

**Rapport sur la coexistence en bande adjacente entre les faisceaux hertziens opérant autour de la bande 1400-1427 MHz et les radiotélescopes des sites de radioastronomie de Nançay et de Floirac**

## 1. Introduction

Le présent rapport vise à analyser les modalités de coexistence en bande adjacente et en co-canal autour de 1400 MHz entre les Services Fixe (SF) et de Radioastronomie (ASR).

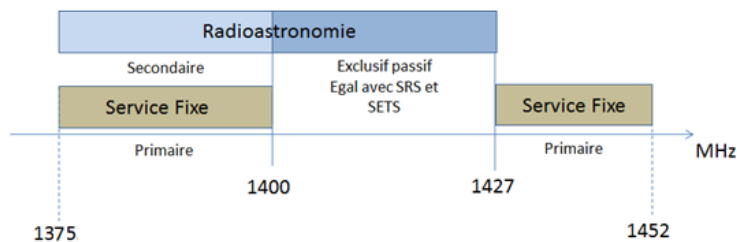
A partir des résultats de ces études, un ensemble de recommandations est proposé afin de faciliter la coexistence entre les stations de terre du SF et les radiotélescopes des stations des sites de radioastronomie de Nançay et de Floirac.

Compte tenu du plan de fréquence en vigueur en France (cf. Figure 1), deux types d'études seront entreprises :  
En co-canal dans la bande 1375 MHz-1400 MHz.

En canal adjacent dans la bande 1400-1427 MHz avec le SF opérant sous 1400 MHz et au-dessus de 1427 MHz.

FIGURE 1.

Représentation spectrale de la coexistence des deux services d'après le tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF)



## 2. Caractéristiques du site de radioastronomie de Nançay

### 2.1 Caractéristiques du site de radioastronomie de Nançay

Le site de radioastronomie de Nançay est localisé à 02°12'00 E et 47°23'00 N (d m s). L'instrument d'observation le plus sensible du site dans la bande 1.4 GHz est le radiotélescope décimétrique de Nançay (RDN). Le RDN observe dans les bandes 1330-1400 MHz et 1400-1427 MHz. Le point focal de référence du RDN est localisé à 02°11'52 E et 47°22'17 N (d m s).

Par ailleurs le radiotélescope de Nançay est relativement unique en son genre puisqu'il fait partie à la fois des sept structures mondiales de classe 100m tout en ne présentant pas de configuration parabolique.

Sa configuration particulière à base de deux miroirs, face à face, distants de 460m (l'un fixe et l'autre mobile) lui confère des lobes latéraux et arrière particuliers et relativement difficiles à caractériser. La hauteur de rotation du miroir mobile est estimée à 22 m (dans l'axe Nord-Sud) et est considérée comme hauteur moyenne de l'antenne.

Il convient de souligner que la station de radioastronomie de Nançay est située dans une zone géographique totalement dénuée de relief, ce qui a pour conséquence de limiter considérablement sa protection par diffraction des signaux générateurs d'interférences.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne du radiotélescope (habituellement considéré comme omnidirectionnelle dans les recommandations et notamment dans la recommandation **ITU-R RA. 769-2**) est prise conforme à la situation théorique calculée dans le Tableau1.

TABLEAU 1.

Tableau indicatif des gains théoriques (en champ lointain) estimatifs du radiotélescope décimétrique de Nançay pour des émetteurs terrestres

| Direction                              | Azimut               | Type de gain donné                                                                                                                                                                                                                                                                       | Hauteur antenne H (m) | Gain (dB) @ 1.4 GHz |
|----------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Nord = $\pm 10^\circ$                  | 350 - 10             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Focalisation dans le miroir sphérique après traversée du miroir plan</li> <li>Gain du télescope en champ lointain</li> <li>H correspond à l'axe du miroir plan</li> </ul>                                                                         | 22                    | 10.5                |
| Nord = $\pm 10^\circ$ à $\pm 20^\circ$ | 340 - 350 et 10 - 20 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zone de transition indéterminée</li> <li>Le gain global correspond a du gain diffus et du gain focalise du télescope en champ lointain. Par convention avec UIT-R RA.769, on prendra 0dB.</li> <li>H correspond à l'axe du miroir plan</li> </ul> | 22                    | 0                   |

|                                  |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |      |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
| Sud =<br>180°±30°                | 150 - 210                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gain du système focal après traversée du miroir sphérique</li> <li>H correspond au centre du miroir parabolique bas du système focal</li> </ul>                                                                                                   | 4  | 10   |
| Sud =<br>180±30°<br>à<br>180±60° | 120 – 150<br>et<br>210 - 240 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zone de transition indéterminée</li> <li>Le gain global correspond à du gain diffus et du gain focalisé du télescope en champ lointain. Par convention avec UIT-R RA.769, on prendra 0dB.</li> <li>H correspond à l'axe du miroir plan</li> </ul> | 22 | 0    |
| Ouest =<br>270°±30°              | 240 - 340                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Le gain correspond à la moitié du gain diffus du télescope en champ lointain</li> <li>H correspond à la hauteur moyenne du gain du télescope en champ lointain</li> </ul>                                                                         | 22 | -1.5 |
| Est =<br>90°±30°                 | 20 - 120                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Le gain correspond à la moitié du gain diffus du télescope en champ lointain</li> <li>H correspond à la hauteur moyenne du gain du télescope en champ lointain</li> </ul>                                                                         | 22 | -1.5 |

Il existe des incertitudes de gain en champs proches. Les valeurs mentionnées dans le tableau sont celles valables en champ lointain.

## 2.2 Caractéristiques du site de radioastronomie de Floirac

Le site de radioastronomie de Floirac est localisé à 00°31'35" O et 44°50'06" N (d m s). La bande 1400-1427 MHz est observée par le radiotélescope Würzburg. Le point focal de référence du Würzburg est localisé à 00°31'36" O et 44°50'07"N (d m s) pour une altitude de 73 m.

Le radiotélescope est doté d'une antenne parabolique de 7.5m de diamètre, avec un point focal à 7.5m de hauteur au-dessus du sol. Le diagramme de rayonnement est considéré d'après la **Recommandation ITU-R-SA.509-3**. L'antenne utilise un système de pointage des sources astronomiques qui permet de couvrir des angles d'élévation de 5° à 110° et des angles d'azimut de 90° à 270°. Le lobe de l'antenne est défini par : ouverture à 3 dB = 2.7° et G = 37dBi @ 1.4 GHz. Toutefois comme l'étude est de type statique, le choix aléatoire de position de l'antenne n'est pas envisageable.

Théoriquement dans le cas d'études non-dynamiques (où le gain ne peut être tiré aléatoirement) la **Recommandation ITU-R. 769** propose l'utilisation d'une antenne omnidirectionnelle (0dBi) associée à une température des récepteurs de 22K. Au vu des zones de pointage réel de l'antenne de RST (uniquement vers le Sud), L'antenne est considérée comme présentant des lobes arrière vers le Nord et l'étude considère donc que de 270° à 90°, le gain est de -10dBi. Sur la zone couvrant le Sud, un gain « moyenné » de +10dBi sera considéré. Sur cette dernière hypothèse, d'un point de vue théorique, selon la **Recommandation ITU- SA.509-3**, le gain sur l'élévation minimum (5°) devrait être de 28dBi (le gain choisi est donc 18 dBi inférieur), mais l'hypothèse proposée permet d'obtenir une moyenne du gain autour de la station à 0dBi (-10 dBi sur 180° et +10dBi sur les autres 180°).

La température théorique du récepteur telle que donnée par la **Recommandation ITU-R. 769** est de 22K associée à un gain de 0 dBi. Compte tenu de l'hypothèse faite ci-dessus sur le diagramme de rayonnement de l'antenne, il a été convenu de considérer la valeur réelle mesurée du radiotélescope de 250K, soit une différence de l'ordre de 10 dB par rapport à la valeur théorique.

## 2.3 Caractéristiques des bandes passives mesurées

Les bandes utilisées dans cette étude sont des bandes d'observations à la fois du continuum et de raie spectrale :

1. D'un point de vue international, les dispositions du **No. 5.340 du RR** s'appliquent à la bande **1400-1427 MHz** à laquelle est attribué le service de radioastronomie. Cet article mentionne que « toutes les émissions sont prohibées dans cette bande ». Les mêmes règles s'appliquent au niveau national.
2. D'un point de vue international, les dispositions du **No. 5.149 du RR** s'appliquent à la bande **1330-1400 MHz** qui n'est cependant pas attribué au service de radioastronomie. Dans le TNRBF la bande **1350-1400 MHz** est attribuée au service de radioastronomie avec un statut secondaire.

- Les observations du continuum sont des études à long terme sur la variabilité des objets célestes (Ex : Quasars, Pulsars ou des restes de Supernova). Les émissions observées de ces sources radios sont extrêmement faibles et produisent donc des variations particulièrement faibles de la température du récepteur. Une intégration longue et une haute stabilité de l'amplificateur de la chaîne de réception sont donc nécessaires.
- Les observations de raie spectrales sont des études de l'évolution des propriétés spectrales d'une molécule ou d'un atome. Ici la raie observée est celle de l'hydrogène, nommé HI et l'émission électromagnétique mesurée est liée à l'évolution de l'état de spin de l'unique électron composant l'atome d'hydrogène. L'évolution spectrale de cette raie d'observation peut être associée, selon les éléments et/ou phénomènes étudiés, à un décalage en fréquence par effet Doppler ou à un élargissement de la raie. Ces deux phénomènes demandant que l'ensemble de la bande d'observation (27 MHz) reste particulièrement dénuée d'interférences.

D'un point de vue général, la bande **1400-1427 MHz** est utilisée pour les observations de notre galaxie (Voie Lactée) et des galaxies proches et la bande **1330-1400 MHz** pour les observations des galaxies lointaines. De fait, plus une galaxie est distante de la Terre, plus sa vitesse est grande à cause de l'expansion de l'univers et donc plus le décalage Doppler est grand (le décalage est toujours vers les basses fréquences et c'est pour cette raison que la bande primaire 1400-1427 n'est pas centrée sur la fréquence au repos (laboratoire) de la raie HI qui est de 1420.4 MHz).

## 2.4 Critères de protection des récepteurs de Radioastronomie

La **Recommandation ITU-R RA. 769-2** définit les critères de protection à utiliser pour la Radio Astronomie qui sont résumés dans les tableaux 1 (continuum) et 2 (raie spectrale) de cette Recommandation. Ceux-ci décrivent précisément les seuils de sensibilité dans la bande 1400-1427 MHz pour une durée d'intégration de 2000 secondes. Ces seuils peuvent être extrapolés ou recalculés si les paramètres de température de bruit ou de durée d'intégration sont reconsidérés. Le tableau ci-dessous reprend, de cette Recommandation UIT-R, les données utiles à la présente étude.

TABLEAU 2  
Niveaux de protection de la bande selon le type d'observation pour une durée d'intégration de 2000s

| Obs. | Fréquence Centrale (MHz) | Bande Passante (MHz) | Température de Bruit minimum (K) | Bruit Récepteur Temp. (K) | Temp. (mK) | Densité de Puissance Spectrale dB(W/Hz) | Puissance d'Entrée (dBW/dBm) | Densité de Flux de Puissance (dB(W/m²)) |
|------|--------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| CO   | 1413.5                   | 27                   | 12                               | 10                        | 0.095      | -269                                    | -205/-175                    | -180                                    |
| SLO  | 1420                     | 0.02                 | 12                               | 10                        | 3.48       | -253                                    | -220/-190                    | -196                                    |

Il est important de noter que les valeurs indiquées ci-dessus sont calculées sur la base de l'équation (4) de la **Recommandation ITU-R RA.769-2** :

$$P_{reçu} = 0.1\Delta P\Delta f$$

Cette puissance reçue sur une bande définie (20kHz ou 27Mhz) est ensuite ramenée dans 1MHz.

### Cas de Nançay

La **température de bruit réelle mesurée** du système de réception de Nançay, est de 35K @ 1.4 GHz, soit légèrement plus élevée que la valeur théorique de 22K. Cette valeur est en partie contrainte par le système antennaire spécifique et a été retenue dans cette étude pour le RDN. D'autre part, les durées d'intégration pour les programmes d'observation réalisées à Nançay, en raie HI comme en continuum, peuvent atteindre plus de 20h, soit 72000 secondes, durée retenue ici. C'est sur cette base que les niveaux de protection suivant sont calculés pour Nançay :

- Pour le Continuum ( $\Delta T=0.025\text{mK}$ ), le seuil de sensibilité ( $\Delta P$ ) est de -215dBW/MHz. La puissance reçue (voir équation ci-dessus) est donc de -210dBW/27MHz, soit -195 dBm/MHz.

- Pour la raie spectrale ( $\Delta T=0.92\text{mK}$ ), le seuil de sensibilité ( $\Delta P$ ) est de  $-199\text{dBW/MHz}$ . La puissance reçue (voir équation ci-dessus) est donc de  $-226\text{ dBW/20kHz}$ , soit  $-179\text{dBm/MHz}$ .

### Cas de Floirac

Le premier étage du système de réception n'est pas refroidi. La valeur théorique minimale de température de bruit pour un système de réception à antenne parabolique et à température ambiante est de l'ordre de  $250\text{K}$ , valeur de température de bruit retenue pour l'étude. La durée d'intégration typique est compatible avec la valeur théorique de 2000 secondes.

C'est sur cette base que les niveaux de protection suivant sont calculés pour Floirac :

- Pour le Continuum ( $\Delta T=1.076\text{ mK}$ ), le seuil de sensibilité ( $\Delta P$ ) est de  $-198\text{ dBW/MHz}$ . La puissance reçue (voir équation ci-dessus) est donc de  $-194\text{dBW/27MHz}$ , soit  $-178\text{ dBm/MHz}$ .
- Pour la raie spectrale ( $\Delta T=39.53\text{ mK}$ ), le seuil de sensibilité ( $\Delta P$ ) est de  $-183\text{ dBW/MHz}$ . La puissance reçue (voir équation ci-dessus) est donc de  $-210\text{ dBW/20kHz}$ , soit  $-163\text{ dBm/MHz}$ .

## 3. Définition des caractéristiques des stations FH

Les caractéristiques générales des FHs sont globalement extraites du FNF (Fichier National des fréquences) ainsi que de la norme EN 302 217-2-2. Le Tableau 3 récapitule les différentes grandeurs utilisées pour l'étude relative au FH fonctionnant autour de  $1.4\text{ GHz}$ .

TABLEAU 3.  
Caractéristiques des émissions de FH@1.4 GHz

| Station FH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Valeurs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Référence                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Bande Passante (MHz) (Bw)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0.025, 0.075, 0.250, 0.5, 1 et 2 MHz *                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | TNRBF & EN 302 217-2-2                             |
| Classe des FHs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1, 2 et 4L                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | EN 302 217-2-2                                     |
| Déploiement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | urbain et rural                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                    |
| PIRE maximum                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 40 dBW ou 70dBm par canalisation. Cette puissance doit être ramenée dans 1 MHz (pour comparaison avec critère RAS) . <ul style="list-style-type: none"> <li>• 70dBm/25kHz = 54dBm/MHz</li> <li>• 70dBm/75kHz = 59dBm/MHz</li> <li>• 70dBm/250kHz = 64dBm/MHz</li> <li>• 70dBm/500kHz = 67dBm/MHz</li> <li>• 70dBm/1MHz</li> <li>• 70dBm/2MHz = 73dBm/MHz</li> </ul> | Annexes A, B et C à la décision ARCEP n° 2013-0521 |
| Puissance « spurious »                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1. -50dBm/0.3kHz pour (Bw<1 MHz et f<21.2 GHz) soit -15 dBm/MHz **<br>2. -50dBm/1 kHz pour (Bw<10 MHz et f<21.2 GHz) soit -20 dBm/MHz**                                                                                                                                                                                                                             | ERC-REC-74-01 – Table 1.1 & recommend 4            |
| PIRE « spurious »                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Tableau 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    |
| Gain max dBi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Approximativement 17 dB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | FNF & Figure 3                                     |
| Gain min dBi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Approximativement -30 dB (atténuation -47dB)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | FNF & Figure 3                                     |
| Hauteur d'antenne (m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Entre 6 et 80 selon les antennes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | FNF                                                |
| Masque hors bande                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Figure 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | EN 302 217-2-2                                     |
| Diagramme d'antenne (exemple fréquent)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Antenne Amphenol JAYBEAM #5227000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | FNF                                                |
| Atténuation en fin de OOB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | -45 à -55 dB (Figure 2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | EN 302 217-2-2                                     |
| * L'EN 302 217-2-2 et la Recommandation T/R 13-01 E stipulent des canalisation de 3.5 MHz qui ne sont pas présentes dans l'Annexe 5 du TNRBF ou dans la décision n°2013-0521 de l'ARCEP (elles ne seront donc pas prises en compte). Les canalisation de 0.025, 0.075, 0.250, 0.5, 1 et 2 MHz sont présentent dans toute la France métropolitaine<br>** Les valeurs de « spurious » calculées le sont dans le pire cas, c'est-à-dire celui où des canaux présenteraient le début fréquentiel de leurs niveaux de « spurious » dans la bande passive. Dans le cas où les canaux sont très éloignés de la bande passive, au-delà de 70 MHz, la valeur de <b>-50dBm/Mhz</b> peut être considérée. Voir Tableau 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                    |

FIGURE 2

Représentation des atténuations hors bande des stations du SF (seules les canalisation de 0.025 et 2 MHz sont représentées pour chacune des classes – 1, 2 et 4L - du service fixe)

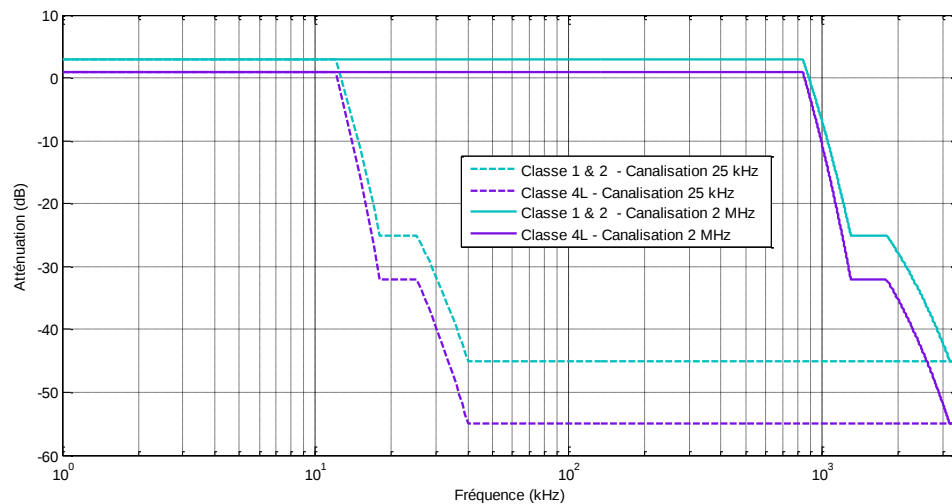


FIGURE 3  
Représentation du diagramme d'antenne (polarisations horizontale et verticale) – Atténuation en dB

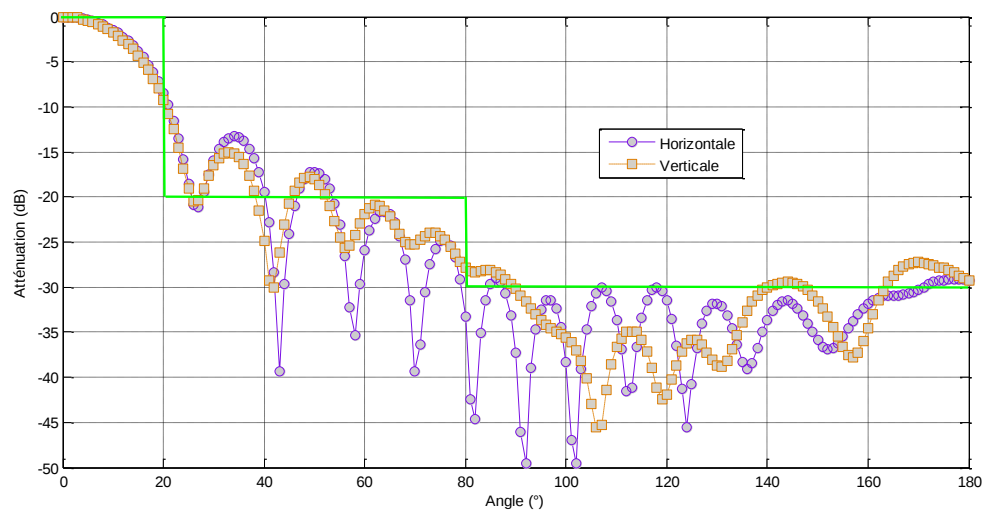


TABLEAU 4

Estimation des niveaux de « spurious » en fonction de l'éloignement du canal de la bande de radioastronomie et de la largeur du canal. PIRE calculée avec un gain de 17 dBi. Les éléments de couleurs sont associés à des valeurs qui ne peuvent être utilisées au regard de la répartition du spectre de la FIG.1 (écart maximum entre RST et FH de 25 MHz)

| Type              | Bande               | Puissance<br>« Spurious » | Puiss.<br>« Spurious »<br>dBm/MHz | PIRE max<br>« Spurious »<br>pour gain max<br>de 17dBi<br>(dBm/MHz) | PIRE min<br>« Spurious » pour<br>gain min de -13dBi<br>(dBm/MHz) |
|-------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 0.025≤BW<1<br>MHz | 250% de BW à 3.5MHz | -50dBm/0.3kHz             | -15                               | 2                                                                  | -28                                                              |
|                   | 3.5 à 7 MHz         | -50dBm/1kHz               | -20                               | -3                                                                 | -33                                                              |
|                   | 7 à 14 MHz          | -50dBm/10kHz              | -30                               | -13                                                                | -43                                                              |
|                   | 14 à 70 MHz         | -50dBm/100kHz             | -40                               | -23                                                                | -53                                                              |
|                   | >70 MHz             | -50dBm/1MHz               | -50                               | -33                                                                | -63                                                              |
| 1≤BW<10<br>MHz    | 250% de BW à 14 MHz | -50dBm/1kHz               | -20                               | -3                                                                 | -33                                                              |
|                   | 14 à 28 MHz         | -50dBm/10kHz              | -30                               | -13                                                                | -43                                                              |
|                   | 28 à 70 MHz         | -50dBm/100kHz             | -40                               | -23                                                                | -53                                                              |
|                   | >70 MHz             | -50dBm/1MHz               | -50                               | -33                                                                | -63                                                              |

Sur la base de la Figure 3, l'antenne FH sera considérée comme présentant une symétrie de révolution. Pour les calculs, seul le diagramme horizontal sera utilisé.

#### 4. Dimension des canaux de FHs Vs critère de Protection

Afin de calculer les isoPIREs, les puissances d'émission et les critères de protection sont ramenés en densité spectrale sur la même largeur de bande.

1. Lorsque l'on considère le critère de protection du continuum, la bande d'observation est plus large que la largeur d'émission d'un canal, aussi il faut considérer un « étalement » de la puissance émise dans la bande de radioastronomie. Dans ce cas la puissance émise s'étale sur la bande de ASR de façon proportionnelle. Ex : FH [70dBm/25kHz] étalé dans la bande de la ASR [27MHz] soit 54dBm/MHz à comparer au seuil de protection de -195 dBm/MHz pour le radiotélescope de Nançay. Soit un écart de 249dB.
2. Lorsque l'on considère le critère de protection de la raie spectrale, la bande d'observation est plus étroite que la largeur d'émission d'un canal, aussi il faut considérer la quantité de la puissance émise (une fraction de la puissance) qui se retrouve dans la bande d'observation. Dans ce cas la puissance est recalculée dans une bande plus faible en considérant une densité de puissance spectrale constante. Ex : FH [70dBm/25kHz] réduit dans la bande de la ASR [20kHz] soit 69dBm/20kHz ou 86dBm/MHz à comparer au seuil de protection de -179 dBm/MHz pour le radiotélescope de Nançay. Soit un écart de 265dB.

L'exemple précédent montre très clairement que pour des canalisations de 25 kHz, l'utilisation du critère de raie spectrale est plus appropriée à la protection du site de radioastronomie.

D'un point de vue plus synthétique, l'écart entre les deux niveaux de protection (Continuum Vs Raie spectrale) est de 16 dB pour le radiotélescope de Nançay et de 15 dB pour celui de Floirac. Compte tenu de la faible différence entre les cas des deux radiotélescopes, la valeur de 16 dB est retenue. C'est l'écart entre les deux types de calcul de la puissance ramenée dans les bandes de radioastronomie (27MHz ou 20kHz) et c'est cette valeur de 16 dB qui détermine quel critère doit être utilisé pour la canalisation considérée. Le Tableau 5 synthétise les résultats :

TABLEAU 5

Critère à utiliser dans les calculs de compatibilité en fonction de la dimension des canalisations des FHs, La colonne écart est à comparer à l'écart entre les niveaux de protection. Au-dessus de 16dB, le critère de raie spectrale doit être utilisé

| Canalisation (kHz) | Puissance « étalée » / continuum (dBm/MHz) | Puissance « réduite » / Raie Spectrale (dBm/MHz) | Ecart (dB) | Critère à utiliser |
|--------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|--------------------|
| 25                 | 54                                         | 86                                               | 32         | Raie Spectrale     |
| 75                 | 59                                         | 81                                               | 22         | Raie Spectrale     |
| 250                | 64                                         | 76                                               | 12         | Continuum          |
| 500                | 67                                         | 73                                               | 6          | Continuum          |
| 1000               | 70                                         | 70                                               | 0          | Continuum          |
| 2000               | 73                                         | 67                                               | 6          | Continuum          |

Le Tableau 5 montre donc de façon très claire que les isoPIREs et leur interprétation doivent être :

1. **Basées sur le critère de protection de la raie spectrale pour des FHs présentant des dimensions de canaux de 25 et 75kHz**
2. **Basée sur le critère de protection du continuum pour des FHs présentant des dimensions de canaux de 0.25, 0.5, 1 et 2MHz.**

En utilisant une approximation du masque de l'antenne (courbe verte de la Figure 3), les tableaux 6 (cas des FHs de 0.25, 0.5, 1 et 2 MHz) et 7 (cas des FHs de 25 et 75kHz) approximent les niveaux de PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) in-band et hors bande.

#### Remarque

Il convient de noter que d'après la Figure 1, les canalisations du FH ne peuvent être éloignées de plus de 25 MHz de la bande 1400-1427 MHz dans laquelle le service de radio astronomie est primaire. Ce qui implicitement revient à limiter théoriquement (à partir des données du Tab. 4) les PIREs minimum de « spurious » à -23 dBm/MHz pour des canalisations inférieure à 1 MHz et de -13 dBm/MHz pour celles supérieures ou égale à 1 MHz.

TABLEAU 6

Cas des FHs présentant des canaux de 0.25, 0.5, 1 et 2 MHz. Approximation des atténuations de PIRE des FHs @1.4GHz, selon les angles de pointage et la partie du masque d'émission considérée.

| Angle (°) | Approximation de l'atténuation par rapport au gain maximum (dB) | PIRE in-band max (>0% et <50% de la bande*) (dBm/MHz) Bw=2 MHz/0.25MHz | PIRE hors bande* (>100% et <250% de la bande) (dBm/MHz) Bw=2MHz/0.25MHz | Encadrement des PIRE « spurious » (>250% de la bande*) (dBm/MHz) Maximum/Minimum (Tab.4) |             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|           |                                                                 |                                                                        |                                                                         | Bw=0.25 & 0.5MHz                                                                         | Bw=1 & 2MHz |
| 0 à 20    | 0                                                               | 73/64                                                                  | 23/14***                                                                | 2/-23**                                                                                  | -3/-13**    |
| 20 à 80   | 20                                                              | 53/44                                                                  | 3/-6                                                                    | -18/-43                                                                                  | -23/-33     |
| 80 à 180  | 30                                                              | 43/34                                                                  | -7/-26                                                                  | -28/-53                                                                                  | -33/-43     |

\* Bande fait ici référence à la largeur du canal considéré  
 \*\* Les valeurs min/max sont extraites de du tableau 4 en fonction des canalisation et de la position de la canalisation par rapport à la bande de radioastronomie.  
 \*\*\* L'atténuation pour la PIRE hors bande est approximée de l'ordre de 50 dB à partir de la Fig.2 (elle varie toutefois de 45 à 55 dB selon les classes de FH – voir Fig.2)  
 Nota : Dans le cas de 1et 2 MHz, c'est la valeur de PIRE en « spurious » minimum de -13 dBm/MHz qui s'applique, pour les canalisation de 0.25 et 0.5 MHz, cette valeur est de -23 dBm/MHz (voir remarque sous le tableau 5).

Sur la base du Tableau 5 et en approximant à quelques dB près les valeurs de ce dernier, on peut définir plusieurs groupes tels que les niveaux de PIRE (in-band ou en dehors de la bande) soient ceux qui à une distance donnée permettent d'assurer la protection des sites de radioastronomie :

1. Groupe 1 : FH pour lesquels à la distance donnée, la PIRE maximale requise doit être inférieure à **-55 dBm/MHz** : aucune station FH ne peut être installée. Les niveaux de PIRE en « spurious » ne peuvent en effet être inférieurs à cette valeur pour des canalisation de 0.25 et 0.5 MHz. Pour des canalisation de 1 et 2 MHz, la valeur de « spurious » ne peut être inférieure à **-45 dBm/MHz**.
2. Groupe 2 : la PIRE maximale requise est de -55 à -35 dBm/MHz : les émetteurs des FH dont les émissions « spurious » sont à plus de 14 MHz de la bande de radioastronomie sont possibles. L'évolution de la PIRE est liée à : l'orientation des antennes des FHs et la largeur du canal.
3. Groupe 3 : la PIRE maximale requise est de -35 à -15 dBm/MHz : les stations des FH possibles sont celles dont les émissions « spurious » sont à moins de 14 MHz de la bande de radioastronomie. Dans cette zone, le niveau de PIRE dans la bande et en direction de la station de radioastronomie considérée dépend de plusieurs variables : écart fréquentiel entre le canal du FH et la bande de radioastronomie, largeur du canal et orientation des antennes.
4. Groupe 4 : la PIRE maximale requise est de -15 à 5 dBm/MHz. Deux sous-groupes répondent à cette gamme de valeurs :
  - a. Groupe 4A : les FHs en OOB (donc avec un écart fréquentiel par rapport à la bande de radioastronomie de 100% à 250% du canal considéré) dans la bande de radioastronomie présentant des lobes arrière en direction des radiotélescopes de Nançay ou de Floirac ;
  - b. Groupe 4B : les FHs en « spurious » dont l'éloignement fréquentiel par rapport à la bande de radioastronomie est compris entre 3,5 et 25 MHz pour des largeurs de canaux comprises entre 0,025 et 0,5 MHz et entre 250% de la bande utile et 25 MHz pour les canaux de 1 et 2 MHz. Dans ce groupe, l'orientation des antennes doit être choisie convenablement.
5. Groupe 5 : la PIRE maximale requise est de 5 à 25 dBm/MHz. Tous les FHs présentant des émissions de 100% à 250% de leur bande d'utilisation dans la bande de radioastronomie peuvent être installés. Dans ce groupe, l'orientation des antennes doit être choisie convenablement.
6. Groupe 6 : PIRE maximale de 25 à 75 dBm/MHz, toutes les stations en co-canal avec la radioastronomie peuvent être déployées en prenant en compte la dimension de leurs canaux et l'orientation de leurs antennes.

TABLEAU 7

Cas des FHs présentant des canaux de 25 et 75 kHz. Approximation des atténuations de PIRE des FHs @1.4GHz, selon les angles de pointage et la partie du masque d'émission considérée.

| Angle (°) | Approximation de l'atténuation par rapport au gain maximum (dB) | PIRE in-band max (>0% et <50% de la bande*) (dBm/MHz) – Bw=25kHz/75kHz | PIRE hors bande* (>100% et <250% de la bande) (dBm/MHz) Bw=25kHz/75kHz | Encadrement des PIRE « spurious » (>250% de la bande*) (dBm/MHz) Maximum/Minimum (Tab.4) |             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|           |                                                                 |                                                                        |                                                                        | Bw=0.25 & 0.5MHz                                                                         | Bw=1 & 2MHz |
| 0 à 20    | 0                                                               | 86/81                                                                  | 36/31***                                                               | 2/-23**                                                                                  |             |

|                                                                                          |    |       |       |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|-------|---------|
| 20 à 80                                                                                  | 20 | 66/61 | 16/11 | -18/-43 |
| 80 à 180                                                                                 | 30 | 56/51 | 6/1   | -28/-53 |
| *Bande fait ici référence à la largeur du canal considéré / *** & ** voir note tableau 6 |    |       |       |         |

Sur la base du Tableau 6 et en approximant à quelques dB près les valeurs de ce dernier, on peut définir plusieurs groupes tels que les niveaux de PIRE (in-band ou en dehors de la bande) soient ceux qui à une distance donnée permettent d'assurer la protection des sites de radioastronomie :

1. Groupe 1 : si la PIRE maximale requise doit être inférieure à -55 dBm/MHz, aucune station ne peut être installée. Les niveaux de PIRE en « spurious » ne peuvent en effet être inférieurs à cette valeur.
2. Groupe 2 : si la PIRE maximale est de -55 à -25 dBm/MHz, les émetteurs des FH dont les émissions spurious sont à plus de 70 MHz de la bande de radioastronomie sont possibles. L'évolution de la PIRE est liée à l'orientation des antennes des FHs.
3. Groupe 3 : PIRE maximale de -25 à 5 dBm/MHz. Deux sous-groupes répondent à cette gamme de valeurs :
  - a. Groupe 3A : Stations des FH possibles dont les émissions « spurious » sont à moins de 70 MHz de la bande de radioastronomie. Dans cette zone, le niveau de PIRE dans la bande et en direction de la station de radioastronomie considérée dépend de plusieurs variables : écart fréquentiel entre le canal du FH et la bande de radioastronomie, largeur du canal et orientation des antennes.
  - b. Groupe 3B : Station des FHs en hors bande présentant des lobes arrières vers la station de radioastronomie
4. Groupe 4 : PIRE maximale de 5 à 35 dBm/MHz : les FHs en OOB (donc avec un écart fréquentiel par rapport à la bande de radioastronomie de 100% à 250% du canal considéré) dans la bande de radioastronomie. Dans ce groupe, l'orientation des antennes doit être choisie convenablement.
5. Groupe 5 : PIRE maximale de 35 à 50 dBm/MH. Tous les FHs en OOB (donc avec un écart fréquentiel par rapport à la bande de radioastronomie de 0% à 100% du canal considéré). Dans ce groupe, l'orientation des antennes, mais aussi les écarts fréquentsiels entre le canal et la bande de radioastronomie doivent être choisis convenablement.
6. Groupe 6 : PIRE maximale de 50 à 85 dBm/MHz, toutes les stations en co-canal avec la radioastronomie peuvent être déployées en prenant en compte la dimension de leurs canaux et l'orientation de leurs antennes.

## 5. Etude Théorique

Afin d'étudier l'impact des émissions des FHs sur le site de Radioastronomie de Nançay, l'étude consiste en l'analyse des « isoPIRE » ou « isochamps » autour de la station de radioastronomie de Nançay. Ces éléments sont en fait des périmètres qui définissent de façon progressive les valeurs maximales de PIRE ou de champ électromagnétique et plus particulièrement électrique E qui peuvent être émis tout en assurant la protection des stations de radioastronomie des sites de Nançay et de Floirac.

La décroissance de ces champs (ou de la PIRE) est liée à l'augmentation de la distance entre les FHs et le radiotélescope. Dans l'étude des modèles de terrain sont associés aux calculs de pertes en espace libre afin de prendre en considération les pertes par diffractions, mais aussi les éventuelles propagations transhorizon pouvant résulter de réflexion sur les couches atmosphériques. Le chapitre 4.1 présente les équations qui régissent le calcul de la PIRE ou du champ électromagnétique. Les éléments pris en compte pour l'obtention des résultats de cette étude sont les suivants :

- Utilisation du modèle de propagation défini par la Rec. **ITU-R P. 452-14**. Ce modèle permet en outre de tenir compte de différents facteurs de pertes (diffraction, atténuation par les gaz...).
- Comme décrit dans la Rec. **ITU-R RA. 769-2**, le pourcentage de temps intégré dans le modèle de propagation est de 2%.

Comme les résultats obtenus sont des valeurs de PIRE ou de champs maximales assurant la vérification du critère de protection de la radioastronomie, ils restent totalement indépendants des

caractéristiques des antennes d'émission du service fixe (gain, tilt, puissance...etc) à l'exception des hauteurs d'antennes qui restent essentielles pour les calculs d'horizon radioélectrique.

## 5.1 Mise en équation du problème

L'affaiblissement de transmission de référence minimal admissible pour la protection de la station de radioastronomie peut être donné par:

$$L_b(p\%) = P_t + G_t(\theta_t) - (P_i - G_r(\theta_r))$$

Ce qui revient finalement à déterminer une valeur de PIRE qui ne doit pas être dépassée pour respecter le critère de protection :

$$PIRE(\theta_t) = L_b(p\%) + (P_i - G_r(\theta_r))$$

Où:  $P_t$  : puissance de l'émetteur du FH (dBW)

$G_t(\theta_t)$  : gain de l'antenne FHs dans la direction de la station de radioastronomie (dBi)

$G_r(\theta_r)$  : gain de l'antenne de la station de radioastronomie dans la direction du FHs (dBi)

$P_i$  : brouillage maximal admissible à l'entrée du récepteur de la station de radioastronomie (dBW)

$\theta_t$  : angle entre l'axe de l'antenne de la station de base et le trajet de brouillage (degrés)

$\theta_r$  : angle entre l'axe de l'antenne de la station de radioastronomie et le trajet de brouillage (degrés)

$L_b(p\%)$ : valeur de l'affaiblissement de transmission de référence minimal admissible devant être dépassée pendant  $(100 - p)\%$  du temps le long du trajet de brouillage entre l'émetteur (FH) et le récepteur de la station de radioastronomie (dB).

A partir de la valeur de PIRE maximum admissible dans la direction de la station de Nançay, on peut déterminer la valeur du champ électrique maximum admissible selon la formule suivante :

$$|\vec{E}_{(V/m)}|^2 = 120\pi P_{(W/m^2)}$$

On en déduit

$$E_{(dB(\mu V/m))} = P_{dB(W/m^2)} + 145.8$$

Où P peut aussi bien représenter la puissance que la PIRE maximum du FH. En ayant pris soin au préalable de passer la puissance ou PIRE en dB ( $W/m^2$ ), c'est-à-dire en utilisant le facteur de surface équivalente de l'antenne isotropique de 0 dBi comme suit :

$$P_{dB(W/m^2)} = P_{dB(W)} + 20 \log(f_{(Hz)}) - 158.5$$

## 5.2 Résultats des études sur la station de Nançay

L'étude s'axe uniquement sur l'extrema des hauteurs d'antennes (15 et 80 m) définissant ainsi l'encadrement des distances requises pour la protection des services de radioastronomie de Nançay. Cette étude ne prend pas en compte les effets d'agrégation de puissance des stations de base et prend partiellement en compte (du fait de l'utilisation d'un modèle numérique de terrain basé sur les données du *Shuttle Radar Topography Mission*, SRTM – obtenu à l'aide d'un satellite) les effets de sursol/bâis avec une précision de 90m. Les Figures 3 et 4 présentent les résultats pour ces extrema (15 et 80 m). Chaque couleur est associée à un ou plusieurs groupes définis en fin de section 3.

Il convient de noter que l'interprétation des résultats présentés dans cette partie est assujettie aux données d'entrée et aux hypothèses faites sur les niveaux d'émission des FHs (Tableau 3), à leur gabarit de filtre...etc. Par ailleurs, les résultats présentés (« isoPIREs ») sont totalement indépendants du type de bande de radioastronomie considérée et s'axent sur le critère de protection du continuum. Ils s'appliquent aussi bien à la bande 1400-1427 MHz, qu'à 1350-1400 MHz.

FIGURE 5.

Représentation des niveaux de PIRE autour de la station pour une hauteur des émetteurs de 80m et des canaux de 0.025, 0.075, 0.25, 0.5 et 2MHz

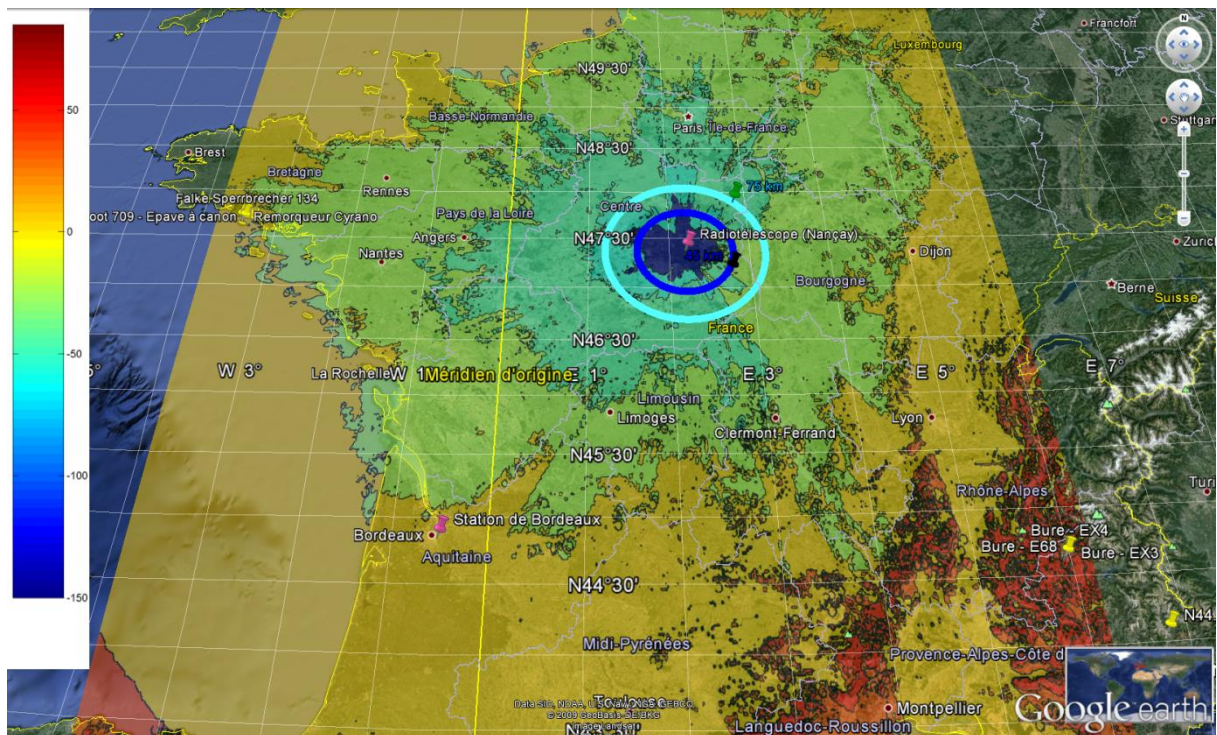
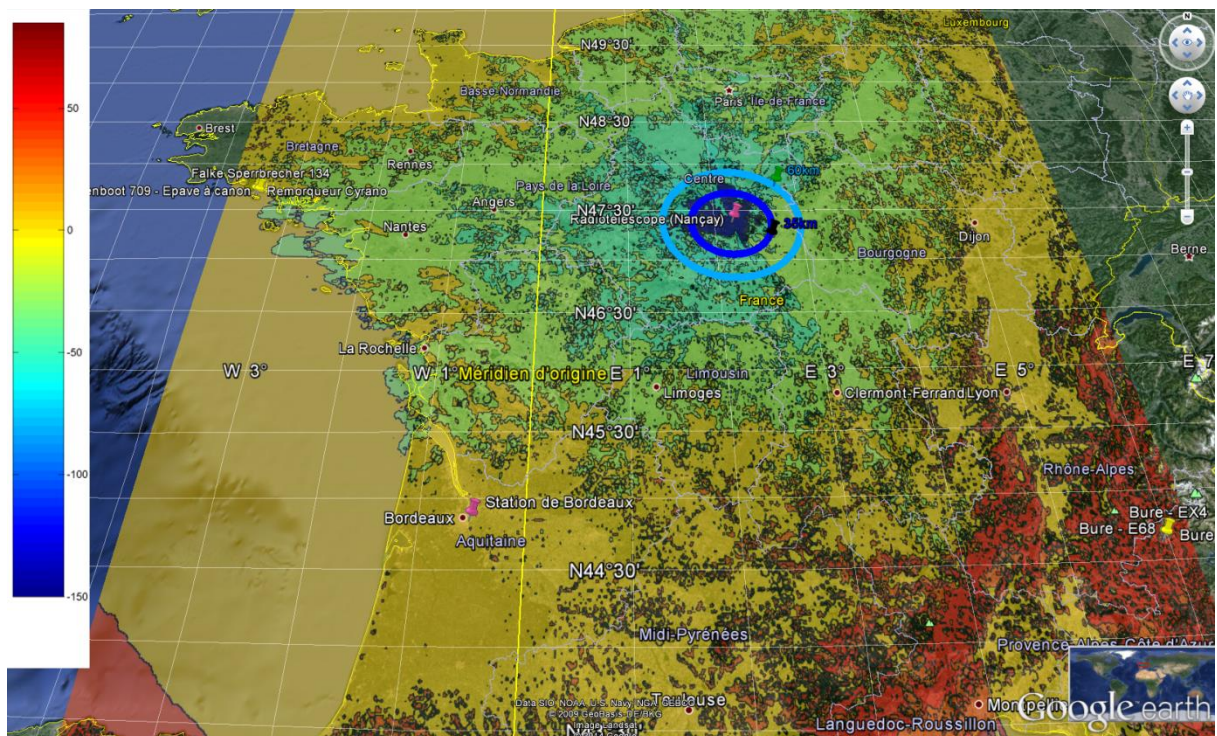


FIGURE 6.

Représentation des niveaux de PIRE autour de la station pour une hauteur des émetteurs de 15m et des canaux de 0.025, 0.075, 0.25, 0.5 et 2MHz



Dans le cas de Nançay, seule les zones à risque sont représentées :

1. Cercle Bleu foncé – Cas des FH de canalisation de 0.025, 0.075, 0.25 et 0.5 MHz : de 35 à 45km (selon hauteur du FH) de rayon centré sur Nançay : Groupe 1 - PIRE requise inférieure à

- 55 dBm/MHz (@0.025, 0.075, 0.25 et 0.5). Aucun FH ne peut être installé puisque les niveaux de PIRE en « spurious » ne peuvent être inférieurs à ces valeurs pour ces canalisations.
2. Cercle Bleu clair – Cas des FH de canalisation de 1 et 2 MHz : de 60 à 70 km (selon hauteur du FH) de rayon centré sur Nançay : Groupe 1 - PIRE requise inférieure -45 dBm/MHz. Aucun FH ne peut être installé puisque les niveaux de PIRE en « spurious » ne peuvent être inférieurs à ces valeurs pour ce type de canalisation.
  3. Les autres zones donnent un aperçu d'ensemble pour atteindre certains niveaux de PIRE:
    - a. Bleu-vert entre -45dBm/MHz et -25 dBm/MHz : Pour cette gamme on peut trouver tous les FHs, par exemple, en « spurious » pour toutes les canalisations (exceptée la 2MHz) et dépointant plus ou moins de la direction du site de Nançay.
    - b. Vert entre -25 dBm/MHz et 5 dBm/MHz : Tous les FHs dans toutes les canalisations en « spurious » sans dépointage nécessaire. Ou les FHs (@0.25, 0.5 et 2 MHz) à une distance de la bande de RST au moins égale à 100% de leur canalisation avec un dépointage ou moins égale à 20° en direction de Nançay. Ou encore les FHs (@0.025 et 0.075) à une distance de la bande de RST au moins égale à 100% de leur canalisation avec un dépointage ou moins égale à 80° en direction de Nançay
    - c. Jaune entre 5 dBm/MHz et 35 dBm/MHz : Tous les FHs, indépendamment de leur canalisation à une distance de la bande de RST au moins égale à 100% de leur canalisation, avec un dépointage choisi judicieusement. Pour la borne supérieure aucun dépointage n'est nécessaire.
    - d. Orange entre 35 dBm/MHz et 50 dBm/MHz : ces valeurs représentent des configurations multifactorielles, par exemple les FH de 0.25 à 2 MHz in-band plus ou moins dépointés du site de Radioastronomie ou les FH présentant des canalisations de 25kHz ou 75kHz in-band présentant des lobes arrière.
    - e. Rouge entre 50 dBm/MHz et 85 dBm/MHz : Tous les FHs (indépendamment de leur canalisation) in-band indépendamment avec dépointage judicieux.

### 5.3 Résultats des études sur la station de Floirac

Tout comme dans le cas précédent, les Figure 7 et 8 présentent les résultats des « isoPIRE » dans le cas de l'observatoire de Floirac dans les mêmes conditions que celles définies pour Nançay.

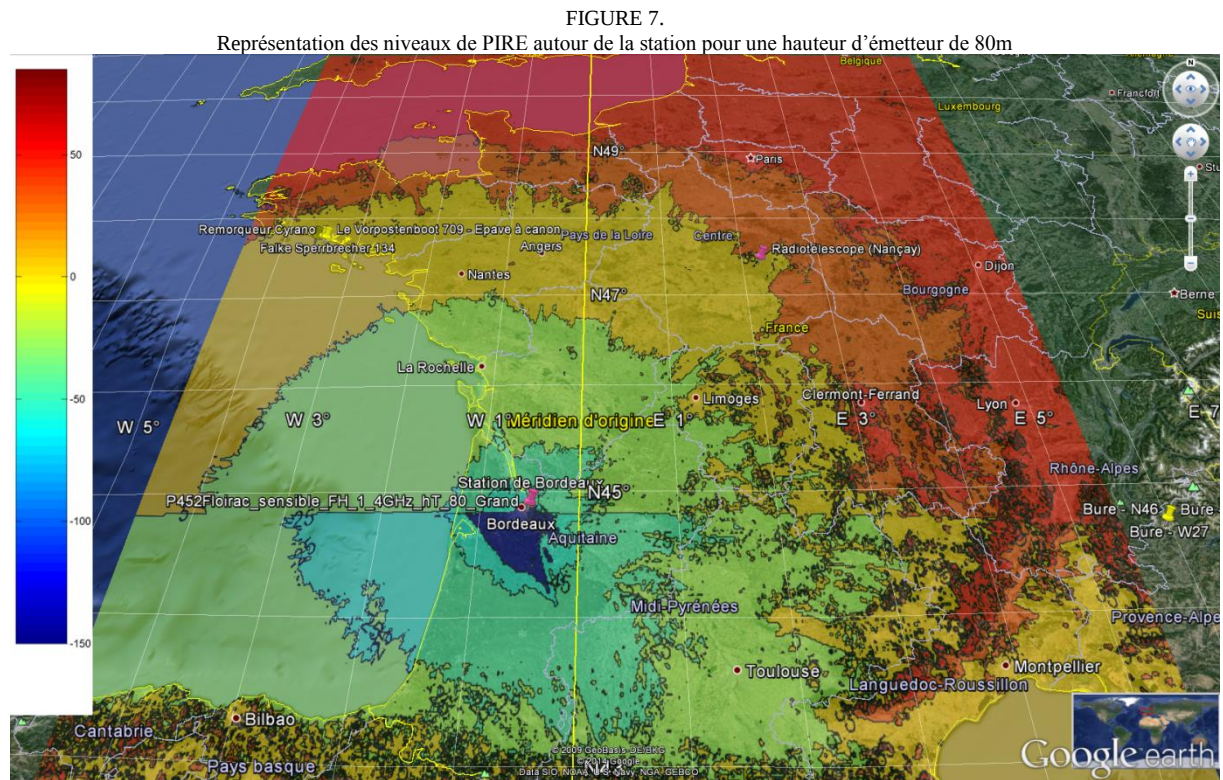
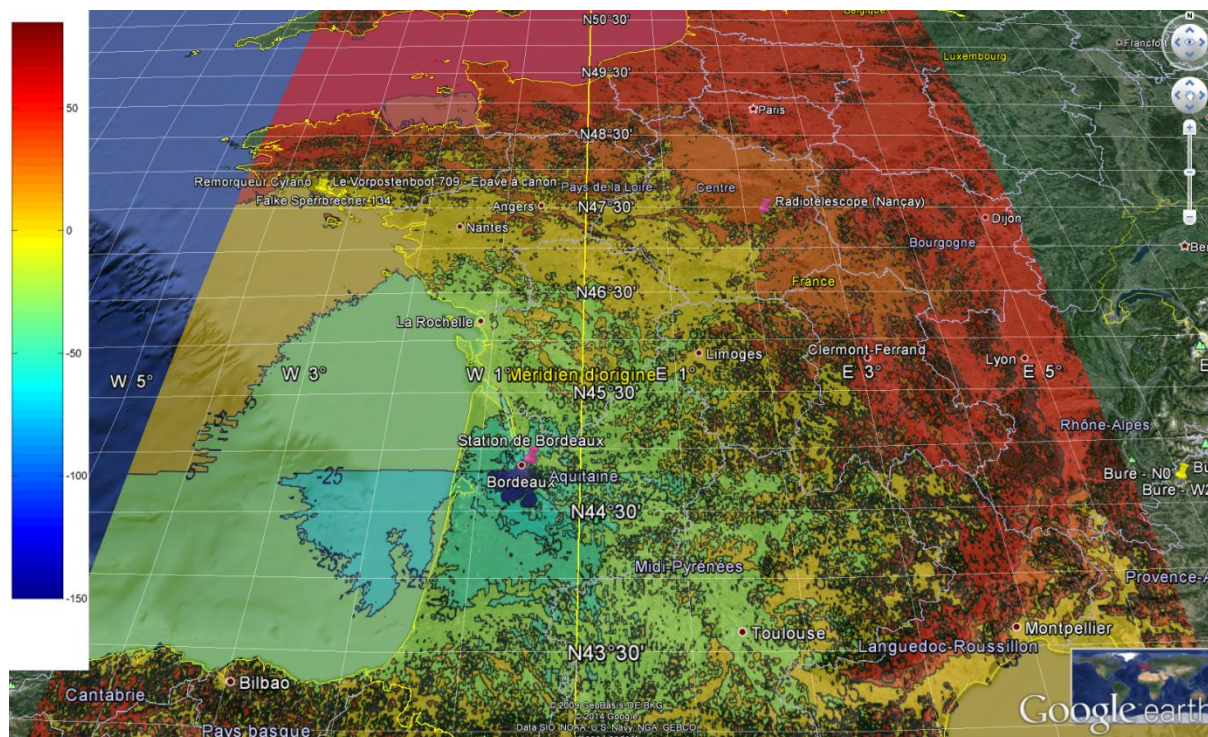


FIGURE 8.  
Représentation des niveaux de PIRE autour de la station pour une hauteur d'émetteur de 15m



Tout comme dans le cas de Nançay, des zones à risque peuvent être considérées pour le cas de Floirac. Celles-ci sont définies différemment de celle de Nançay du fait du diagramme de rayonnement de la station de Floirac. Les zones sont plus larges sur un « demi-cercle » Sud, que sur celui du Nord

1. Partie Bleu foncé – Cas des FH de canalisation de 0.025, 0.075, 0.25 et 0.5 MHz : demi-cercle de 30 à 50 km (selon hauteur du FH) au Sud et demi-cercle de 7 à 10 km (selon hauteur du FH – non représenté) au Nord de rayon centré sur Floirac : Groupe 1 - PIRE requise inférieure à -55 dBm/MHz (@0.025, 0.075, 0.25 et 0.5). Aucun FH ne peut être installé puisque les niveaux (issus des normes) de PIRE en « spurious » ne peuvent être inférieurs à ces valeurs pour ces canalisationes.
2. Partie Bleu clair – Cas des FH de canalisation de 1 et 2 MHz : demi-cercle de 50 à 65 km (selon hauteur du FH) au Sud et demi-cercle de 20 à 30 km (selon hauteur du FH) au Nord de rayon centré sur Floirac : Groupe 1 - PIRE requise inférieure -45 dBm/MHz. Aucun FH ne peut être installé puisque les niveaux (issus des normes) de PIRE en « spurious » ne peuvent être inférieurs à ces valeurs pour ce type de canalisation.
3. Les autres zones donnent un aperçu d'ensemble pour atteindre certains niveaux de PIRE:
  - a. Bleu-vert entre -45dBm/MHz et -25 dBm/MHz : Pour cette gamme on peut trouver tous les FHs, par exemple, en « spurious » pour toutes les canalisationes (exceptée la 2MHz) et dépointant plus ou moins de la direction du site de Nançay.
  - b. Vert entre -25 dBm/MHz et 5 dBm/MHz : Tous les FHs dans toutes les canalisationes en « spurious » sans dépointage nécessaire. Ou les FHs (@0.25, 0.5, 1 et 2 MHz) à une distance de la bande de RST au moins égale à 100% de leur canalisation avec un dépointage ou moins égale à 20° en direction de Nançay. Ou encore les FHs (@0.025 et 0.075) à une distance de la bande de RST au moins égale à 100% de leur canalisation avec un dépointage ou moins égale à 80° en direction de Nançay.
  - c. Jaune entre 5 dBm/MHz et 35 dBm/MHz : Tous les FHs, indépendamment de leur canalisation à une distance de la bande de RST au moins égale à 100% de leur

- canalisation, avec un dépointage choisi judicieusement. Pour la borne supérieure aucun dépointage n'est nécessaire.
- d. Orange entre 35 dBm/MHz et 50 dBm/MHz : ces valeurs représentent des configurations multifactorielles, par exemple les FH de 0.25 à 2 MHz in-band plus ou moins dépointés du site de Radioastronomie ou les FH présentant des canalisations de 25kHz ou 75kHz in-band présentant des lobes arrière.
  - e. Rouge entre 50 dBm/MHz et 85 dBm/MHz : Tous les FHs (indépendamment de leur canalisation) in-band indépendamment avec dépointage judicieux.

## 6. Conclusion & Recommandation

L'ensemble des études (et plus particulièrement l'interprétation des valeurs de PIREs) est basé sur les caractéristiques **normatives et réglementaires**. Toutefois la puissance utilisée par un FH à une position donnée est toujours connue. Aussi, si les cercles et les zones relatifs aux valeurs de PIRE admissibles pour le respect du critère de protection de la radioastronomie sont totalement indépendants du type de FHs ou de leur puissance, **leur conséquence sur l'implantation géographique est totalement dépendante de la valeur réelle de la PIRE émise**. Il convient par ailleurs de rappeler que **toute émission est totalement prohibée dans la bande 1400-1427 MHz**.

**Il est donc préconisé que, en l'absence de données constructeur spécifiques :**

1. Sur la base des caractéristiques normatives et réglementaires prises comme hypothèses dans cette étude et pour des hauteurs de FH respectivement de 15 m à 80 m, aucune station FH ne doit être installée dans un rayon de 35 km à 45 km pour des canaux de 0.025, 0.075, 0.25 et 0.5 MHz et de 60 à 70 km pour des canalisations de 1 et 2 MHz autour du radiotélescope de Nançay et dans un rayon de 30 km à 50 km pour des canaux de 0.025, 0.075, 0.25 et 0.5 MHz et de 50 km à 65 km pour des canalisations de 1 et 2 MHz autour de celui de Floirac. Pour Floirac, ces zones peuvent toutefois être relâchées pour des installations au Nord du site et passées respectivement de 7 à 10 km pour des canaux de 0.025, 0.075, 0.25 et 0.5 MHz et de 20 à 30 km pour des canalisations de 1 et 2 MHz.  
En pratique, il s'agit de zones à risque dans lesquelles une attention particulière doit être considérée lors des procédures COMSIS tenant compte autant que possible des caractéristiques réelles des FH déployés.
2. Dans la bande 1400-1427 MHz (ASR primaire), les seuils doivent être respectés en bande adjacente par tous les moyens appropriés indépendamment de leur distance par rapport aux stations de radioastronomie (à titre d'exemple : changement de fréquence, amélioration du filtrage, distance, discrimination d'antenne...etc) :
  - a. En bande adjacente, le critère de protection à appliquer dépend de la largeur de bande des émissions non désirées des FH qui tombent dans la bande de radioastronomie.
  - b. Il convient d'appliquer le critère le plus restrictif entre le critère continuum (seuil de -178 dBm/MHz pour Floirac et de -195 dBm/MHz pour Nançay) et le critère de raie spectrale (seuil de -180 dBm/20kHz pour Floirac et de -196 dBm/20kHz pour Nançay). Une méthode consiste à réaliser le calcul pour les deux critères.

**Il convient de noter que toutes les zones définies ci-dessus reposent sur les hypothèses normatives et réglementaires rappelées dans ce rapport. En l'absence de données constructeur, ce sont ces hypothèses et par voie de conséquences, ces zones, qu'il convient d'appliquer. Cependant, si les données constructeur sont disponibles et fiables, ce sont celles-ci qui doivent être utilisées pour évaluer l'impact effectif du FH considéré sur la radioastronomie.**

Dans la bande 1350-1400 MHz (secondaire), l'ARCEP s'engage à prendre les mesures possibles pour respecter les valeurs de protection nécessaires (-178 dBm/MHz pour Floirac et de -195 dBm/MHz pour Nançay dans le cas de canaux de dimension 0.25, 0.5, 1 et 2MHz ou de -180 dBm/20kHz pour Floirac et de -196 dBm/20kHz pour Nançay dans les canalisations de 25 et 75 kHz) à la bonne

utilisation des stations de radioastronomie. Parmi Les mesures à considérer pouvant être prises en compte, il y a:

- La puissance du FH
- La hauteur du FH
- Optimisation de l'angle hors axe du FH par rapport aux stations de RST.