télémétrie et pour les porteuses de connexion (seul le décalage Doppler de la liaison descendante a été pris en compte).

Ces informations seront utiles pour adapter le spectre observé au plan de fréquences du système HIBLEO-4FL.

#### *Niveaux de puissance*

La référence RES46/C/142 donne également le gain et la p.i.r.e. des satellites du système HIBLEO-4FL en fonction de l'angle d'élévation au sol.

A partir des indications du Tableau 4, on peut calculer le niveau de la puissance surfacique déclaré à l'UIT pour le système HIBLEO-4FL en fonction de l'angle d'élévation (dB(W/(m<sup>2</sup> · 40 kHz)) (voir la Fig. 2).

TABLEAU 4

Elévation (degrés)	Distance <sup>(1)</sup> (km)	Affaiblissement <sup>(2)</sup> (dBm <sup>2</sup> )	Gain <sup>(3)</sup> (dBi)	p.i.r.e. (dB(W/7 kHz))	puissance surfacique <sup>(4)</sup> (dB(W/(m <sup>2</sup> · 7 kHz)))
0	4 476,5	144	36,3	-11,6	-155,6
10	3 504,4	141,9	36,3	-11,6	-153,5
20	2 798,4	139,9	36,3	-10,6	-150,5
30	2 307,3	138,3	36,3	-8,6	-146,9
40	1 970,5	136,9	36,3	-7,6	-144,5
50	1 740,7	135,8	36,3	-7,6	-143,4
60	1 586,3	135	36,3	-8,6	-143,6
70	1 487,3	134,4	36,3	-10,6	-145
80	1 432	134,1	36,3	-12,6	-146,7
90	1 414 <sup>(5)</sup>	134	36,3	-14,6	-148,6

(1) La distance entre la station terrienne OSG et le satellite non OSG est calculée au moyen des données de la fiche du système HIBLEO-4FL et de l'équation suivante:

$$D \text{ (m)} = 7\,792\,000 \left( \frac{\cos(\theta) + \arcsin(0,8185 \cos(\theta))}{\cos(\theta)} \right)$$

où  $\theta$  est l'angle d'élévation du satellite non OSG à l'antenne de réception. Voir également la Note 5.

(2) Calcul de l'affaiblissement géométrique (dBm<sup>2</sup>):

$$L_{\text{affaiblissement géométrique}} \text{ (dB)} = 10 \log(4 \pi D^2)$$

où  $D$  est la distance entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG (m).

(3) Gain communiqué par le fabricant.

(4) Le calcul de la puissance surfacique à l'entrée de l'antenne est le suivant:

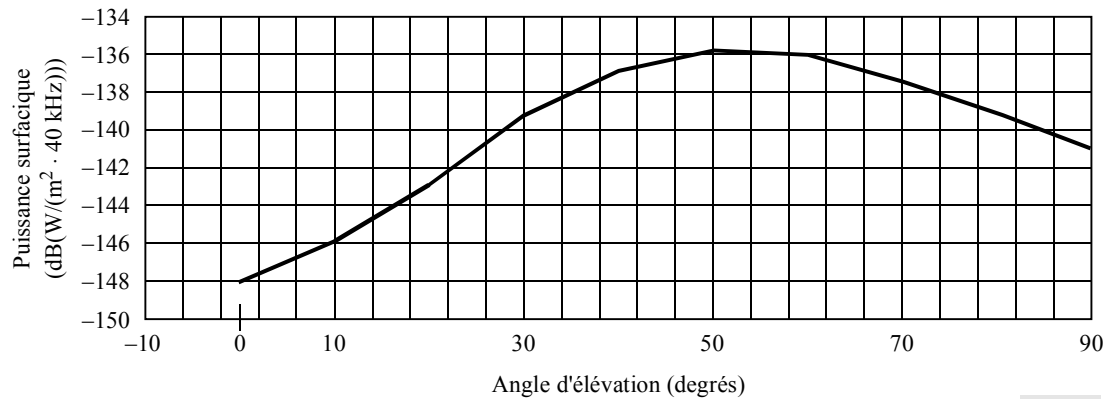
$$\text{puissance surfacique (dB(W/(m}^2 \cdot 7 \text{ kHz)))} = \text{p.i.r.e. (dB(W/7 kHz))} - \text{affaiblissement géométrique (dBm}^2)$$

(5) Il est à noter que lorsque l'angle d'élévation est de 90 degrés, la distance entre la station terrienne OSG et le satellite non OSG correspond à l'attitude du satellite non OSG.

FIGURE 2

**Puissance surfacique au sol du système HIBLEO-4FL**

(6,8 GHz pour la télémétrie, altitude de 1 414 km, largeur de bande = 7 kHz)



1527-02

*Polarisation à l'émission*

Le système HIBLEO-4FL utilise, pour les liaisons de télémétrie, les polarisations circulaires gauches et droites. Comme aucun moyen ne permet de prévoir la polarisation qui sera utilisée lors du passage du satellite, il a été décidé d'utiliser une antenne à polarisation linéaire, qui capte toutes les émissions. Pour cette raison il faut ajouter un affaiblissement de 3 dB au bilan de liaison de réception.

**1.2 Préparation de la configuration d'essai**

La configuration d'essai utilisée pour identifier le système HIBLEO-4FL est identique à celui proposé au § 3.1, avec les caractéristiques données dans le Tableau 5.

TABLEAU 5

Description	Spécifications de base	Marque	Numéro de pièce	Notes
Antenne et alimentation	1,2 m 6,9 GHz 36,3 dBi Diagramme de gain d'antenne	Andrew	PL-65D	
AFB	6,9 GHz 53,3 dB T = 58 K	Vertex	LFX-7060-02	
Câbles coaxiaux	50 $\Omega$ , à faibles pertes	Pasterneck	PE-B3199 à N connecteurs	Analogue à Belden 9913
Câble coaxial vers l'analyseur	50 $\Omega$ , Heliac, 50 m	Andrew	LDF4-50A à N connecteurs	
Bloc CC	15 V, à faibles pertes à 6,9 GHz	Avcom	DCP-1	Perte de dB à 6,9 GHz
Alimentation électrique	CC 12 à 14 V Max 300 mA	BK		Mis à 15 V
Analyseur de spectre	6,9 GHz	HP	E4408B	
Imprimante	Compatible avec l'analyseur de spectre	HP	Tous	

Le choix de la taille de l'antenne d'essai a été déterminé en fonction de deux critères, d'une part l'aspect pratique d'une petite antenne et, d'autre part, la nécessité d'utiliser une antenne suffisamment grande pour détecter les signaux. L'antenne de 1,2 m qui était disponible au moment des essais a été capable de détecter le signal de télémétrie de HIBLEO-4FL. La série d'essais a donc pu être menée à bien au moyen de cette antenne parabolique de 1,2 m.

### 1.2.1 Programme des essais et pointage de l'antenne

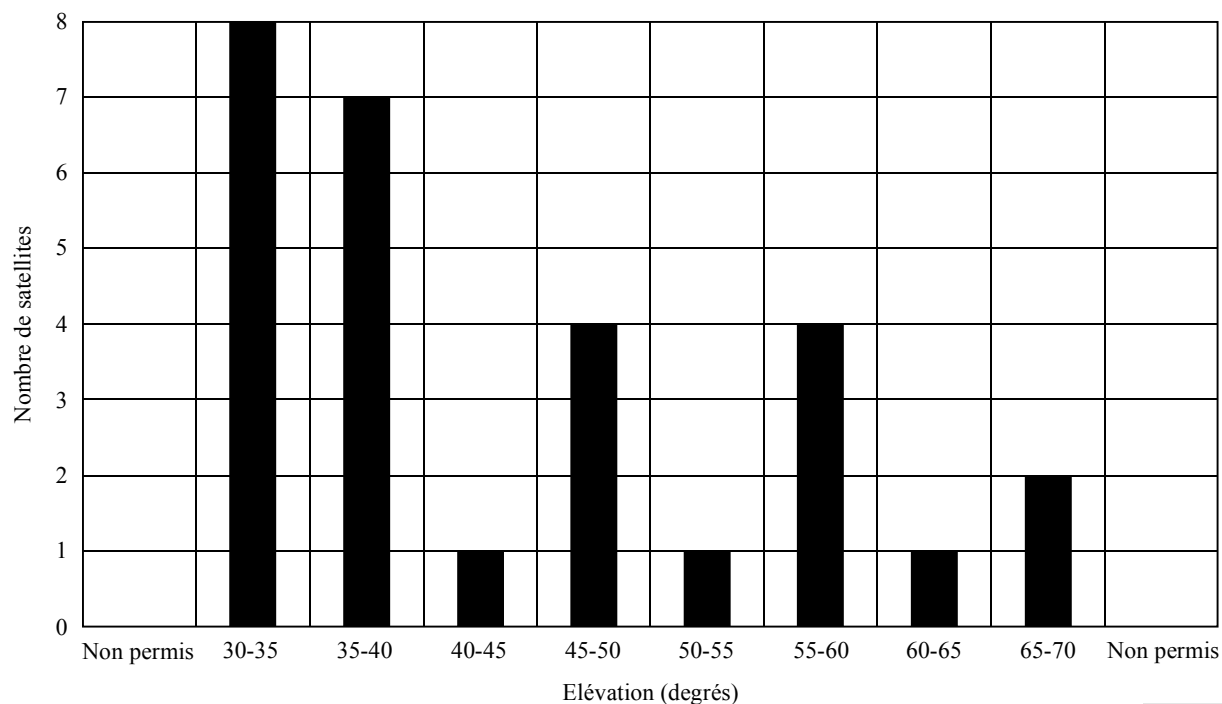
Sachant que l'antenne d'essai était située à 39,3° de latitude Nord et 77,3° de longitude Ouest, et au moyen des outils de calcul des orbites disponibles dans le commerce, la fenêtre présentant la probabilité optimale de détection de satellites HIBLEO-4FL a été déterminée comme indiqué au § 2.3.

L'azimut ne devait pas longer l'arc OSG; l'antenne a été pointée le plus possible en direction du nord compte tenu de l'effet d'écran naturel de l'environnement.

Avant de déterminer le pointage en élévation, l'antenne d'essai a pivoté sur 360° en azimut pour déterminer si elle ne captait pas d'émissions de services de Terre, ce qui n'était pas le cas. Elle aurait pu capter certains services mobiles, mais pour un élévation de l'antenne comprise entre 30° et 43°, l'émetteur mobile éventuel aurait dû se trouver très près de l'antenne, ce qui était impossible vu l'emplacement de cette dernière.

La Fig. 3 donne la distribution de satellites HIBLEO-4FL en date du 22 novembre 1999 pour une antenne d'essai située à 39,3° de latitude Nord et 77,3° de longitude Ouest, pour un azimut de 319,3°.

FIGURE 3  
Distribution des élévations des satellites HIBLEO-4FL



1527-03

Etant donné ce qui précède, le pointage de l'antenne d'essai était compris entre  $30^\circ$  et  $40^\circ$  d'élévation pour un azimut de  $319,3^\circ$ .

Le Tableau 8 est le programme qui avait été fixé pour le jour des essais.

### 1.3 Etalonnage de la configuration d'essai et réglage de l'analyseur de spectre

La configuration d'essai a été soigneusement étalonnée.

Après la procédure d'étalonnage du fabricant, l'analyseur de spectre a été réglé comme indiqué dans le Tableau 6.

TABLEAU 6  
Réglage de l'analyseur de spectre

<i>Fréquence:</i> Fréquence centrale Décalage de fréquence	6 877 MHz 0 Hz
<i>Fourchette</i>	1,1 MHz
<i>Amplitudes:</i> Niveau de référence (adapté aux valeurs de puissance surfacique prévues) Affaiblissement Echelle	-70 dBm 0 dBm 2 divisions logarithmiques par graduation
<i>Commande:</i> Largeur de bande de résolution Largeur de bande vidéo Temps de balayage Déclenchement Trace	1 kHz 1 kHz 500 ms <sup>(1)</sup> Continu Entrée A puis gel sur maximum

(1) Ou une valeur plus faible si l'analyseur de spectre le permet.

## 2 Mesures et analyse des résultats

### 2.1 Validation du plan de fréquences du système non OSG

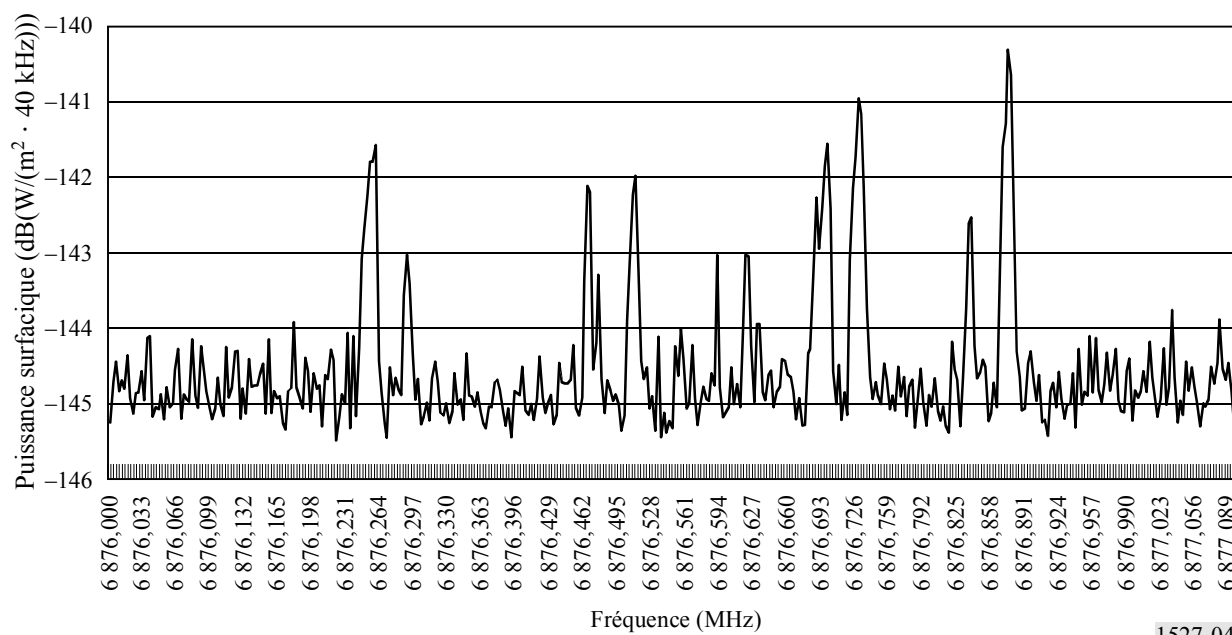
La première étape consiste à valider le plan de fréquences du système HIBLEO-4FL.

Moyennant un minimum de passages de satellites dans le faisceau principal de l'antenne d'essai, on peut observer les différentes fréquences de télémétrie utilisées par les satellites non OSG.

La Fig. 4 représente les signaux de télémétrie enregistrés sur 24 h.

Comme on peut le constater à la Fig. 4, dix valeurs de crête dépassent nettement le bruit de fond. Elles correspondent toutes à une fréquence de télémétrie utilisée par le système HIBLEO-4FL avec un décalage Doppler de  $\pm 135$  kHz.

FIGURE 4  
Fréquences de télémessure HIBLEO-4FL sur une période de 24 h



Si le temps d'enregistrement avait été plus long, les cinq fréquences de télémessure manquantes auraient sans doute été observées (au cas où elles auraient été utilisées). Le Tableau 7 garantit que le système observé est effectivement le système HIBLEO-4FL.

TABLEAU 7

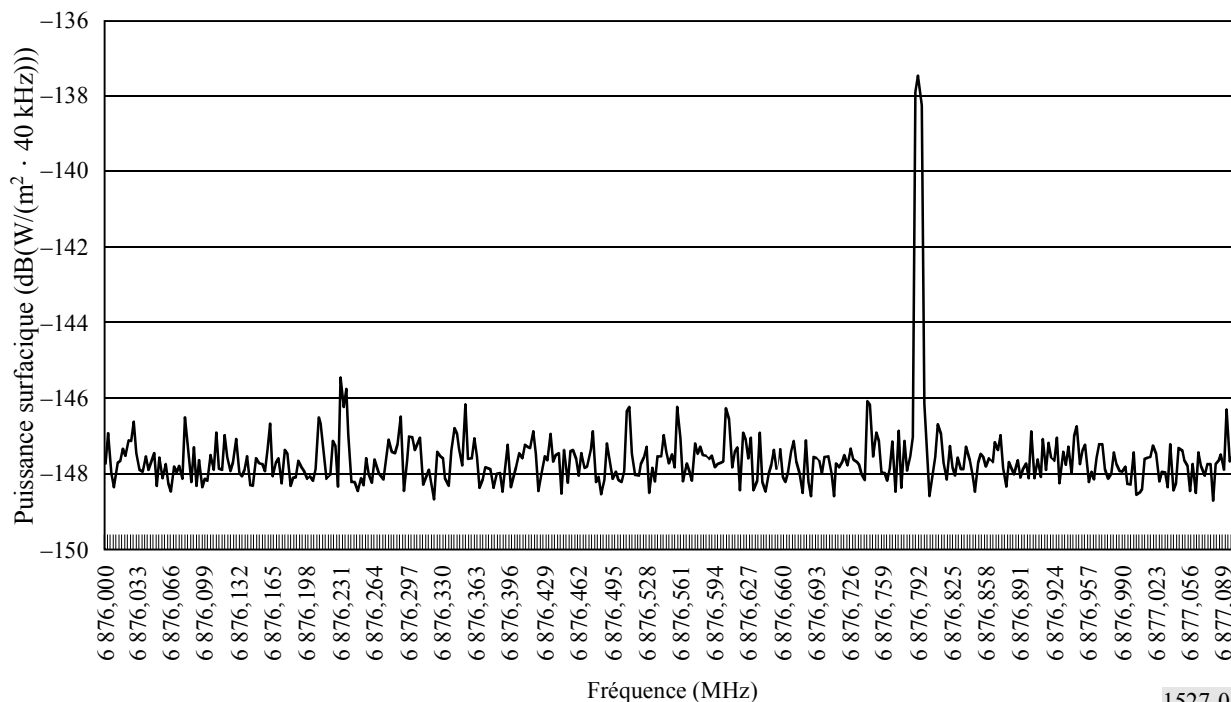
Numéro de télémessure	Fréquence prévue inscrite (MHz)	Fréquence mesurée (MHz)	Décalage Doppler (kHz)
1	6 876,2	6 876,1525	-47,5
2	6 876,2	6 876,19375	-6,25
3	6 876,4	6 876,43375	33,75
4	6 876,5	6 876,4975	-2,5
5	6 876,6	6 876,60625	6,25
6	6 876,6	6 876,64375	43,75
7	6 876,8	6 876,7525	-47,5
8	6 876,8	6 876,79375	-6,5
9	6 876,9	6 876,94375	43,75
10	6 877	6 876,9925	-7,5

## 2.2 Cohérence des niveaux de puissance surfacique escomptés et mesurés

La deuxième étape de la campagne de mesures consiste à comparer le niveau de puissance surfacique reçue à l'antenne d'essai aux fréquences de télémesure et la puissance surfacique escomptée à partir des chiffres de la Fig. 2.

Les passages du satellite sont attendus comme indiqué au § 2.1. Entre une minute avant le passage du satellite et une minute après, les niveaux du signal reçu sont enregistrés au moyen de la fonction de gel sur maximum de l'analyseur de spectre. La courbe des niveaux du signal de télémesure reçu à l'antenne d'essai est présentée dans la Fig. 5 pour un satellite traversant le faisceau principal de l'antenne d'essai à une élévation de 40,2°.

FIGURE 5  
Niveau du signal de télémesure mesuré à un angle d'élévation de 40,2° (Satellite 54)



## 2.3 Précision des paramètres de la constellation

La dernière étape de la procédure d'identification d'une constellation non OSG consiste à mesurer la précision de la prévision de l'heure du passage d'un satellite. L'horaire qui a été utilisé est donné dans le Tableau 8.

Pour chaque passage de satellite, l'opérateur effectuant l'essai a enregistré l'heure à laquelle le niveau de puissance surfacique maximale apparaissait à l'écran. Dans tous les cas, la différence de temps entre l'heure prévue de passage du satellite non OSG et l'heure de la valeur de puissance surfacique la plus défavorable a été inférieure à 1,5 s. Cet écart négligeable est sans doute dû à l'approximation de l'emplacement de l'antenne d'essai et du pointage.



TABLEAU 8

Pointage de l'antenne d'essai (degrés)	Fenêtre de précision (azimut × élévation) (degrés)	Numéro de passage du satellite	Jour du passage	Heure du passage UTR <sup>(1)</sup>
Azimut: 319,3 Elévation: 32,7	$\pm 0,35 \times \pm 0,2$	24 23 3	19 janvier 2000	14:19:51,90 17:16:22,06 20:13:18,72
Azimut: 319,3 Elévation: 40,2	$\pm 0,35 \times \pm 0,2$	54	19 janvier 2000	17:57:15,15
Azimut: 319,3 Elévation: 26,3	$\pm 0,35 \times \pm 0,2$	55	19 janvier 2000	15:08:22,14

- (1) UTR: Référence de temps universel (*Universal Time Reference*). Ces heures ont été déterminées au moyen d'un logiciel de calcul des orbites disponible dans le commerce qui utilise les jeux de données d'éléments à deux lignes s'appliquant aux objets en orbite terrestre. De telles informations sont généralement accessibles au public sur un certain nombre de sites Internet.

Néanmoins, cette précision de 1,5 s est suffisante pour établir la corrélation entre un événement de brouillage dans une antenne de station terrienne OSG et la présence effective d'un satellite non OSG dans le lobe principal de la station terrienne OSG. Si un opérateur de système OSG constate un brouillage, il doit enregistrer l'heure à laquelle la dégradation est apparue (au centième de seconde près). Ensuite, par des moyens aisément accessibles sur l'Internet, il sera en mesure de déterminer lequel des satellites d'une constellation non OSG se trouvait dans le faisceau principal. Cette étape préparatoire à la mesure des limites opérationnelles est nécessaire pour les opérateurs de systèmes OSG cherchant à se protéger des systèmes non OSG.