

Commission de compatibilité électromagnétique

CCE

**ETUDES DE PARTAGE
DANS LA BANDE 10.7 – 11.7 GHz
ENTRE LE SERVICE FIXE (SF)
ET LE SERVICE FIXE PAR SATELLITE (SFS)**

29 mai 2007

TABLE DES MATIERES

I.	Introduction	3
II.	Services à prendre en compte dans la bande 10.7 – 11.7 GHz	3
II.1	Le service fixe.....	3
II.2	Les stations non coordonnées du SFS.....	4
a)	<i>Les stations terriennes non coordonnées France Télécom</i>	4
b)	<i>Les stations terriennes non coordonnées ASTRA</i>	4
c)	<i>Les stations terriennes non coordonnées EUTELSAT</i>	5
d)	<i>Les stations terriennes non coordonnées METEO France</i>	5
III.	Caractéristiques du SF dans la bande 10.7 – 11.7 GHz	6
IV.	Caractéristiques des autres services considérés dans la bande 10.7 – 11.7 GHz	7
I.	<i>Les stations terriennes non coordonnées ASTRA</i>	7
II.	<i>Les stations terriennes non-coordonnées EUTELSAT</i>	7
V.	Etudes de partage	8
1)	<i>Etude ANFR: mise en évidence de la distance de séparation SF/SFS</i>	8
2)	<i>Etude France télécom</i>	9
3)	<i>Etude ARCEP</i>	18
VI.	Synthèse des études	30
VII.	Conclusions – Mesures proposées favorisant la coexistence entre SFS et SF à 11 GHz	31

I. Introduction

La bande 10,7-11,7 GHz est attribuée à l'ARCEP, avec statut d'affectataire prioritaire, au service fixe par satellite et au service fixe.

Les stations terriennes du service fixe par satellite peuvent être implantées sur le territoire national selon deux procédures :

- Les stations sont déclarées à l'ARCEP. Elles font l'objet d'une étude de coordination et d'une autorisation individuelle d'utilisation de fréquences. Elles sont de ce fait protégées de tous risques de perturbation.
- Les stations sont déclarées en tant que partie d'un réseau et non individuellement à l'ARCEP. Elles sont implantées en application de la décision ECC(00)08 sans coordination technique et sans garantie de protection.

L'ARCEP en tant qu'affectataire de la bande est responsable de la définition des conditions d'utilisation de cette bande de fréquences.

Dans un projet de décision, l'ARCEP prévoit un accroissement des liaisons hertziennes dans la bande 10.7-11.7 GHz sur le territoire national. Ce projet de décision respecte les dispositions de la décision ECC(00)08. Pour mémoire, la décision ECC(00)08 prévoit que les nouveaux déploiements de FH doivent être limités à des liaisons fixes point à point de grande capacité (140 Mbit/s ou plus) utilisées pour le transport (c'est-à-dire pas pour la desserte d'abonnés), et que des mesures pour protéger les stations non coordonnées du SFS doivent, dans une certaine mesure, être recherchées.

Ce projet de décision est justifié par la saturation des bandes FH actuelles, et les besoins des opérateurs de téléphonie mobile en partie, mais surtout par les besoins des futurs opérateurs de licences BLR/WiMAX.

Ce projet de décision serait applicable sur le territoire de la France métropolitaine ainsi que des Départements d'Outre-Mer.

La commission sur la compatibilité électromagnétique a créé un groupe de travail ayant le mandat suivant : « Etudier l'impact du déploiement de faisceaux hertziens conformes au projet de décision de l'ARCEP dans la bande 10.7 – 11.7 GHz sur les stations terriennes non coordonnées du SFS et de déterminer les conditions optimales de partage. Proposer des mesures pour favoriser la coexistence en accord avec la Décision ECC(00)08 ».

II. Services à prendre en compte dans la bande 10.7 – 11.7 GHz

II.1 *Le service fixe*

Si on estime le besoin des 2 futurs opérateurs WiMAX à 15 liaisons pour couvrir une région (22 régions en France), en prenant également en compte les besoins des opérateurs de téléphonie mobile, l'ARCEP estime le nombre maximal de FH dans cette bande à 1500 liaisons. Il existe à ce jour 145 liaisons hertziennes dans la bande 10.7-11.7 GHz.

II.2 Les stations non coordonnées

a) Les stations terriennes non coordonnées France Télécom

Description des stations terriennes non coordonnées déployées dans la bande 10.7-11.7 GHz sur le territoire français, pour lesquelles le Groupe France Télécom entre dans la chaîne de valeur

Type: VSAT (ou assimilable)

Diamètre: 1m à 1.50m

Nombre total: environ 5000

Type de déploiement: urbain/suburbain/rural

Nombre de positions orbitales utilisées: 20aine + occasionnel

Type: TNT

Diamètre: 0.6m

Nombre total: environ 150 à 200 (500 à terme) -

Type de déploiement: urbain/suburbain/rural (à terme)

Nombre de positions orbitales utilisées: 1

Type: Téléport

Diamètre: 2.4m à 3m

Nombre total: environ 15

Type de déploiement: urbain

Nombre de positions orbitales utilisées: environ 15

Type: Têtes de réseau câblé

Diamètre: 1.8m à 2.4m

Nombre total: indéterminé

Type de déploiement: urbain/suburbain

Nombre de positions orbitales utilisées: 1

A cela il faut ajouter la transmission de bouquets DTH (Direct to home).

b) Les stations terriennes non coordonnées ASTRA

Les stations Astra reçoivent des services de télévision, radio et Internet depuis la position orbitale 19.2°E.

4.66 millions de foyers reçoivent la télévision par satellite en France dans la bande 10.7-11.7 GHz (chiffres fin 2005, tous opérateurs confondus) dont 3.5 millions reçoivent les satellites Astra.

Deux types de terminaux existent :

- DTH, réception individuelle : 4.26 millions
- SMATV, réception collective (immeubles): 400 000

La répartition de ces terminaux en fonction de la densité de population est donnée dans le document en annexe. Le nombre de terminaux est amené à croître dans les années à venir.

A cela s'ajoutent les têtes de réseaux câblées, déployées en zones urbaines et suburbaines.

c) Les stations terriennes non coordonnées EUTELSAT

Nombre de satellites Eutelsat couvrant l'Europe de l'ouest en bande Ku : 18, auxquels il faut ajouter 3 satellites non Eutelsat à couverture européenne dont le trafic est géré par Eutelsat.

Les données relatives aux plans de fréquences, aux zones de couverture et aux positions orbitales des satellites Eutelsat desservant l'Europe de l'ouest dans la bande 10,7-11,7 GHz et prises en compte dans les études sont disponibles à l'adresse suivante www.eutelsat.com/fr/satellites/3_1.html.

Applications utilisant des petits terminaux en réception : diffusion directe DTH (télévision, radio, Internet) et VSAT (réseaux professionnels de données: Internet, visioconférences, communications voix, réseaux privés virtuels)

Nombre de terminaux DTH en Europe de l'ouest recevant dans la bande 10.7-11.7 GHz : environ 28 millions, dont 4 millions en France (4,66 millions tous opérateurs).

Développements pour les années à venir en Europe : prévision de forte croissance des chiffres d'affaires TV, radio et transmissions d'affaires, se traduisant par l'augmentation du nombre de petits terminaux (60 cm à 1m).

d) Les stations terriennes non coordonnées METEO France

L'affectataire MTO utilise les services d'un opérateur satellite pour assurer la diffusion d'informations météorologiques opérationnelles et d'alerte participant à l'exercice de la mission de sécurité météorologique des personnes et des biens que l'Etat a confiée à Météo France. Il y a aujourd'hui environ 650 stations en Europe dont environ 500 en France métropolitaine fonctionnant sur le canal C4 (11283 MHz) du satellite W3A (7°E) d'Eutelsat. La taille des antennes est de 80 cm en France mais peut aller jusqu'à 1,2m voire 1,8m en limite de couverture de la zone Europe.

Par ailleurs, on peut noter aussi qu'EUMETSAT utilise pour les mêmes applications en Europe un canal (10853 MHz) sur le satellite Hotbird d'Eutelsat avec actuellement environ 1500 stations. En France, Météo France aura à terme 4 stations et le ministère de la Défense sans doute autant dont la taille d'antenne sera de 85 cm.

III. Caractéristiques du SF dans la bande 10.7 – 11.7 GHz

Les caractéristiques des liaisons point à point ci-dessous ont été fournies par l'ARCEP.

La norme ETSI TR 102 243-1 est utilisable pour vérifier la cohérence des valeurs.

Largeur de bande	40 MHz
Gain d'antenne	Maxi : 44 dBi Mini : 29 dBi
Puissance de sortie en émission	20 dBm
Pertes feeder	2 dB
PIRE	32 dBw
Seuil à 10-3	-70 dBm
Seuil à 10-6	-68 dBm (modulation 128 états) -75 dBm (modulation 32 ou 64 états)
kTBF	-95 dBm
Hauteur d'antennes	30 à 50 m
Diamètre moyen des antennes	1 m
Longueur moyenne des bonds	15 km

Diagramme de rayonnement : antennes classe 3. Pour les études de partage, les recommandations UIT-R F.699 et F.1245 sont applicables.

IV. Caractéristiques des autres services considérés dans la bande 10.7 – 11.7 GHz

I. Les stations terriennes non coordonnées ASTRA

Voir annexe

II. Les stations terriennes non-coordonnées EUTELSAT

DTH et VSAT

Paramètres techniques des liaisons satellitaires :

PIRE satellite (exprimée par 30 MHz de largeur de bande de la porteuse numérique) :

43 dBW (réception par des 1.5 m) ;

51 dBW (réception par des 60 cm)

Diamètres d'antennes des stations sol (DTH et VSAT) : de 60 cm à 1.5 m

Gabarit de rayonnement des antennes : ITU Rec. BO. 1213

Dépointage des antennes par rapport à la longitude visée : +/- 0.7 degré

C/I objectif (brouillages cumulés par liaisons du Service Fixe) : 19 dB

On retiendra pour les études, pour le SFS non coordonné :

- I/N (d'après Rec. ITU-R S.1432) :-12 dB, soit 6% d'augmentation de bruit
- Elévation : cas moyen 30° mais prendre aussi cas à 10°
- Gabarit de rayonnement des antennes : Rec. ITU-R BO. 1213
- Température réception : 140 à 160°K
- Dispo : 99,9% pour ASTRA 99,8% pour EUTELSAT
- Largeur de bande : 30 MHz pour EUTELSAT et 22 MHz pour ASTRA

V. Etudes de partage

1) Etude ANFR: mise en évidence de la distance de séparation SF/SFS

Cette étude doit permettre de déterminer, dans des conditions défavorables, la distance de séparation entre une parabole SFS et un émetteur FH.

On considérera une parabole SFS orientée vers le sud, d'élévation 30° (configuration la plus commune), et un FH orienté Nord/Sud (pire cas) qu'on fait tourner autour de la parabole SFS. Cette situation permet de couvrir les deux cas extrêmes vis-à-vis des distances de protection (cas favorable : FH en A-B ; cas défavorable : FH en A'-B').

Nota : le diagramme de rayonnement de la recommandation UIT-R BO.1213 permet de préciser que le cas favorable correspondra à un écart angulaire entre FH et SFS compris entre 23° et 70° .

On considérera en outre que la densité d'émetteurs FH est telle que l'impact agrégé de tous les émetteurs FH peut être assimilé à l'impact d'un seul émetteur.

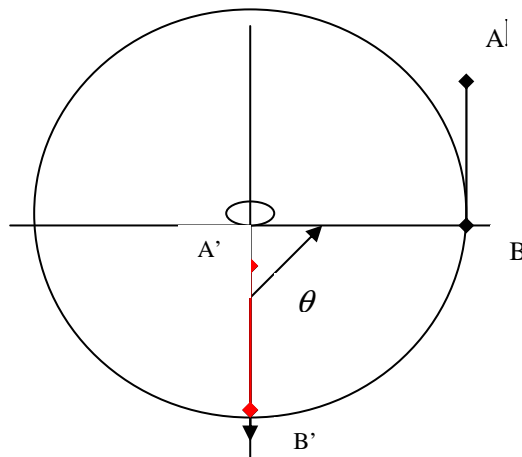


Figure 1 : Schéma de principe de l'étude

L'analyse statique reproduite ci-dessous concerne une liaison du SF dont le spectre d'émission est inclus dans le spectre de réception du SFS (un ou plusieurs transpondeurs concerné(s)). Le spectre de réception du SFS couvre effectivement toute la bande 10.7 – 11.7 GHz, et l'impact du SF sur le SFS en co-canal ne peut être évité en optimisant les canalisations.

L'interférence créée par le FH est captée dans toutes les situations par les lobes secondaires de la parabole SFS.

Les calculs d'interférences permettant de déterminer la distance d'exclusion autour de l'émetteur FH sont résumés dans le tableau 1 suivant :

INTERFEREUR		
Caractéristiques du FH	Unité	Valeur
Puissance d'émission	dBW	0,00
Largeur de canal	MHz	40,00
Gain d'antenne	dBi	40,00
PIRE	dBW/MHz	23,98
Dépointage éventuel (hors axe principal)	dB	0,00
Atténuation lobe secondaire (situation favorable)	dB	51,00
Fréquence	GHz	11,00
VICTIME		
Caractéristiques de la station terrienne	Unité	Valeur
Température de bruit	°K	150,00
Bruit ambiant	dBW/MHz	-146,24
Gain d'antenne	dBi	35,00
Dépointage en réception (hors axe principal)	dB	40,00
DISTANCE DE PROTECTION		
Critère de protection I/N	dB	-12,00
Interférence admissible sur le port d'antenne	dBW/MHz	-153,24
Cas favorable		
Perte nécessaire	dB	-126,22
Distance de séparation	km	4,44
Cas défavorable		
Perte nécessaire	dB	-177,22
Distance de séparation	km	1657,80

Tableau 1 : Calcul de la distance de séparation

On s'aperçoit que les distances de protection obtenues sont à priori dans tous les cas incompatibles avec un déploiement supplémentaire des liaisons du SF.

Ces résultats sont basés sur les valeurs usuelles préconisées par les recommandations suivantes :

- ITU-R F.758 : Caractéristiques du SF
- ITU-R F.1245 : Diagramme d'antenne des émetteurs du SF point à point
- ITU-R S.1328 : Caractéristiques usuelles des stations terriennes du FSS
- ITU-R BO.1213 : Diagramme d'antenne des stations de réception du FSS
- ITU-R S.1432 : Critère de protection du FSS

2) *Etude France Télécom*

Ces études rentrent dans le cadre du Groupe "11 GHz" créé par la CCR-CCE, afin d'étudier la faisabilité d'introduction de faisceaux hertziens dans la bande 10.7-11.7 GHz, selon le projet de décision de l'ARCEP.

Caractéristiques FSS

Ces caractéristiques sont celles nécessaires aux études, telles que proposées par le groupe de travail.

I/N (d'après Rec. ITU-R S.1432)	-12 dB
Élévation	entre 10° et 30°
Gabarit de rayonnement des antennes	Rec. ITU-R BO.1213
Température réception	150 K
Hauteur de la station terrienne	10 m
Diamètre de la station terrienne	0.6 m

Caractéristiques FS

Ces caractéristiques sont celles nécessaires aux études, telles que proposées par le groupe de travail.

Largeur de bande	40 MHz
Gain d'antenne	40 dBi incluant feeder loss
Puissance de sortie en émission	0 dBW
PIRE	24 dBW/MHz
Hauteur d'antennes	30 à 50 m
Diagramme des antennes	F.699
Élévation	0°

La PIRE est la PIRE maximum prévue dans le projet de Décision de l'ARCEP. L'élévation des faisceaux hertziens est fixée ici à 0°. Pour le diagramme des antennes, la Recommandation UIT-R F.1245 n'est pas jugée applicable puisque définie pour des études statistiques. La Recommandation UIT-R F.699 est pertinente dans le cas présent.

Scénarios

Il n'a pas été considéré de discrimination de polarisation. Les réseaux FSS utilisent dans la plupart des cas les polarisations linéaires. La polarisation des FH n'est pas précisée dans le projet de Décision.

Le modèle de propagation utilisé est celui de la Recommandation UIT-R P.452, plus représentatif qu'un modèle en espace libre.

Le modèle de terrain est celui d'un terrain plat, afin d'être représentatif d'un cas général considéré ici.

Vues les largeurs de bandes occupées par les transmissions des FH et des stations terriennes FSS, un scénario unique d'un seul faisceau hertzien brouillant la station terrienne est considéré. Il n'y aura donc pas d'étude agrégée.

A priori, les FH seront disposés de telle sorte qu'ils pointeront possiblement dans toutes les directions. Aussi, dans les études suivantes, nous considérerons deux cas de figure: celui où le FH pointe vers la station terrienne, quelle que soit sa position, et celui où le FH pointe vers le Nord "relatif" en permanence (en supposant la station terrienne pointer vers le Sud "relatif"). En effet, dans cette étude, le facteur déterminant est l'orientation des axes de visée des deux équipements. Par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue que pour chaque

FH il est associé un autre FH, également transmetteur, situé à 15 km et orienté dans le sens opposé du premier FH (les deux FH communiquent face à face).

Parmi les facteurs variables définis par le groupe de travail, nous considérerons dans un premier temps une élévation de la station terrienne égale à 10° et à 30°. De même, la hauteur du FH sera prise à 30m et 50m (avec celle de la station terrienne considérée comme fixe à 10m).

Simulations et résultats

Sur la base des scénarios définis ci-dessus, nous allons donc effectuer huit simulations:

FH pointe vers le Nord	∨	Elévation 10°	∨	Hauteur FH 30m
FH pointe vers la ST	∧	Elévation 30°	∧	Hauteur FH 50m

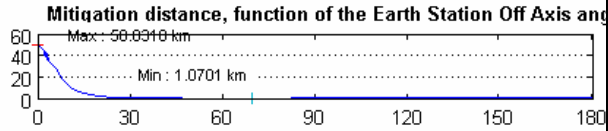
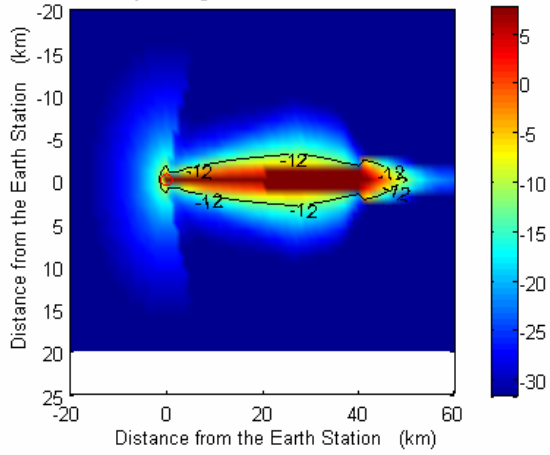
Nous adopterons la notation suivante:

Est: Elévation de la station terrienne

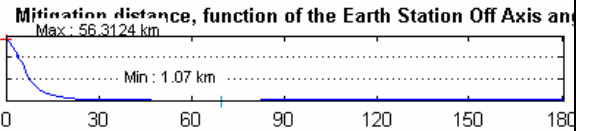
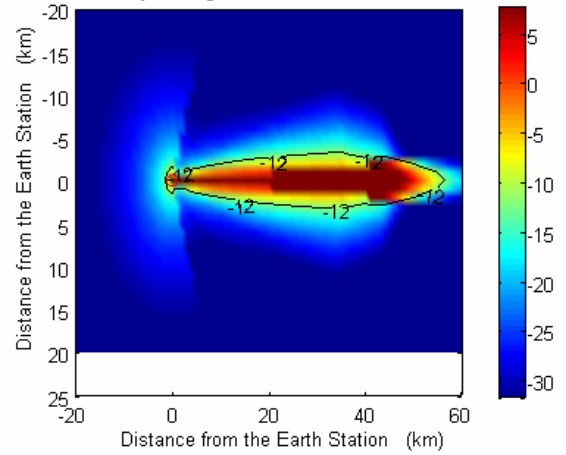
Hfh: Hauteur du faisceau hertzien

FH pointe vers le "Nord"

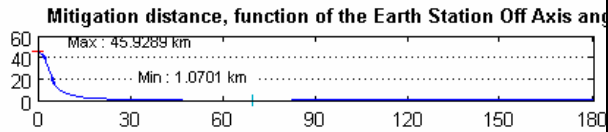
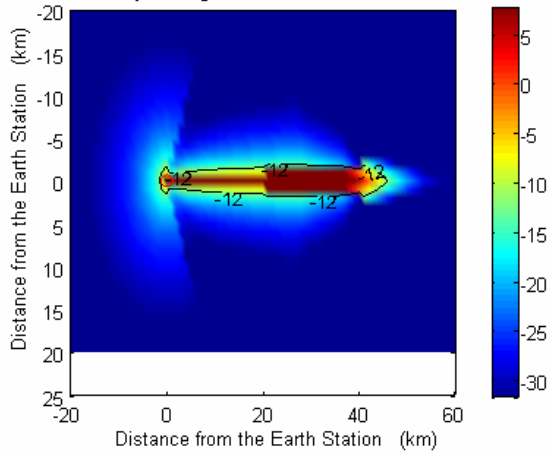
Mitigation Distance : Est=10°/Hfh=30m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location



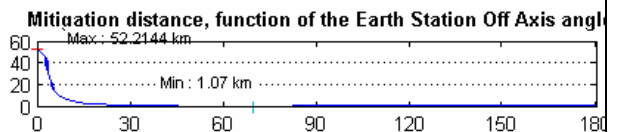
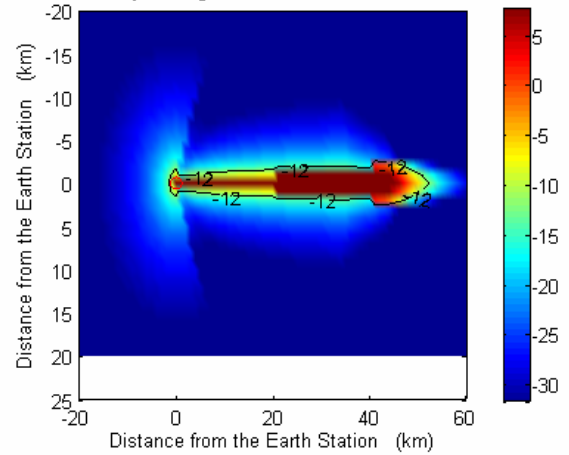
Mitigation Distance : Est=10°/Hfh=50m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location



Mitigation Distance : Est=30°/Hfh=30m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location

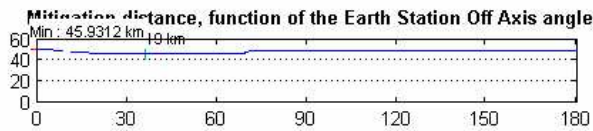
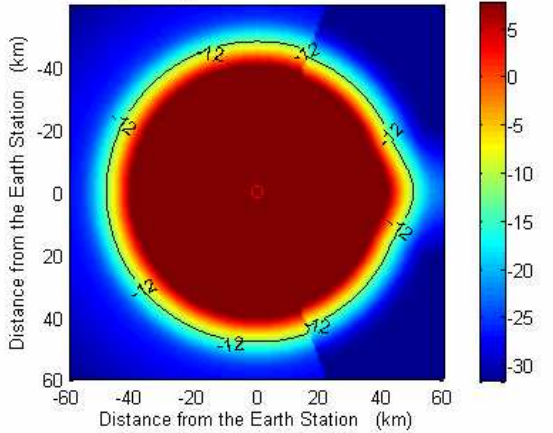


Mitigation Distance : Est=30°/Hfh=50m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location

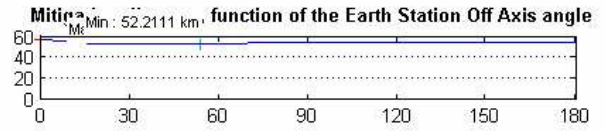
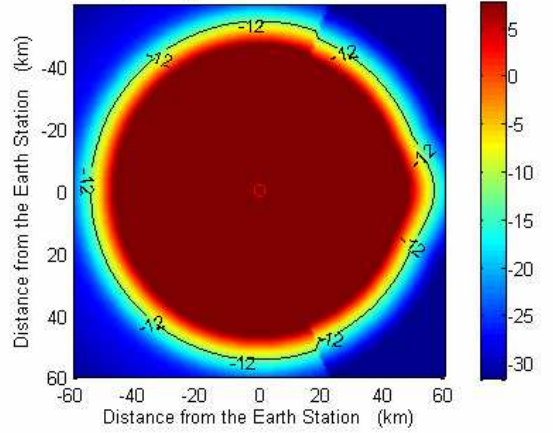


FH pointe vers la ST

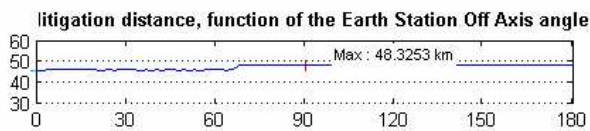
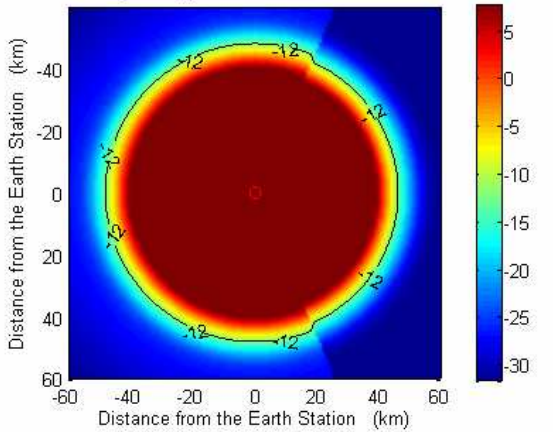
Mitigation Distance : Est=10°/Hfh=30m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location



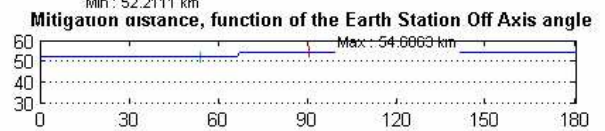
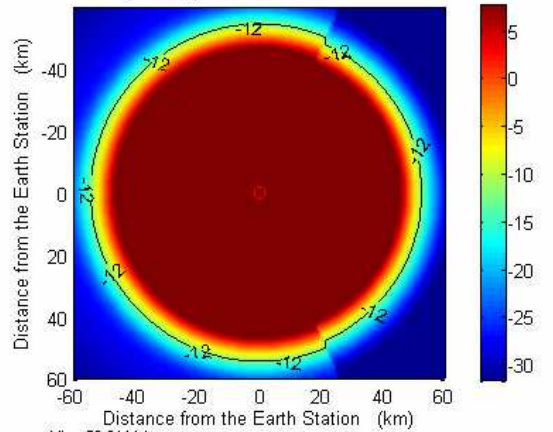
Mitigation Distance : Est=10°/Hfh=50m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location



Mitigation Distance : Est=30°/Hfh=30m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location



Mitigation Distance : Est=30°/Hfh=50m
Representation of I/N value received by the FSS Earth station depending on the interferer location



Les distances de mitigation (celles au-delà desquelles le critère I/N est respecté) minimale et maximale, fonction de l'angle hors axe sous lequel le FH est vu depuis la station terrienne, sont synthétisées dans le tableau suivant:

	Est=10°		Est=30°	
	Hfh=30m	Hfh=50m	Hfh=30m	Hfh=50m
FH pointe vers le Nord				
Max	50.0 km	56.3 km	45.9 km	52.2 km
Min	1.1 km	1.1 km	1.1 km	1.1 km
FH pointe vers la ST				
Max	50.0 km	56.3 km	48.3 km	54.6 km
Min	45.9 km	52.2 km	45.9 km	52.2 km

Analyse

Toutes choses égales par ailleurs, nous voyons que les paramètres Est et Hfh ne sont pas réellement influant sur les distances de mitigation, dans la gamme de valeurs considérées. Cependant, il serait intéressant de considérer des cas "extrêmes" pour ces paramètres, pour s'assurer de leur non influence et ainsi ne pas avoir à les contraindre dans le projet de Décision.

Par défaut, les FH peuvent pointer dans toutes les directions. Les études pour lesquelles le FH est considéré pointer systématiquement vers le "Nord" ne sont donc pas représentatives. Notamment pour le cas minimum (1.1 km), lorsque le FH pointe à l'opposé de la station terrienne, il faut considérer le FH associé, qui lui pointera vers la station terrienne, dont les effets sont représentés dans le deuxième lot de simulations, avec une distance de mitigation correspondante d'environ 50 km, ce qui est largement supérieur à la longueur des bonds prévus entre FH.

Etudes additionnelle sur les paramètres Est et Hfh

Le projet de Décision ne fixe pas de contrainte sur Hfh. Sur la base des données des FH déjà déclarés auprès de l'ARCEP, nous voyons que les hauteurs par rapport au sol enregistrées varient entre 10 et 100m.

Par ailleurs, la différence d'altitude réelle entre la station terrienne et le FH peut être plus importante, ou plus faible, puisque nous considérons des transmissions sur plusieurs kilomètres, durant lesquels le relief peut évoluer rapidement (typiquement, le FH est situé au sommet d'une colline tandis que la station terrienne est dans la plaine). Mais afin de conduire des études génériques, ces spécificités sont mises de côté.

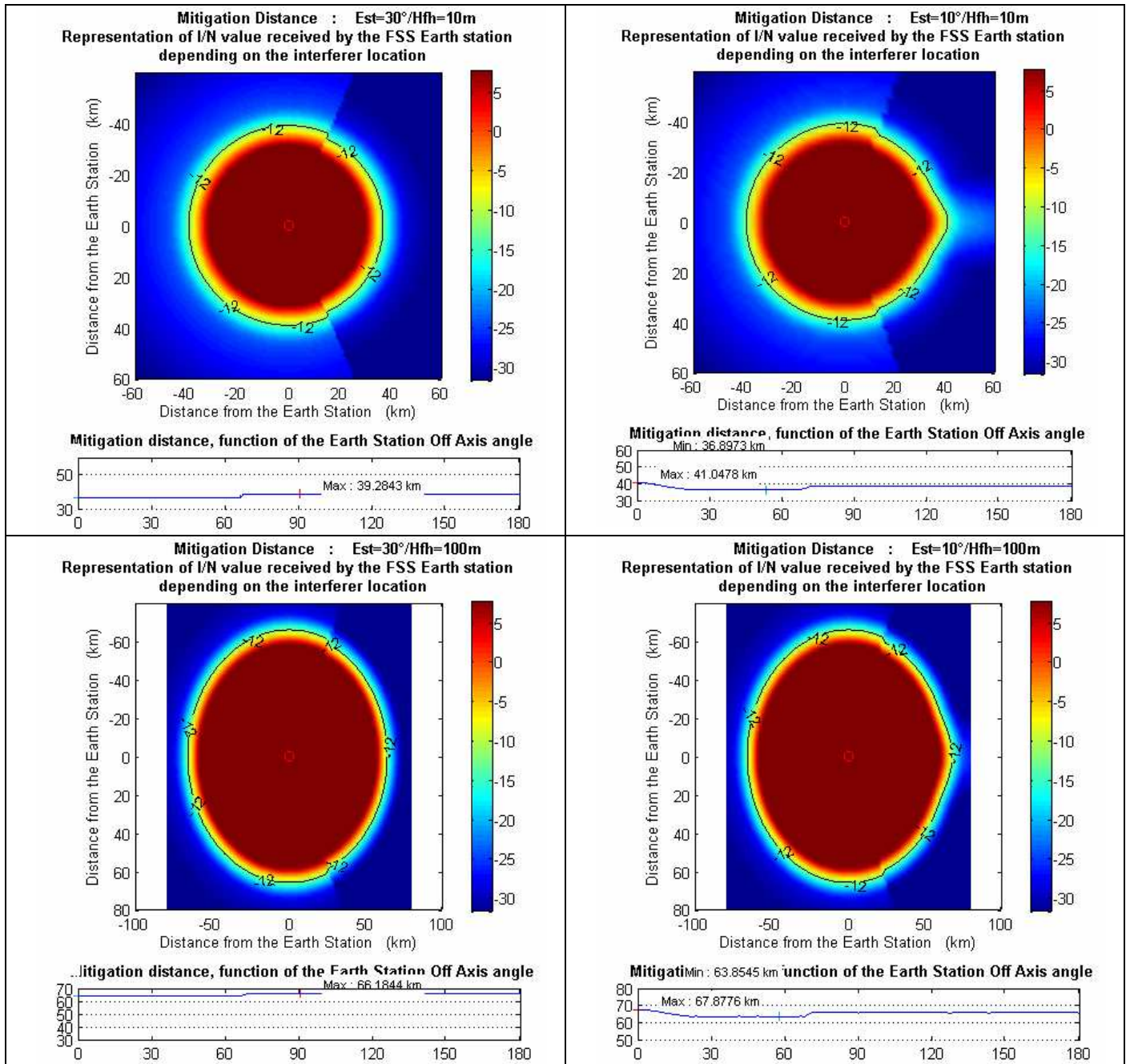
Ainsi, pour le paramètre Hfh, nous allons considérer, au-delà du jeu 30/50m, considérer également 10m et 100m, afin de caractériser l'influence de ce paramètre.

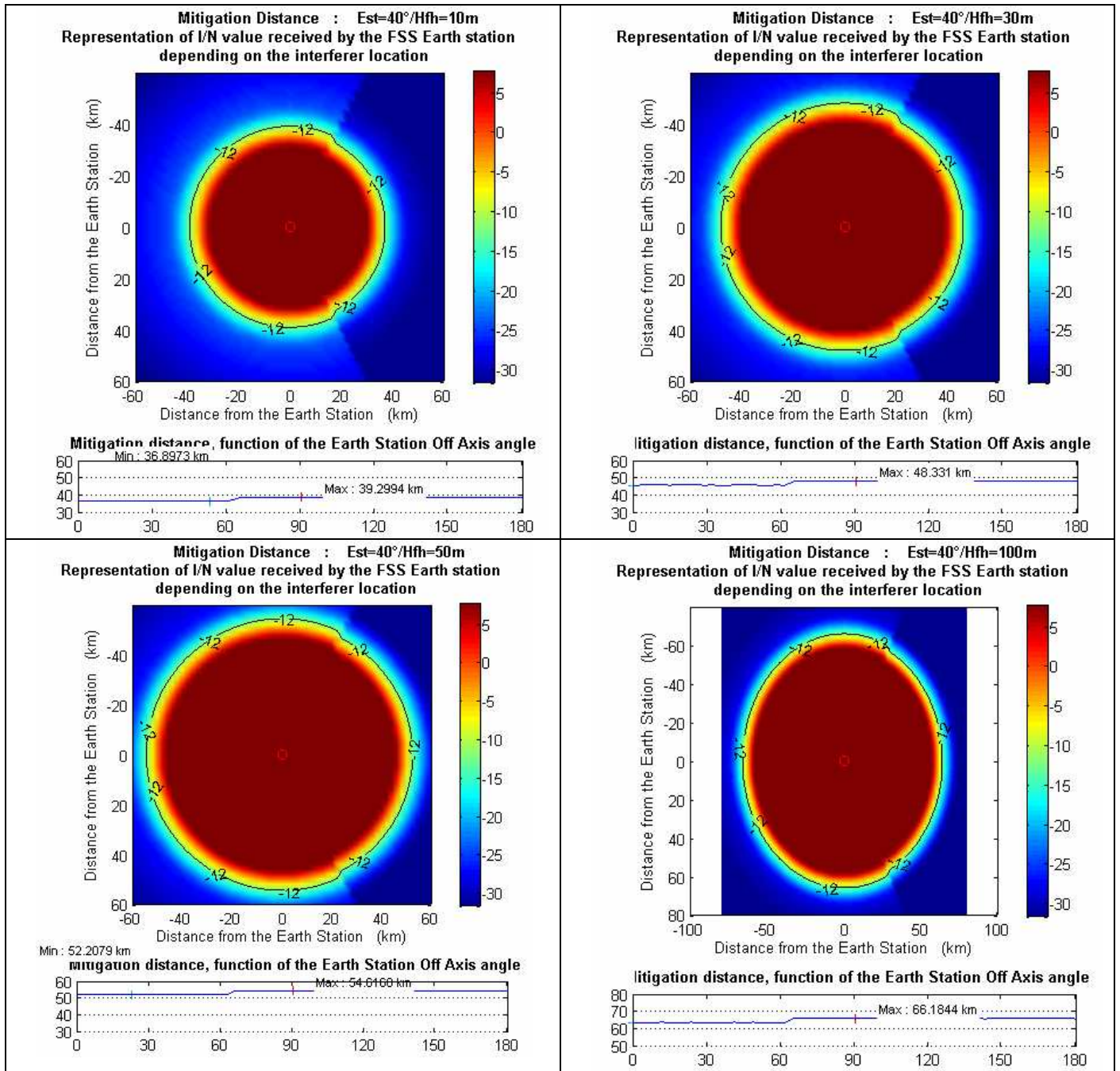
Pour l'élévation de la station terrienne Est, les simulations précédentes ont considéré un jeu de valeurs 10/30°.

Pour France Télécom, il apparaît que les positions orbitales utilisées par les stations terriennes, aussi bien en métropole que dans les DOM, sont situées principalement au-dessus de l'Europe, et plus ponctuellement d'autres positions orbitales plus excentrées. Pour cet arc orbital, il apparaît que l'élévation correspondante, pour des stations terriennes déployées en métropole comme en DOM varie entre 10 et 40°.

Aussi, il est proposé de considérer également la valeur 40° dans des simulations complémentaires, afin de caractériser ce paramètre.

Dans tous les cas, nous allons considérer le cas majorant où le FH pointe en permanence vers la station terrienne. Voici les résultats de ces simulations additionnelles.





Le tableau ci-dessous synthétise les distances de mitigation (celles au-delà desquelles le critère I/N est respecté) minimale et maximale, fonction de l'angle hors axe sous lequel le FH est vu depuis la station terrienne. Nous rappelons les valeurs obtenues dans les simulations précédentes, pour faciliter l'analyse.

Est (°)	10				30				40			
Hfh (m)	10	30	50	10	10	30	50	10	10	30	50	10
				0				0				0
Max (km)	41	50	56	67	39	48	54	66	39	48	54	66
	.0	.0	.3	.9	.3	.3	.6	.2	.3	.3	.6	.2
Min (km)	36	45	52	63	36	45	52	63	36	45	52	63
	.9	.9	.2	.9	.9	.9	.2	.8	.9	.9	.2	.8

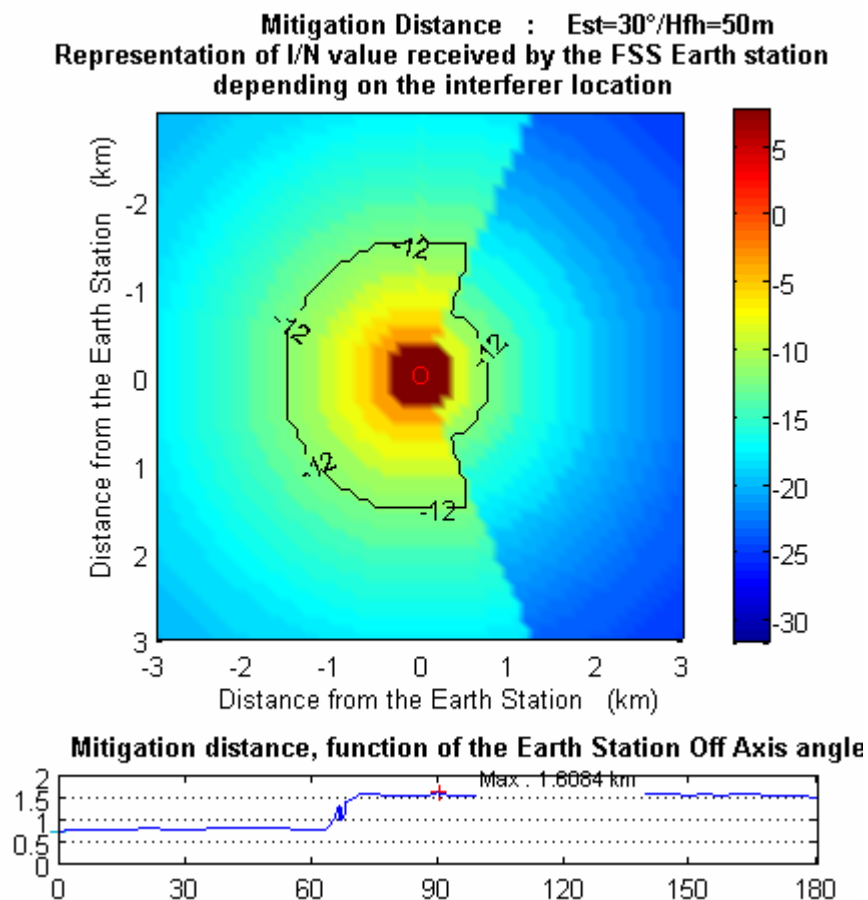
Au regard de ces résultats, nous pouvons remarquer que:

- La hauteur des FH a une influence sur les distances de mitigation. Plus le FH sera haut, plus il apparaîtra proche de l'axe principal de la station terrienne, et donc les interférences seront plus importantes. Au regard de la variation des distances en fonction de la hauteur des FH, il apparaît important que cette hauteur soit contrôlée, et notamment par le biais de la Décision. Cependant, une telle limitation dans la Décision ne couvrirait pas les cas où la différence d'altitude relative entre le FH et la station terrienne est plus importante que celle simulée ici (nous avons considéré un modèle de terrain plat dans cette étude).
- L'élévation des stations terriennes n'a pas d'influence majeure sur les distances de mitigation. Même entre 10° et 30°, il semble que la différence créée soit minime. Par contre, en terme de déploiement de stations terriennes, selon le territoire considéré, l'élévation de la station terrienne est liée à son azimuth. Ainsi, les études qui seraient menées en lien avec l'azimut du FH ne mèneraient pas aux mêmes conclusions selon le territoire français considéré.

Sur cette base, il est proposé que le cas Est=30° et Hfh=50m soit utilisé dans cette étude comme typique pour les simulations suivantes.

Etude additionnelle sur les azimuths

Une étude complémentaire semble utile: celle où l'on considère pour chaque emplacement de FH, quel pourrait être le niveau d'interférence minimum si l'on adapte, d'une manière encore à définir, l'azimut optimal de ce FH afin de minimiser la distance de mitigation.



Nous obtenons $D_{min}=0.8\text{km}$ et $D_{max}=1.6\text{km}$.

Cependant, ceci ne prend pas en compte le FH associé, qui pointe dans l'azimut opposé, et qui par conséquent produit un niveau d'interférence bien plus important, même s'il est situé 15km plus loin.

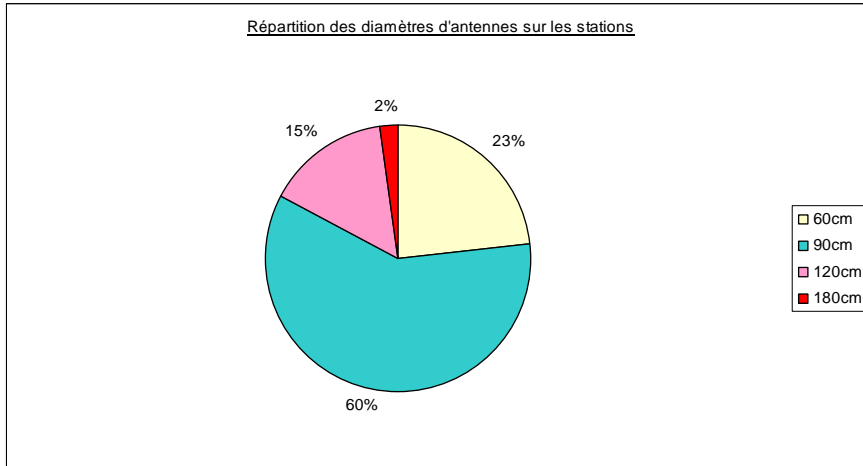
3) *Etude ARCEP*

Cette étude présente les simulations suivantes :

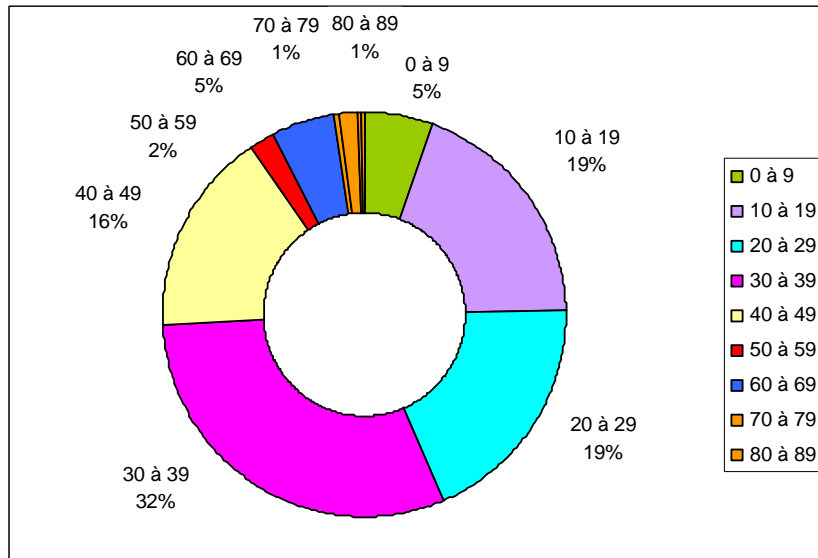
- **ETUDE A** : Simulation d'un brouilleur virtuel tournant autour d'une station de réception satellite du SFS existante pour une configuration définie.
- **ETUDE B** : Simulation d'un brouilleur FH virtuel sur une station de réception satellite du SFS existante permettant de calculer le déphasage angulaire minimal, en termes d'angles hors axe, au-delà desquels la station terrienne n'est pas brouillée.
- **ETUDE C** : Simulation de l'impact d'un réseau de FH existant sur une station réception satellite du SFS virtuelle disposant d'une configuration définie et implantée en tout point d'une zone géographique donnée.

Etude préliminaire statistique sur les FH

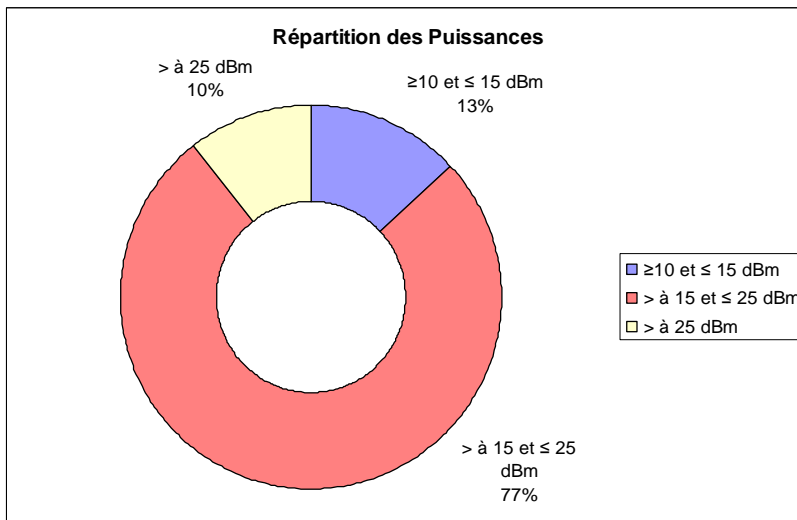
Répartition des diamètres d'antenne (cm)



Hauteur des antennes (mètre) et pourcentage de stations



Puissance des stations (dBm) et pourcentage associé



Paramètres de l'étude

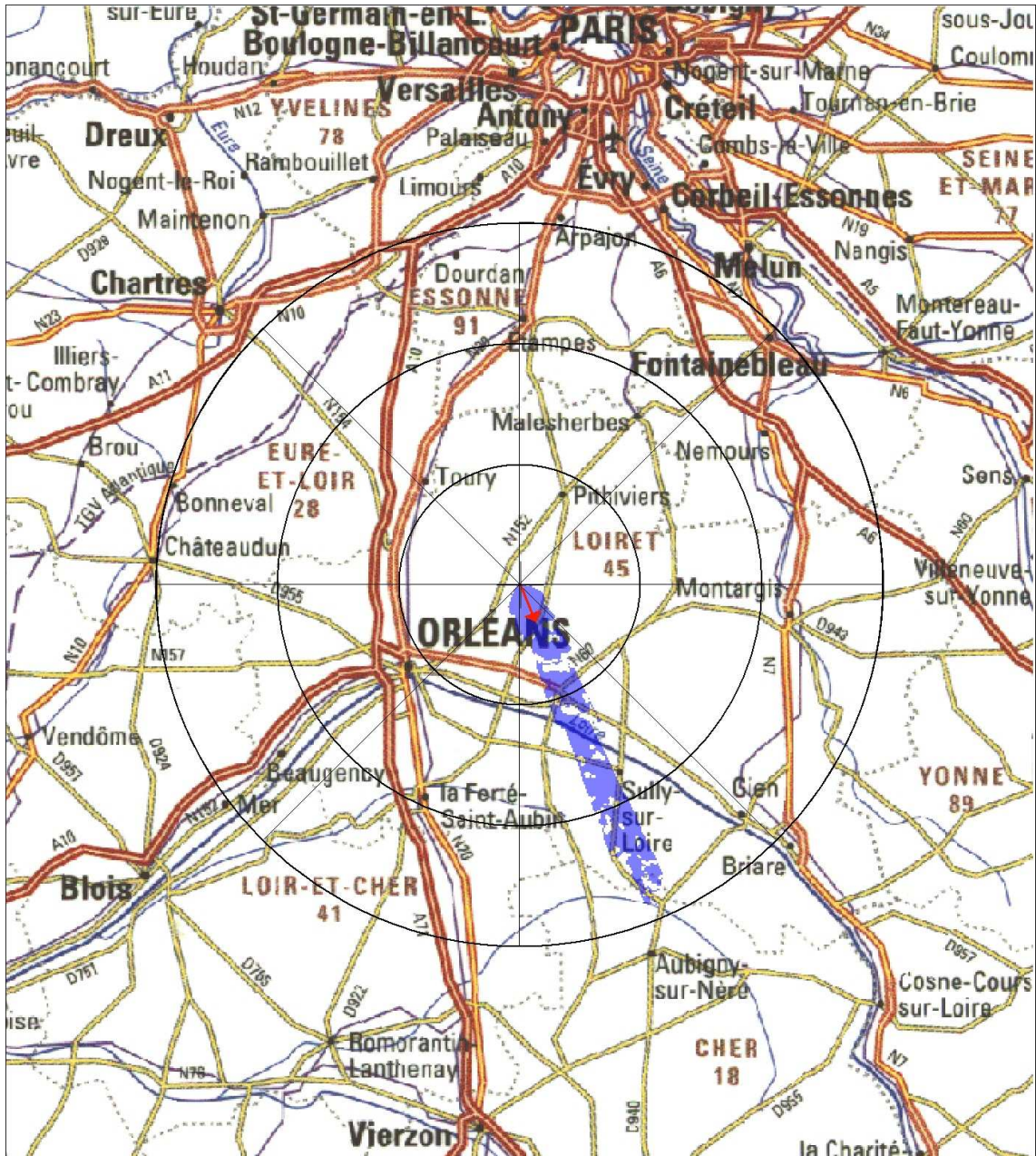
Les paramètres de l'interfereur définis dans le tableau ci dessous sont issus de l'analyse statistique de la base FH de l'Autorité, et conformes aux hypothèses du paragraphe III.

Paramètre	Valeur	INTERFEREUR			VICTIME
Fréquence	GHz	11 GHz			11 GHz
Largeur Canal	MHz	40			36
Gain Antenne	dBi	38.4 (90 cm)			35
Polarisation		Verticale			Verticale
Gabarit Antenne		RPE SB3-107A			ITU R1213
Hauteur Antenne/Sol	m	35			10
Température Bruit	° K				150
Facteur de Bruit	dB				1,8
Longitude orbite Géo	°				19,2 E
Puissances émission		Min	Nom	Max	
Equipement	dBW /dBm	-10 /10	-10 / 20	0 / 30	
PIRE	dBW	18.4	28.4	38.4	
TIL	dBW /dBm				-128 / -98
FKTB	dBm				-99
Protection	dB				12
I/N (N = FKTB)	dB				-12
FKTB + (I/N)	dBm				-111
Champ à l'antenne pour FKTB + (I/N)	dBμ V/m				12
Champ à l'antenne pour FKTB	dBμ V/m				24
Modèle Propagation	UIT-R P.452				
Sursol	OUI				

ETUDE A

Simulation d'un brouilleur virtuel sur une station terrienne du SFS réelle.

- La station terrienne est orientée vers le satellite choisi
- Le brouilleur virtuel est orienté dans un azimut fixe et inverse à celui de la station terrienne (+180°)
- I/N est égal à -12 dB avec N= FKTB du récepteur satellite (Convention ATDI)
- L'impact résultant de la simulation correspond à une valeur $I/N \geq -12$ dB



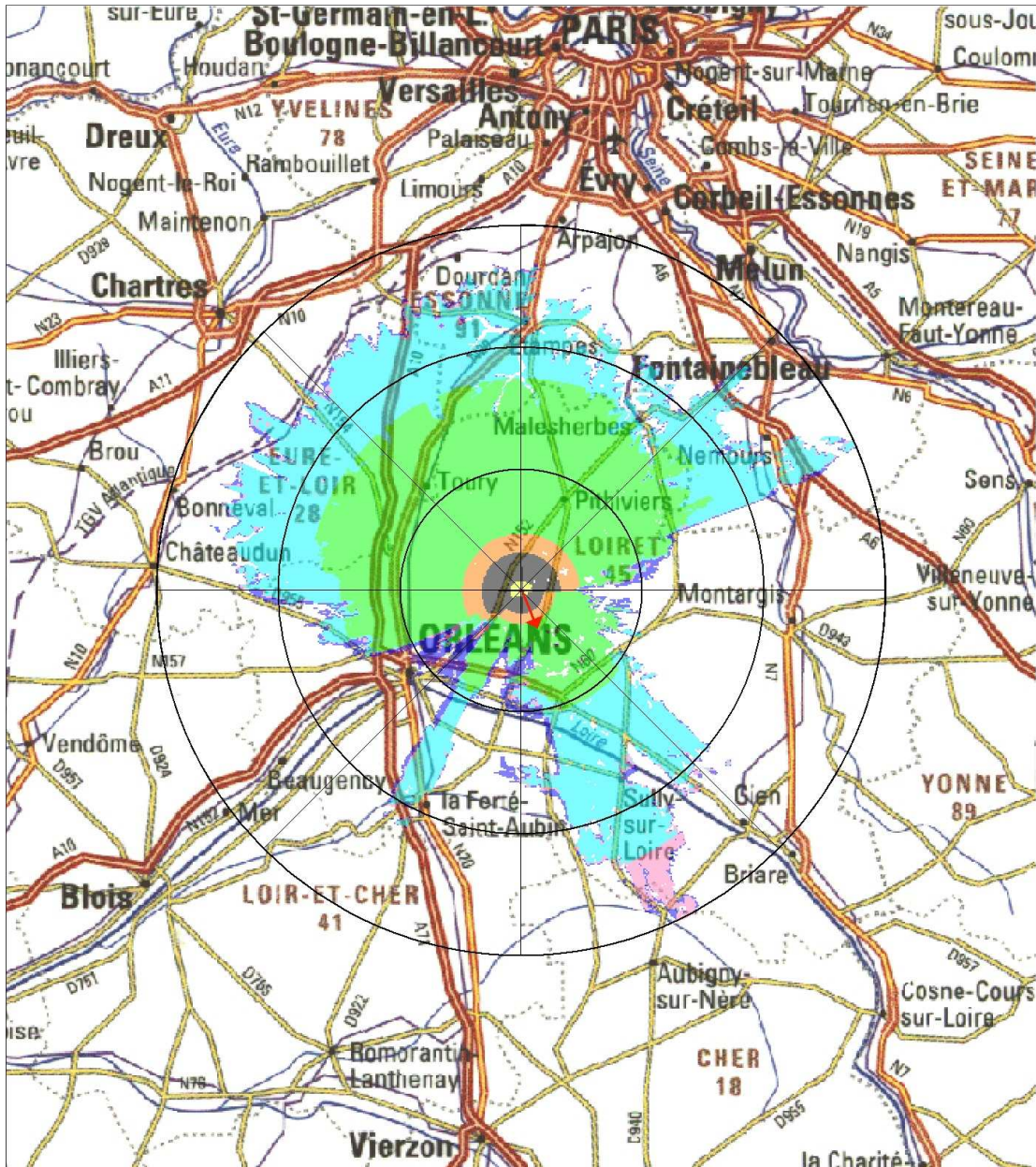
Chaque cercle matérialise une distance de 20 km.

Cette étude est conforme aux résultats de l'étude de France Télécom qui préconisait une distance de coordination de 57 km pour une station radioélectrique émettant dans l'axe de la station terrienne

ETUDE B

Cette étude détermine l'angle nécessaire à la station radioélectrique pour qu'elle ne perturbe plus la station terrienne.

Autour de la station terrienne on déplace une station radioélectrique dont on fait varier l'azimut de manière à déterminer la valeur angulaire de non perturbation.



Cette couverture définit ainsi les différentes valeurs angulaires permettant de supprimer le risque de perturbation vis à vis de la station terrienne.

Tableau présentant la surface impactée selon la valeur angulaire entre la station radioélectrique et la station terrienne :

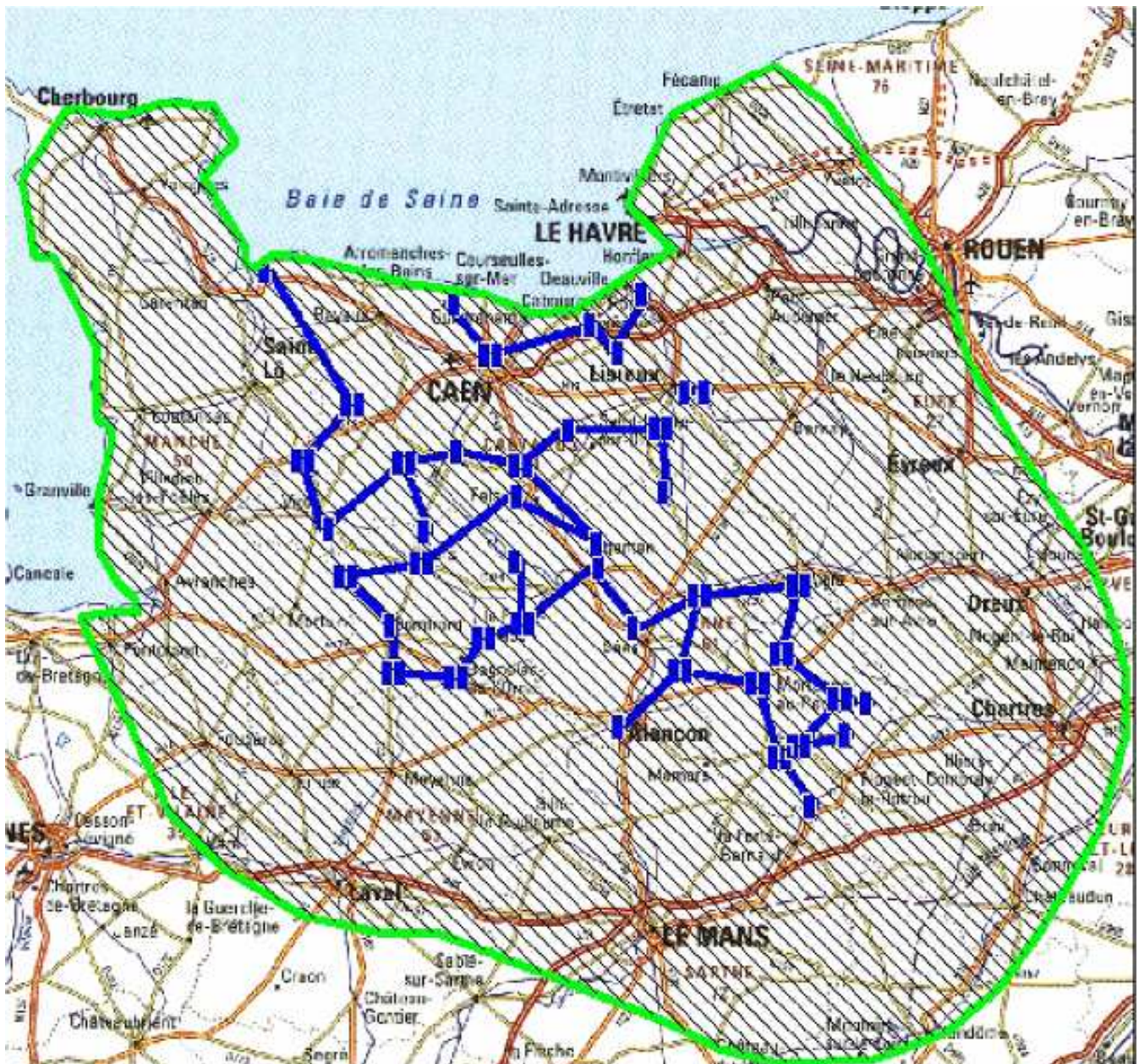
Angle OAA (°)	Surface impactée en km²
OAA < 2	162
2 ≤ OAA < 3	295
3 ≤ OAA < 5	165
5 ≤ OAA < 10	1968
10 ≤ OAA < 30	1901
30 ≤ OAA < 50	111
50 ≤ OAA < 70	90
OAA ≥ 70	7

ETUDE C

Cette étude :

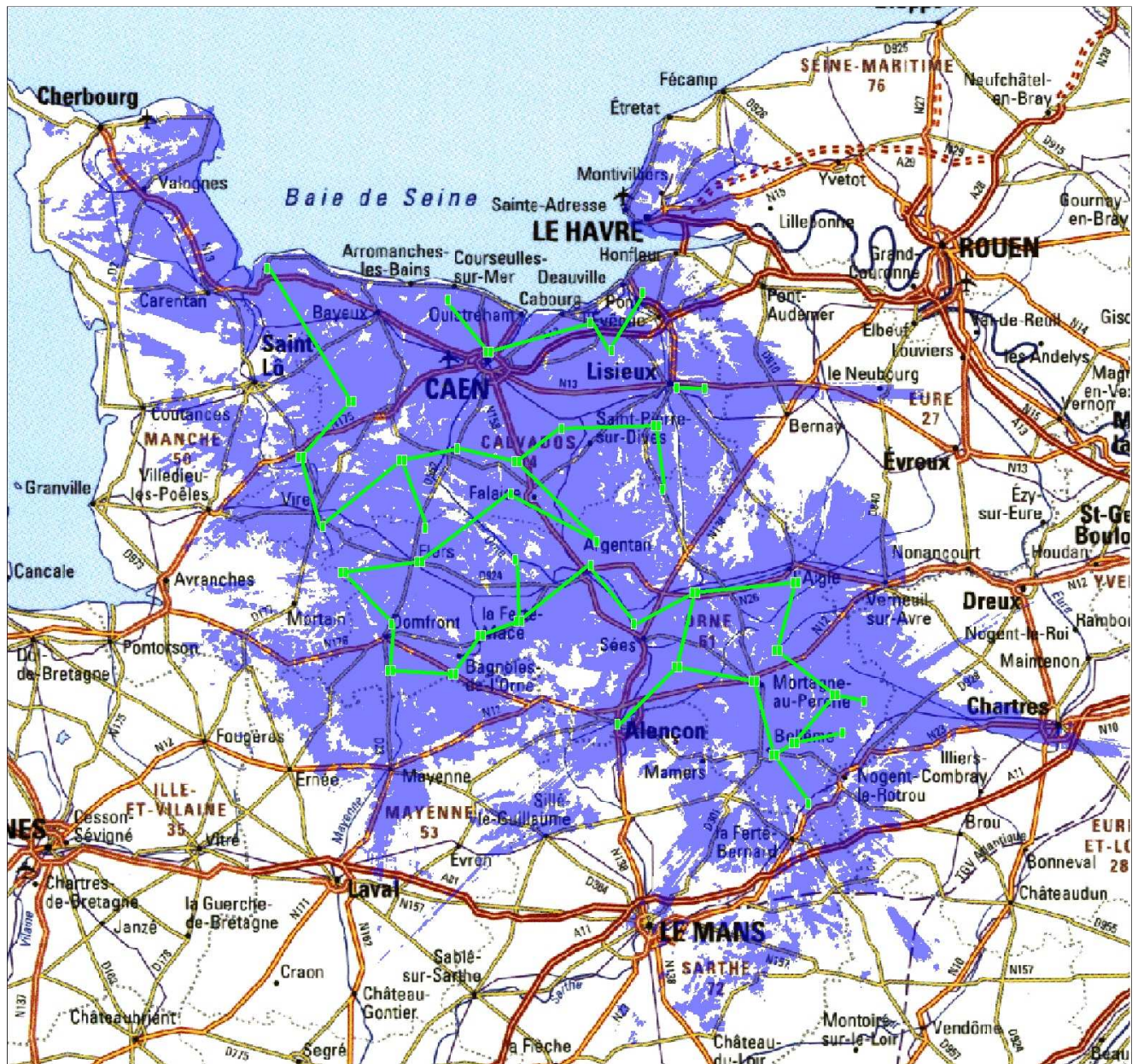
- Est réalisée dans les départements de l'Orne et du Calvados où sont implantées 40 liaisons point à point utilisant la fréquence 11175 MHz en polarisation verticale ;
- Présente la valeur de champs correspondants au niveau du signal interféreur pour un I/N de -12 dB soit $12 \text{ dB}\mu\text{V/m}$;
- Permet de calculer la surface réellement impactée en fonction de la position géographique de la station de réception satellite du SFS pour une configuration donnée.

Implantation des liaisons point à point et zone d'étude inscrite dans un rayon de 60 km autour de chaque station



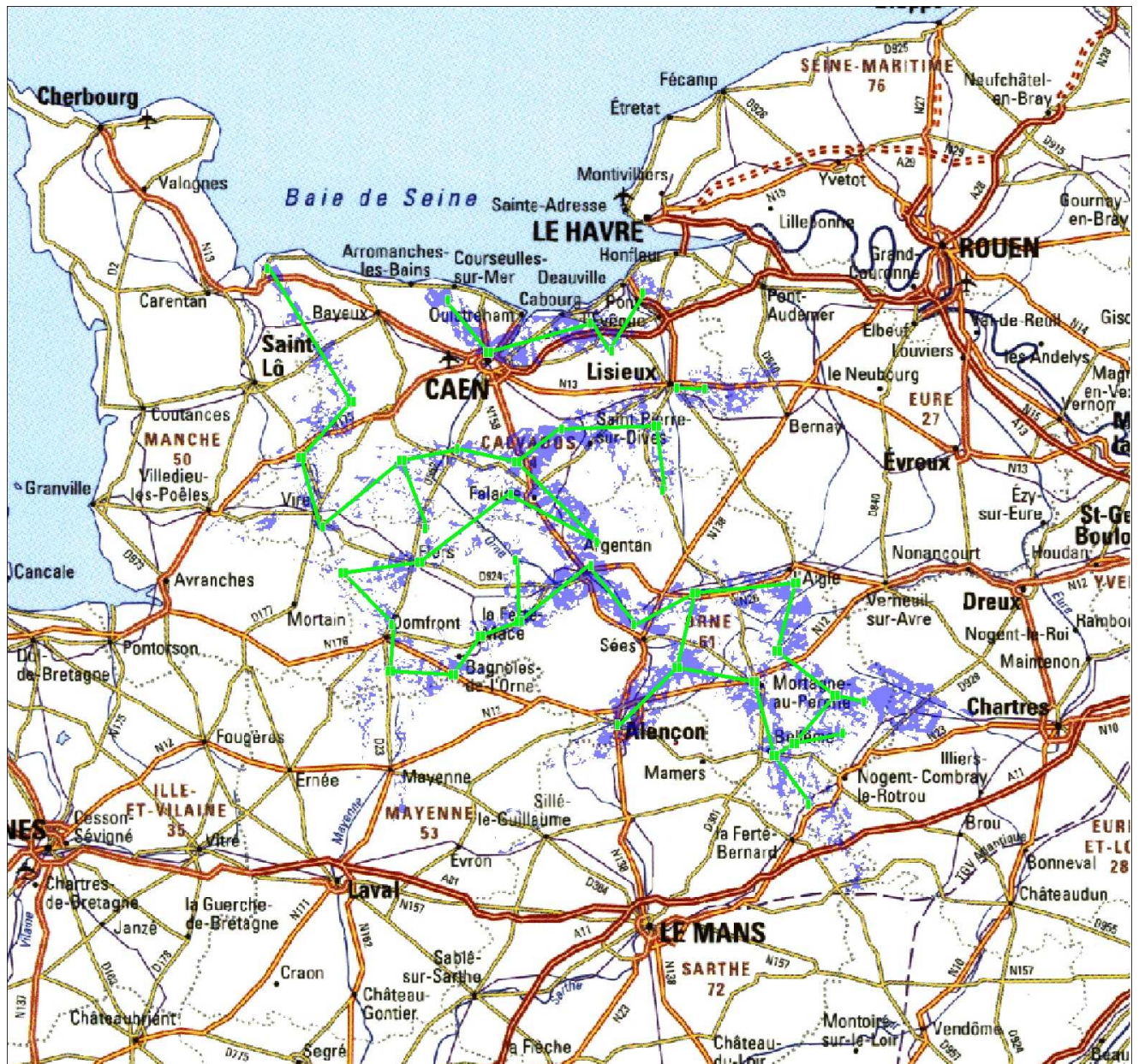
Cette zone représente une surface globale de **38933 km²**

Couverture des FH à 11175 MHz dont le champ est ≥ 12 dB μ V/m



La surface impactée est de **18009 km²**

Couverture représentant les zones potentiellement perturbées d'une station terrienne orientée vers le satellite (seuil de I/N = - 12 dB) pour un seul sens de transmission des FH.



La surface impactée est de 2294 km²

Conclusion

Tableau de synthèse

Zone d'étude	Couverture FH 12dB μ V/m		Surface impactée I/N \geq -12 dB		
	Surface en km ²	Surface en km ²	%/total étude	Surface en km ²	%/total étude
38933	18009	46	2294	6	13

La ville Caen (113 000 habitants) est située dans la zone potentiellement impactée par les stations radioélectriques des liaisons point à point. Il devrait donc y avoir des cas de brouillages identifiés. Si l'on tient compte que 13,5% des habitants des villes > 100000 habitants disposent d'une réception audiovisuelle par satellite cela représente donc pour la ville de Caen 15255 habitants soit sensiblement 5085 foyers (3 personnes par foyer).

L'ARCEP estime qu'il y a un risque théorique de brouillage des stations terriennes non coordonnées par les stations radioélectriques du service fixe. Cependant, bien que les études théoriques indiquent un pourcentage de 13% de surface impactée vis à vis de la couverture des FH et seulement de 6% sur la zone totale d'étude (les FH ne transmettant que dans un seul sens dans le cas de la présente étude), le risque présenté est extrêmement faible. On peut noter que, à ce jour, aucun brouillage n'a été mis en évidence.

A noter que le chiffre de 6% concerne l'ensemble des points de la zone étudiée : zones habitables et zones non habitables (all clutter) ce qui implique un risque réel d'interférence inférieur à 6%.

Les opérateurs satellites ont fait remarquer qu'il est probable que la disponibilité de la réception des liaisons du SFS est diminuée par l'existence de liaisons hertziennes. Cependant, en raison de la longueur et de la lourdeur des mesures à mettre en œuvre pour prouver ce constat, il n'existe aucune donnée chiffrée caractérisant cette diminution.

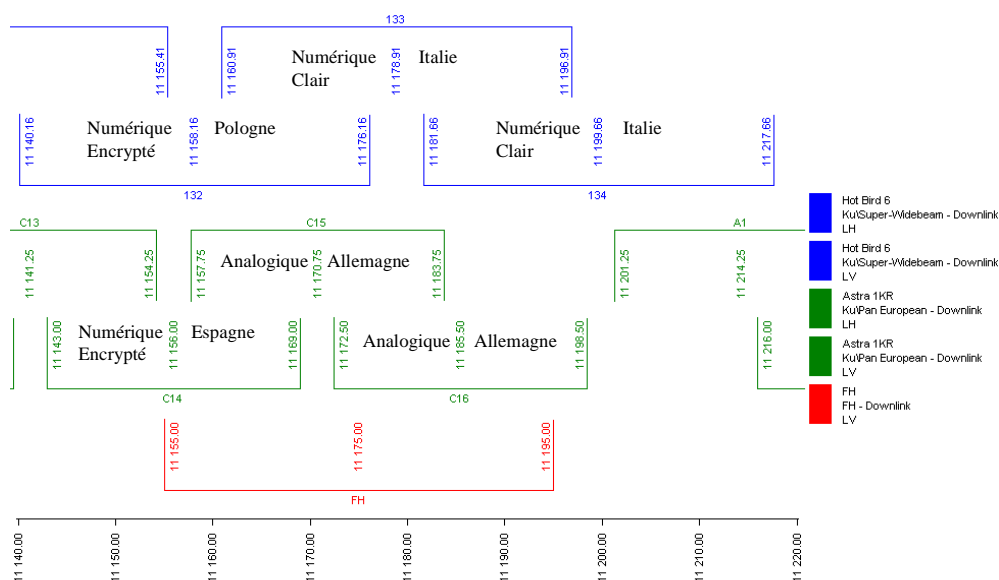
VI. Synthèse des études

Tout d'abord, ces 3 études permettent de constater un risque théorique de brouillage des stations terriennes non coordonnées par les stations radioélectriques du service fixe.

Dans le cas du déploiement réel de FH en Normandie, aucune plainte en brouillage n'est rapportée par les utilisateurs du SFS.

En outre, comme en atteste le schéma ci-dessous, on peut expliquer l'absence de plaintes en brouillage en Normandie, de la part des utilisateurs DTH en particulier, par le fait que les émissions FH sont effectuées sur la fréquence 11175 MHz où les émissions DTH correspondent à des chaînes de télévision à priori peu regardées.

Plan de fréquences 11175 GHz 23/01/2007



SES ASTRA Proprietary and Confidential

1



Les études mettent par ailleurs en évidence l'influence de l'écart angulaire entre l'axe du FH et celui de la station terrienne sur l'importance des risques de brouillage.

VII. Conclusions – Mesures proposées favorisant la coexistence entre SFS et SF à 11 GHz

Le groupe de travail recommande de prendre en compte les considérations suivantes:

1) Mesures concernant les stations non coordonnées du SFS

a) Pour les stations déjà déployées:

Seule une coordination technique de la station terrienne du SFS actuellement non coordonnée peut lui garantir une absence de brouillage lors du déploiement de nouvelles liaisons FH dans la même bande de fréquence. Cette coordination, qui concerne particulièrement les VSAT, peut-être demandée auprès de l'ARCEP (www.arcep.fr).

b) Pour les stations à venir:

Les stations du SFS ne doivent pas être installées plus haut que nécessaire pour l'application envisagée (voir recommandation UIT-R SF.1486);

Il est recommandé, dans la mesure du possible, d'installer les stations terriennes du SFS de façon à maximiser par effet d'écran la protection contre les brouillages que pourraient causer les liaisons FH. Lors de l'installation des stations du SFS, il convient de tirer par exemple parti du relief, c'est-à-dire d'exploiter les dépressions et les effets d'écran naturels pour accroître l'affaiblissement par diffraction/effet d'obstacle. En l'absence d'écran naturel, l'utilisation judicieuse des obstacles artificiels (e.g. murs, immeubles) est une alternative dont les effets sont semblables— Afin d'assurer un rejet plus important des brouillages, il peut être envisagé dans certains cas d'adapter le diagramme des antennes des stations du SFS afin de diminuer le niveau des lobes secondaires.

2) Mesures concernant les FH

a) Pour les FH déjà déployés

Pas de changements aux caractéristiques techniques

b) Pour les FH à venir:

Il est recommandé de:

- Limiter la PIRE du FH au besoin de la liaison,
- Mettre en oeuvre l'ATPC ou de tout autre moyen équivalent ;
- Utiliser un débit minimal de 155 Mbits/s ou équivalent (voir norme harmonisée 302 217-2-2 annexe F pour les débits équivalents) ;
- Limiter le nombre de FH par canal et par département
- Définir une distance minimale pour le bond hertzien
- Considérer les densités de population lors de l'implantation des FH (favoriser les zones les moins peuplées)
- Favoriser, dans la mesure du possible, l'orientation des FH dans le sens est/ouest sur le territoire métropolitain

ANNEXE

A) Caractéristiques des stations terriennes non coordonnées ASTRA pour le service DTH (Direct to home)

General

Orbital position	[deg]	19,2
Satellite station keeping	[deg]	0,1
Polarization		linear H or V

Coding

Transponder bandwidth	[MHz]	26
Energy dispersal bandwidth	[MHz]	22
Modulation		QPSK
FEC		5/6
Reed-Solomon		204/188
Symbol rate	[Msymb/s]	22
Info bit rate	[Mbit/s]	33,8
Required Eb/N0	[dB]	6,0
Required C/N	[dB]	7,9

Uplink

Frequency	[MHz]	14000,0
C/(N+I) up clear sky	[dB]	25,0
C/(N+I) up with rain	[dB]	24,5

Downlink

Frequency	[MHz]	11200
Transponder EIRP	[dBW]	51,3
EIRP density	[dBW/Hz]	-22,1
Antenna size	[m]	0,6
Antenna efficiency	[%]	65
Pointing loss	[dB]	0,4
Antenna mispointing	[deg]	0,5
Antenna pattern		DBLTVROI0001
Antenna gain	[dBi]	35,1
Noise figure LNC	[dB]	1,1
Noise temperature LNC	[K]	83,59
Antenna noise temperature	[K]	40
Losses W/G	[dB]	0,5
Noise Temp. W/G	[K]	31,54
Antenna location	Country	France
	City	Paris
Latitude	[deg]	48,87
Longitude	[deg]	2,33
Altitude	[km]	0,04
Rp001	[mm/h]	25,37
Rain altitude	[km]	2,23
Water Vapour density	[g/m3]	7,26
Azimuth	[deg]	158,07
Elevation	[deg]	31,61
Link availability	[%]	99,9

Atmospheric attenuation	[dB]	0,1
Atmosphere noise temp	[K]	6,99
Rain attenuation	[dB]	1,1
Free space losses	[dB]	-205,1
Clear sky system noise temp	[K]	162,12
Total system noise temp	[K]	216,19
G/T (usable)	[dB/K]	11,7
C/No down	[dB]	84,9
C/N down clear sky	[dB]	13,1
C/N down	[dB]	10,7
C/I down intra-satellite (X-pol)	[dB]	30,0
C/I down adjacent	[dB]	15,0
C/(N+I) down total clear sky	[dB]	10,9
C/(N+I) down total with rain att	[dB]	9,3

Overall

With Rain on downlink only			With Rain on uplink only		
C/N+I up	[dB]	25,0	C/N+I up	[dB]	24,5
C/N+I down	[dB]	9,3	C/N+I down	[dB]	10,9
C/(N+I) total	[dB]	9,2	C/(N+I) total	[dB]	10,7
C/N required	[dB]	7,9	C/N required	[dB]	7,9
Implementation Margin	[dB]	0,5	Implementation Margin	[dB]	0,5
Threshold	[dB]	8,4	Threshold	[dB]	8,4
Margin	[dB]	0,8	Margin	[dB]	2,3

B) Caractéristiques des stations terriennes non coordonnées ASTRA pour le service SMATV (Satellite Master Antenna TV)

General

Orbital position	[deg]	19,2
Satellite station keeping	[deg]	0,1
Polarization		linear H or V

Coding

Transponder bandwidth	[MHz]	26
Energy dispersal bandwidth	[MHz]	22
Modulation		QPSK
FEC		5/6
Reed-Solomon		204/188
Symbol rate	[Msymb/s]	22
Info bit rate	[Mbit/s]	33,8
Required Eb/N0	[dB]	6,0
Required C/N	[dB]	7,9

Uplink

Frequency	[MHz]	14000,0
C/(N+I) up clear sky	[dB]	25,0
C/(N+I) up with rain	[dB]	24,5

Downlink

Frequency	[MHz]	11200
Transponder EIRP	[dBW]	51,3
EIRP density	[dBW/Hz]	-22,1
Antenna size	[m]	0,8
Antenna efficiency	[%]	65
Pointing loss	[dB]	0,2
Antenna mispointing	[deg]	0,3
Antenna pattern		DBLTVROI0001
Antenna gain	[dBi]	37,6
Noise figure LNC	[dB]	1,1
Noise temperature LNC	[K]	83,59
Antenna noise temperature	[K]	40
Losses W/G	[dB]	0,5
Noise Temp. W/G	[K]	31,54
Antenna location	Country	France
	City	Paris
Latitude	[deg]	48,87
Longitude	[deg]	2,33
Altitude	[km]	0,04
Rp001	[mm/h]	25,37
Rain altitude	[km]	2,23
Water Vapour density	[g/m3]	7,26
Azimuth	[deg]	158,07
Elevation	[deg]	31,61
Link availability	[%]	99,95
Atmospheric attenuation	[dB]	0,1
Atmosphere noise temp	[K]	6,99
Rain attenuation	[dB]	1,6
Free space losses	[dB]	-205,1
Clear sky system noise temp	[K]	162,12
Total system noise temp	[K]	238,00
G/T (usable)	[dB/K]	13,8
C/No down	[dB]	86,6
C/N down clear sky	[dB]	15,8
C/N down	[dB]	12,5
C/I down intra-satellite (X-pol)	[dB]	30,0
C/I down adjacent	[dB]	20,5
C/(N+I) down total clear sky	[dB]	14,4
C/(N+I) down total with rain att	[dB]	11,7

Overall

With Rain on downlink only			With Rain on uplink only		
C/N+I up	[dB]	25,0	C/N+I up	[dB]	24,5
C/N+I down	[dB]	11,7	C/N+I down	[dB]	14,4
C/(N+I) total	[dB]	11,5	C/(N+I) total	[dB]	14,0
C/N required	[dB]	7,9	C/N required	[dB]	7,9
Implementation Margin	[dB]	0,5	Implementation Margin	[dB]	0,5
Threshold	[dB]	8,4	Threshold	[dB]	8,4
Margin	[dB]	3,1	Margin	[dB]	5,6