

## Rapport sur la coexistence en bande adjacente et en co-canal entre les stations LTE opérant dans la bande 2500-2690 MHz et les stations du site de radioastronomie de Nançay dans les bandes 2655-2690 MHz et 2690-2700 MHz.

### 1. Introduction

Conformément à la résolution 223 CMR-07 et à l'article 5.384A du Règlement des Radiocommunication, la bande 2500-2690MHz est attribuée au service mobile à titre primaire et identifiée comme bande IMT. Au niveau européen, tous les déploiements en cours et prévus à ce jour repose sur la technologie LTE. La bande adjacente 2690-2700MHz est une bande passive à laquelle s'applique l'article 5.340. Elle a été reconnue comme telle au sein du tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF), antérieurement à la désignation de la bande 2500-2690 MHz pour le service mobile.

La Commission européenne a adopté la décision 2008/477/CE en date du 13 juin 2008 sur l'harmonisation de la bande de fréquences 2500-2690 MHz pour les systèmes de Terre permettant de fournir des services de communications électroniques dans la Communauté.

Un arrêté du Premier ministre en date du 25 juin 2009, pris sur le fondement de l'article L.41 du CPCE, est venu modifier le tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF) en application duquel l'ARCEP est affectataire à statut exclusif de la bande de fréquences 2500-2690 MHz.

L'ARCEP a adopté en mai 2011 la décision n° 2011-0597 fixant les conditions d'utilisation des fréquences radioélectriques pour les systèmes de Terre permettant de fournir des services de communications électroniques dans la bande de fréquences 2500 – 2690 MHz en France métropolitaine. Cette décision met en œuvre la décision de la Commission européenne 2008/477/CE. Ainsi, les conditions techniques d'utilisation en France métropolitaine de la bande 2500-2690 MHz sont définies par l'annexe visée par l'article 2 de la décision 2008/477/CE. Elle fixe notamment pour les fréquences attribuées à la liaison descendante FDD situées entre 2620 et 2690 MHz, un niveau de PIRE maximal de 61 dBm/5 MHz.

A la suite d'une procédure d'appel à candidatures lancée en 2011, l'ARCEP a délivré en octobre 2011 des autorisations aux opérateurs pour utiliser les fréquences de la bande 2,6 GHz pour établir un réseau mobile ouvert au public. Les opérateurs peuvent utiliser les fréquences dans les conditions fixées par la décision de l'ARCEP. Par ailleurs les opérateurs, sont tenus à des obligations de couverture pour la fourniture du haut débit mobile sur l'ensemble du territoire incluant la région Centre.

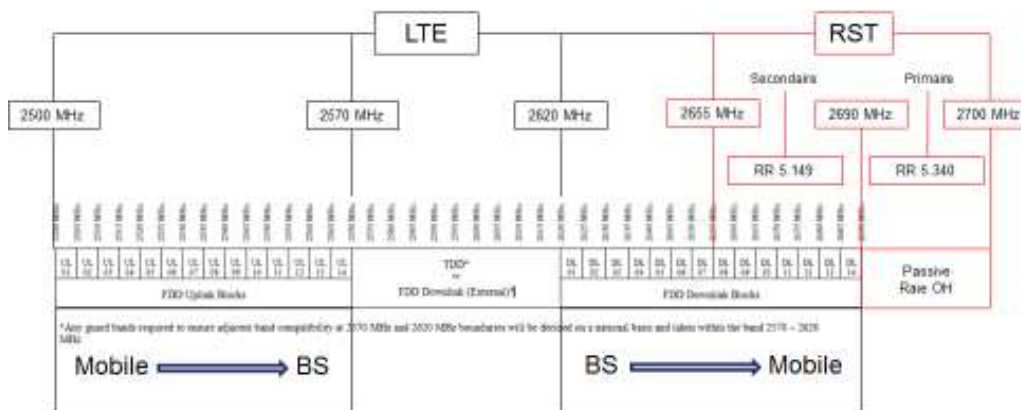


Figure 1 : Représentation spectrale de la coexistence des deux services

Le présent rapport vise ainsi à analyser les modalités de coexistence en bande adjacente et en co-canal autour de 2700 MHz des services mobiles (LTE) et du service de radioastronomie (RST).

A partir des résultats de ces études, un ensemble de recommandations est proposé afin de faciliter la coexistence entre les stations de terre du service mobile et les stations du site de radioastronomie de Nançay.

Compte tenu du plan de fréquence en vigueur en Europe (cf Figure 1), c'est la bande associée aux liens descendants (stations de base vers mobiles) qui sont à prendre en compte dans ces études :

1. En co-canal dans la bande 2655 MHz-2690 MHz.
2. En canal adjacent dans la bande 2690-2700 MHz avec LTE sous 2690 MHz.
3. En canal adjacent dans la bande 2655-2690 MHz avec LTE sous 2655 MHz.
4. En canal lointain (émission non essentielle) dans la bande 2690-2700 MHz avec LTE sous 2655 MHz.

## 2. Caractéristiques du site de radioastronomie de Nançay

### 2.1 Caractéristiques du site de radioastronomie de Nançay

Le site de radioastronomie est localisé à 02° 11' 52'' E et 47° 22' 17'' N (d m s).

Les bandes 2655-2690 MHz et 2690-2700 MHz sont deux bandes mesurées uniquement en France par le site de radioastronomie de Nançay. Par ailleurs le radiotélescope de Nançay est relativement unique en son genre puisqu'il fait partie à la fois des 7 structures mondiales de classe 100m tout en ne présentant pas de configuration parabolique.

Sa configuration particulière à base de deux miroirs, face à face, distant de plus de 100m (l'un fixe et l'autre mobile) lui confère des lobes latéraux et arrière particuliers et relativement difficile à caractériser. La hauteur de rotation des miroirs est estimée à 21 m (dans l'axe Nord-Sud) et est considérée comme hauteur moyenne de l'antenne.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne du radiotélescope (habituellement considéré comme omnidirectionnelle dans les recommandations et notamment dans la RA. 769-2) est prise, à la demande consensuelle des membres du sous-groupe de la CCE en charge de l'étude, conformes à la situation théorique calculée :

Tableau 1 : Tableau indicatif des gains théoriques (En champ lointain) estimatifs du radiotélescope décimétrique pour des émetteurs terrestres (juillet 2013)

Direction	Azimut	Type de gain donné	Hauteur antenne H (m)	Gain (dB) @ 1.4 GHz	Gain (dB) @ 2.6 GHz
Nord = ±10°	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	11
Nord = ±10° à ±20°	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	0
Sud = 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	13.5
Sud = 180±30° à 180±60°	120 – 150 et 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	0
Ouest = 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	-1.5

Est = 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	-1.5
------------------	----------	--	----	------	------

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.

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

### 2.1.1 Améliorations du radiotélescope réalisées dans les années 2000

Quelques améliorations ont été effectuées durant les années 2000 sur le radiotélescope de Nançay et notamment :

- L'amélioration du système focal pour augmenter le gain du lobe principal (très étroit, de quelques minutes d'angle) de l'antenne.
- La reconstruction du récepteur pour améliorer la réjection des bandes images. Cette amélioration en particulier de mieux détecter et mesurer les polarisations

### 2.1.2 Niveau de bruit dans la bande 2690-2700MHz

Lors des diverses réunions, RST a précisé qu'à ce jour les bandes 2655- 2690 MHz et 2690 - 2700 MHz étaient dénuées d'interférences radioélectriques qui mettent en péril les programmes de recherche. Un document a aussi été présenté lors de la réunion du 8 juillet 2013 montrant le résultat sur la réception du radiotélescope de la mise en service d'une station de base LTE.

### 2.1.3 Possibilités d'amélioration de la protection radioélectrique de la station de Nançay

RST a présenté lors de la réunion du 8 juillet, une étude datant de 1994 traitant de la possibilité de blindé électromagnétiquement le radiotélescope de Nançay. Ce blindage avait été imaginé à l'époque par une structure métallique, constitué de grillage d'une hauteur de 40 m de haut pour un périmètre de 1150. L'atténuation théorique escomptée par la présence de cette structure avait été estimée à 30 dB autour de 1600 MHz sur l'axe Est-Ouest et de 25 dB sur l'axe Nord-Sud.

Le coût de cet ouvrage avait été chiffré aux alentours de 70 et 80 MF. RST en utilisant les moyens de calcul de l'INSEE (se basant essentiellement sur l'inflation en 20 ans) et en estimant l'évolution du prix de l'acier a conclu qu'aujourd'hui cette somme serait plutôt de l'ordre de 20 à 30 ME.

## 2.2 Caractéristiques des bandes passives mesurées

Les bandes utilisées dans ces études sont des bandes d'observations du continuum. Chacune d'entre elles n'implique pas les mêmes contraintes :

- La bande 2655-2690 est une bande secondaire, toutefois protégée par l'article **5.149** de la réglementation radiofréquence (**RR**). Cet article précise que « les administrations doivent prendre toutes les mesures réalisables pour protéger les services de radioastronomie d'interférence nuisible ».
- La bande 2690 – 2700 est protégée de toute émission par l'article **5.340** du **RR**. Cet article mentionne précisément que « toute émission est prohibée dans cette bande ».

Les observations du continuum sont des études à long terme sur la variabilité des objets célestes (Ex : Quasars, Pulsars ou des vestiges de Supernova). Les émissions observées de ces sources radios sont extrêmement faibles et produisent donc des variations particulièrement faibles de la température de

l'antenne. Une intégration longue et une haute stabilité de l'amplificateur du récepteur sont donc nécessaires (dans la plupart des cas, on considère que l'amplificateur doit être stable durant 2000s).

### 2.3 Critères de protection des récepteurs de Radio Astronomie

La Recommandation **ITU-R RA. 769-2** définit les critères de protection à utiliser pour la Radio Astronomie qui sont résumés dans le tableau 1 de cette Recommandation. Les deux bandes de radioastronomie mentionnées dans le 2.1 sont adjacentes. Si le tableau 1 décrit précisément les seuils de sensibilité dans la bande 2690-2700 MHz, il ne détaille pas explicitement les seuils à prendre en considération dans la bande 2655-2690 MHz. Toutefois, les données sont implicites dans la mesure où sur la bande 1660-5000 MHz (voir tableau joint), les trois bandes observées par la radioastronomie présentent la même température de bruit minimale de l'antenne, la même température de bruit du récepteur et donc le même seuil de puissance reçue à l'entrée. Autrement dit, la bande 2655-2690 MHz étant comprise dans 1660-5000 MHz, il convient d'utiliser les données mentionnées dans le tableau et de les recalculer pour une fréquence et une largeur de bande différente.

Tableau 2 : Caractéristiques des récepteurs de radioastronomie

Fréquence Centrale (MHz)	Largeur de bande (MHz)	Température de bruit minimale de l'antenne (K)	Température de bruit du récepteur (K)	Température $\Delta T$ (mK)	Densité Spectrale $\Delta P$ dB(W/Hz)	Puissance Reçue à l'entrée (dBW)	Puissance surfacique (dB(W/m <sup>2</sup> ))
1665	10	12	10	0.16	-267	-207	-181
2673	35	12	10	0.083	-269	-204	-174
2695	10	12	10	0.16	-267	-207	-177
4995	10	12	10	0.16	-267	-207	-171

Note sur le tableau : la ligne grisée correspond aux valeurs de seuil de brouillage extrapolées des données dans la bande 1660-5000 MHz. Les seuils de puissance surfacique sont définis pour une station de réception omnidirectionnelle de 0dBi de gain. Les valeurs calculées le sont sur la base des équations 1 à 5 de la **Rec. ITU-R RA 769-2**.

Lors des diverses réunion de la CCE, il a été convenu que la **température réelle mesurée** du système de réception de Nançay devait être pris égale à 35 K. C'est sur cette base que les niveaux de protection suivant sont calculés :

- Dans la bande 2655-2690 MHz ( $\Delta T=0.13$ ), le seuil de sensibilité ( $\Delta P$ ) est de -207dBW/MHz. La puissance reçue (voir équation ci-dessous) est donc de -202 dBW/35MHz et s'apparente à -187 dBm/MHz.
- Dans la bande 2690-2700 MHz ( $\Delta T=0.25$ ), le seuil de sensibilité ( $\Delta P$ ) est de -205dBW/MHz. La puissance reçue (voir équation ci-dessous) est donc de -205 dBW/10MHz ce qui s'apparente à -185dBm/MHz.

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

$$P_{reçu} = 0.1\Delta P\Delta f$$

Cette puissance reçu sur 10MHz est ensuite ramenée dans 1MHz.

### 3. Définition des caractéristiques du LTE.

Il a été convenu avec les parties intéressées (ARCEP et opérateurs mobiles) que les hypothèses relatives aux stations de base seraient extraites de la norme **3GPP TS.36 104** (le document utilisé étant la version **11.4.0** datant de mars 2013). Le tableau 3 et la figure 2 ci-dessous regroupent l'ensemble des éléments nécessaires à l'étude. La figure reprend les comportements hors bande des stations de base selon la norme **3GPP TS.36 104**. Le tableau donne certains éléments extraits quant à eux du rapport **ECC 174** (un des diagrammes d'antenne par exemple). Les largeurs de bandes à considérer

sont de 15 & 20 MHz. En partant de ces deux valeurs, la norme **3GPP TS.36 104** définit plusieurs types de station de base selon leur dimension et leur catégorie (A ou B).

Pour les dimensions, on retrouve :

1. BS WA: Les stations de base déployées sur des zones larges, correspondant à des macro-cellules (dont le rayon est supérieur à 300m). Ces stations sont déployées en zones urbaines et en zones rurales
2. BS MR: Les stations de base déployées sur des zones de moyennes dimensions
3. BS LA: Les stations de base déployées sur des zones locales, correspondant à des microcellules (dont le rayon est compris entre 100m et 300m)
4. BS H: Les femto cellules

Les catégories A et B sont définies dans la **Rec. ITU-R SM.329-12**. Les valeurs limites d'émission non désirées de la catégorie A ont été utilisées pour définir les limites de l'**Appendice 3 du RR**. La catégorie B, applicable en Europe, présente des valeurs limites plus contraignantes que la catégorie A.

Tableau 3 : Caractéristiques des stations LTE

Station de base des services mobiles	Valeurs	Référence
Fréquence des liens descendants (MHz) FDD	2620 – 2690	<b>ECC 174</b>
Fréquence des liens descendants (MHz) TDD	2570 – 2620	<b>ECC 174</b>
Bande Passante	5, 10, 15 ou 20 MHz	<b>ECC 174</b>
Type de Modulation	QPSK/16-QAM/64-QAM	<b>ECC 174</b>
Déploiement	Macro, urbain et rural	<b>ECC 174</b>
Rayon des cellules	4330 m (rural), 220 m (urbain)	<b>ECC 174</b>
Distance inter-sites ISD	12990 m (rural), 660 m (urbain)	<b>ECC 174</b>
Puissance maximum (dBm) (PRAT) (fct° nombre de ports)	BS WA = approx 40 à 45 dBm BS MR = 38 dBm BS LA = 24 à 15 dBm BS H = entre 20 et 11 dBm	<b>3GPP TS.36 104</b>
PIRE maximum	61 dBm/5MHz soit 54dBm/MHz (pouvant être relâché à 68 dBm/5MHz soit 61dBm / MHz pour des déploiements spécifiques)	<b>Décision ARCEP 11-0597 et Décision 2008/477/EC</b>
Gain max dBi (3 secteurs)	18	<b>ECC 174</b>
Hauteur d'antenne (m)	45(rural), 30(urbain)	<b>ECC 174</b>
Tilt de l'antenne (degrés vers le bas)	2.5 (rural), 5 (urbain)	<b>ECC 174</b>
Diagramme d'antenne	<b>ITU-R F.1336 – 2 &amp; 3GPP TR 25.996 (V10.0.0)</b>	<b>ECC 174</b>
Tilt moyen en milieu urbain	4 à 5° en milieu urbain 2 à 3° en milieu rural	
Polarisation	± 45° cross-polarized	<b>ECC 174</b>
limite d'ACLR	45 dB	<b>3GPP TS.36 104</b>
Niveaux d'émissions non essentielles	-30 dBm/MHz (catégorie B applicable en Europe) prise à 10 MHz de la limite de bande soit une PIRE maximum de -12 dBm/MHz <i>Note : indépendante du type de station</i>	<b>3GPP TS.36 104</b>
Diagramme d'antenne (en azimuth)	3 secteurs : 20 dB d'atténuation (100 à 120°) 6 secteurs : 23 dB d'atténuation (50 à 60°)	<b>3GPP TR 25.996</b>

Note sur le tableau : BS = Station de base, WA= surface large, MR= surface moyenne, LA=surface locale et H=proximité habitation. Note : que les niveaux d'émission non désirées définies dans 3GPP TS36.104 sont plus contraignant que l'ACLR puisque mesurés dans une bande plus étroite)

Les masques d'émission des blocs LTE doivent être considérés et utilisés si nécessaire sur la base du rapport **CEPT (Report) 19**. Celui-ci donne en Annexe les masques d'émission à considérer pour le LTE dans la bande 2.6 GHz. Ces masques représentent les conditions techniques nécessaires minimum et les moins restrictives pour les opérations WAPECs dans cette bande.

Par ailleurs le Tableau A.4.1 du rapport **CEPT (Report) 19**, précise que pour les fréquences allouées au FDD-DL, le maximum de PIRE doit être de 4dBm/MHz à plus ou moins 5 MHz en dehors de l'intervalle du bloc alloué, si les blocs adjacents sont du FDD-DL, et de -45dBm/MHz, si ce n'est pas

le cas (Par exemple si les blocs adjacents comportent du TDD ou du FDD-UL). Ce rapport précise aussi que le besoin de de protection de la radioastronomie dans la bande passive 2690-2700 MHz doit être considéré avec attention.

La norme **3GPP TS.36 104** donne les gabarits que doivent respecter les stations de base LTE selon leur type et leur catégorie (voir début du chapitre 3). La figure 2 donne les représentations des gabarits pour trois types d'entre eux selon la norme.

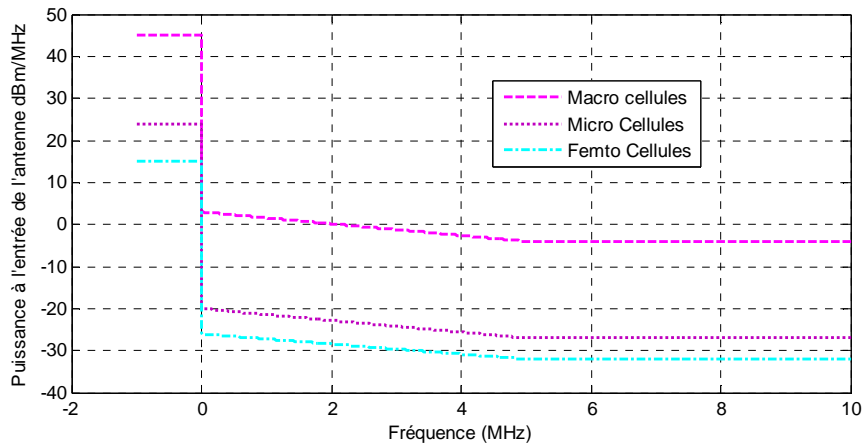


Figure 2 : Représentation des comportements hors bande des stations

### Niveaux dans la bande 2655-2690 MHz – (dans la bande)

D'après les courbes de la figure 2, les niveaux de PIRE des stations de base dans la bande 2655-2690 MHz sont très dépendant des paramètres des stations et des antennes utilisées. Si la norme **3GPP TS.36 104** définit clairement la puissance à l'entrée des antennes in-band du LTE à 45 dBm/MHz pour des macro-cellules.

### Niveaux dans la bande 2690-2700 MHz – (hors bande)

D'après les courbes de la figure 2, les niveaux de PIRE des stations de base dans la bande 2690-2700 MHz sont très dépendants des types de stations. La norme **3GPP TS.36 104** définit clairement que le niveau de puissance hors bande des stations de types :

- BS WA ne peut excéder -7dBm/100 kHz (Table 6.6.3.1-3) soit 3dBm/MHz. La PIRE maximum est donc égale à 21dBm/MHz
- BS LA ne peut dépasser -30dBm/100 kHz (Table 6.6.3.2A-3) soit -20dBm/MHz. La PIRE maximum est donc égale à -2dBm/MHz.
- BS H ne peut excéder -36dBm/100 kHz (Table 6.6.3.2B-3) soit -26dBm/MHz. La PIRE maximum est donc égale à -18dBm/MHz.

Il convient de noter que ces valeurs sont bien des valeurs de puissances à l'entrée de l'antenne auxquelles peut s'ajouter par la suite le gain (qui peut être de l'ordre de 15 à 18 dB)

Il faut noter que pour les stations BS WA de catégorie B et pour l'option 2, ces valeurs peuvent être égale (-14 dBm/30 kHz soit 1.5 dBm/MHz).

### Remarque :

Il est important de noter que les mesures entreprises par l'administration anglaise sur les stations de base du LTE 2600 MHz (sur leur territoire) lors de l'élaboration du rapport **ECC 174** présentent des niveaux d'émission hors bande mesurés aux alentours de -30 dBm/MHz.

## 4. Etude Théorique

Afin d'étudier l'impact des émissions des stations de base du service mobile (LTE) sur le site de Radioastronomie de Nançay, la première phase consiste en l'étude des « isoPIRE » ou « isochamps » autour de la station de radioastronomie de Nançay. Ces éléments sont en fait des surfaces qui définissent de façon progressive les valeurs maximales de PIRE ou de champs électromagnétiques et plus particulièrement électrique E qui peuvent être émis tout en assurant la protection de la station de radioastronomie du site de Nançay.

La décroissance de ces champs (ou de la PIRE) est liée à l'augmentation de la distance entre les stations de base 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.

Dans cette première phase d'étude, les calculs sont indépendants des bandes de fréquences étudiées. Autrement dit, les représentations « d'isoPIRE » ou « d'isochamps » sont valables pour la bande 2690-2700 MHz et/ou 2655-2690 MHz. Ceci s'explique par le fait que les bandes sont très proches fréquentiellement (la croissance des pertes en espace libre d'une bande à l'autre est donc très faible) et les critères de la radioastronomie sont particulièrement proches (pour la première phase de l'étude, le critère de la bande 2690-2700 MHz est pris en considération soit -187dBm/MHz). Les éléments pris en compte pour l'obtention des résultats de la première phase sont les suivants :

- Utilisation du modèle de propagation définit 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 mobile (gain, tilt, puissance...etc) à l'exception des hauteurs d'antennes qui restent essentielles pour les calculs d'horizon artificiel. Autrement dit la première phase comporte quatre sous-études « d'isoPIRE » ou « d'isochamps » correspondant à 4 hauteurs des stations de base LTE (6, 15, 30 et 45m).

Cette étude est scindée en deux parties, la première calcule les « isoPIREs » de façon globale sur une grande partie du territoire français. La seconde s'axe principalement sur la région autour de Nançay, région comportant des agglomérations de moyennes dimensions telles qu'Orléans ou Bourges.

### 4.1 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 (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) 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 la station de base du LTE (dBW)

$G_t(\theta_t)$  : gain de l'antenne de la station de base LTE 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 de la station de base LTE (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 de la station de base LTE 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, il est relativement simple de déterminer la valeur du champ électrique maximum admissible selon :

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

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 de la station de base LTE. 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 :

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

## 4.2 Résultats des études globales (territoire français)

L'étude globale s'axe uniquement sur l'extrema des hauteurs d'antennes (6 et 45 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.

### 4.2.1 Etude pour des hauteurs de station de base de 45 mètres

Dans cette première étude, on considère l'ensemble des paramètres décrit dans les chapitres précédents en prenant des hauteurs d'antenne des stations de base de 45m.

Les Figures 3 & 4 représentent les valeurs de PIRE nécessaires pour atteindre la valeur du critère de protection des instruments du radiotélescope de Nançay. La Figure 3 représente des surfaces sur la quasi globalité du territoire français. La figure 3 délimite géométriquement les zones correspondant à une PIRE maximale particulière.

Pour les besoins de comparaison avec les valeurs des comportements in-band et hors bande des stations de base du chapitre 3, les représentations des « isoPIREs » dans les figure 5 et 6 ont été prises égale à -50, -30, -10, 0, 20 et 60 dBm/MHz (se référer au tableau 4). A chaque valeur correspond approximativement à une valeur de PIRE potentielle des stations de base du service mobile dans la bande 2600 MHz défini par norme **3GPP TS.36 104** :

- **-50dBm/MHz** fait référence à priori à des niveaux de PIREs très contraignants et actuellement non prévus dans les recommandations et/ou des normes.
- **-30 dBm/MHz** fait référence approximativement aux niveaux de PIRE minimum des stations de base (de tout type) dans le domaine non essentiel (« spurious ») en considérant les lobes arrières des antennes – selon **3GPP TR 25.996** - avec une atténuation du gain de -20 dB (gain réel de 18-20= -2 dB).
- **-10dBm/MHz** fait référence approximativement au niveau de PIRE maximum des stations de base (de tout type) dans le domaine non essentiel (« spurious ») en considérant le gain maximum de 18 dB.
- **0dBm/MHz** fait référence approximativement au niveau hors bande maximum de PIRE des stations de type microcellules ou au niveau hors bande minimum de PIRE des macro-cellules.
- **20dBm/MHz** fait référence approximativement au niveau maximum hors bande de PIRE des macro-cellules.



- **60dBm/MHz** fait référence au niveau maximum approximatif d'émission in-band des stations de base (en zone étendue WA)

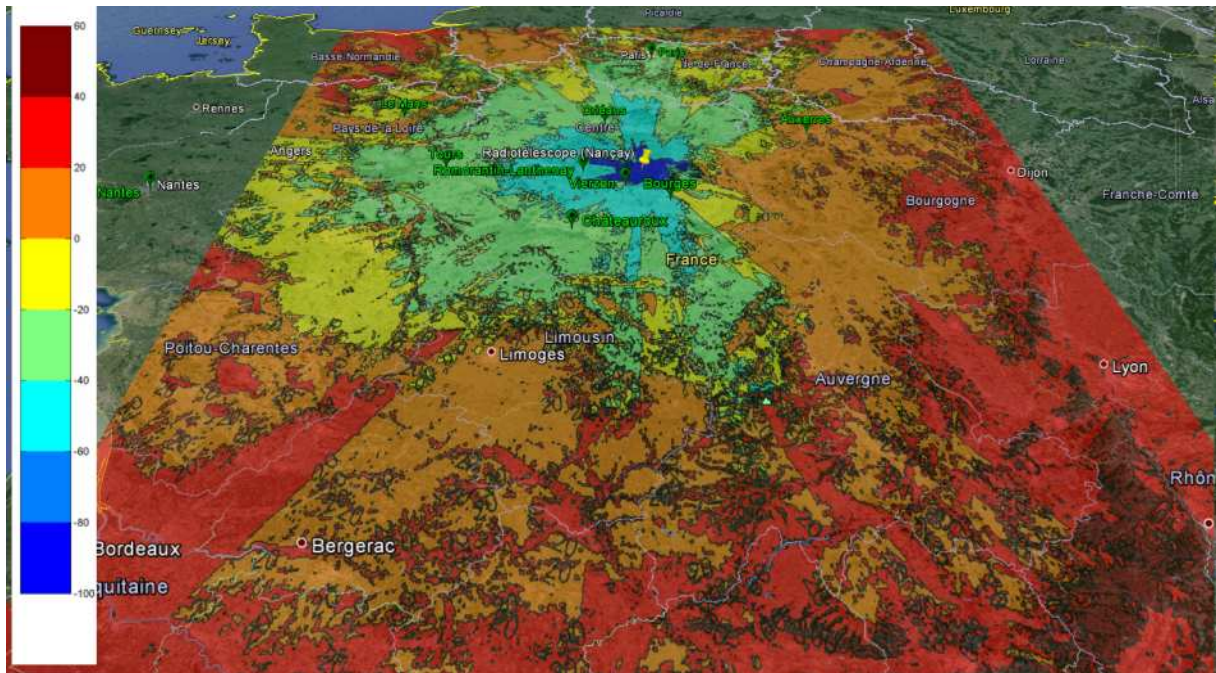


Figure 3: Représentation des niveaux de PIRE autour de la station pour  $h_{BS}=45m$

Remarque et commentaires sur les Figures 3 (ci-dessus)

**Il est tout d'abord primordial de considérer que les résultats présentés dans la Figure 3 ne tiennent en aucun cas de deux phénomènes qui peuvent avoir une incidence très importante dans les valeurs trouvées :**

1. **Les clutters urbains (prise en compte des bâtis et des phénomènes de pertes associés). Cette première remarque implique donc que ces résultats s'appliquent essentiellement au milieu rural.**
2. **Du tilt des antennes LTE (un tilt de l'ordre de 4 à 5° peut permettre de diminuer les émissions vers l'horizon de 5 à 6 dB)**

Le code couleur des Figures 3 & 4 est ainsi défini :

1. Zone 1 - Bleu foncé : PIRE inférieure à -50 dBm/MHz. Implantation de station de base délicate si ces dernières ne respectent pas des seuils hors bande et/ou de spurious très inférieurs aux normes.
2. Zone 2 - Bleu clair : PIRE comprise entre -50 dBm/MHz et -30 dBm/MHz. Implantation de station de base délicate si ces dernières ne respectent pas des seuils hors bande et ou de spurious très inférieurs aux normes.
3. Zone 3 - Vert: PIRE comprise entre -30 dBm/MHz et -10 dBm/MHz. Implantation de station de base possible si la bande de fréquence attribuée est à plus de 10 Mhz de la bande passive (niveau de « spurious » de la BS dans la bande passive). Dans cette zone, l'orientation des secteurs est à prendre en considération. Déploiement des stations en émission hors bande très délicate si les seuils ne sont pas très inférieur aux normes.
4. Zone 4 - Jaune : PIRE comprise entre -10 dBm/MHz et 0 dBm/MHz. Implantation de microcellules indépendamment de leur orientation ou de macro-cellules (en hors bande) devant présentées nécessairement des lobes arrière vers la station. Aucun problème de déploiement pour les stations de base en émission « spurious ».
5. Zone 5 - Orange : PIRE comprise entre 0 dBm et 20 dBm/MHz. Implantation de macro-cellules. Dans cette zone leur implantation doit prendre en considération leur orientation.

6. Zone 6 - Rouge et rouge sombre: PIRE comprise entre 20 dBm/MHz et 60 dBm/MHz ou supérieure à 60 dBm/MHz. Implantation de toute les cellules sans aucune contrainte particulière.

Tableau 4 : Les différentes configurations possibles

	Puissance (dBm/Mhz)		PIRE minimum (Gain -2 dBi) / approx.	PIRE maximum (Gain 18 dBi) / approx.
Macro-cellules	In band	45	43 / <b>40</b>	<b>63/60</b>
	Out of band	3	-1 / <b>0</b>	21/ <b>20</b>
Microcellules	In band	24	22 / <b>20</b>	42/40
	Out of band	-20	-22 / -20	-2/ <b>0</b>
Femto-cellules	In band	20	18 / <b>20</b>	38/40
	Out of band	-24	-26 / - <b>30</b>	-6/ <b>0</b>
Toutes cellules	Spurious	-30	-32/ - <b>30</b>	-12 /- <b>10</b>

Note : Approx. signifie approximation. Dans le tableau, seules les valeurs maximales données par la norme 3GPP TS 36 104 sont utilisées pour calculer les niveaux de PIRE. Les valeurs approximatives données en gras correspondent à celles utilisées dans les Figure 3 & 4.

Tableau 5 : Zones de déploiement autour des agglomérations/communes pour  $h_{BS}=45m$

Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
Salbris Theilley Nançay	Romorantin- Lanthenay Bourges Vierzon Issoudun	Orléans Tours Châteauroux Châteaudun Vendôme Amboise Montluçon	Poitiers Angers Chartres	Le Mans Laval Auxerre Nevers Limoges Niort Dreux

Le tableau 5 précédent donne les périphéries d'agglomération ou communes impactées par chacune des zones précédemment citées (uniquement de 1 à 5). Ce tableau ne constitue pas **une liste exhaustive**, mais donne des exemples d'agglomérations présentes dans chaque zone

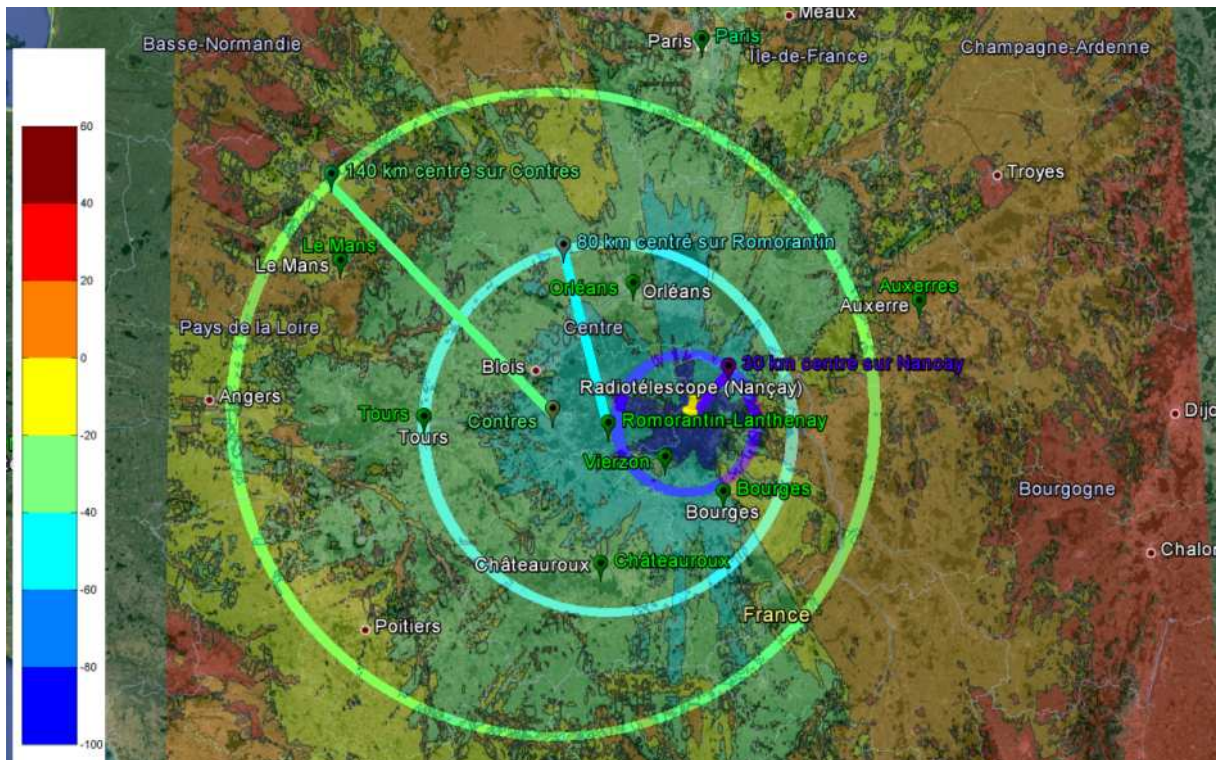


Figure 4: Représentation géométrique des niveaux de PIRE autour de la station pour  $h_{BS}=45m$

#### Remarque et commentaires sur les Figures 4 (ci-dessous)

La figure 4 s'axe principalement sur les zones « sensibles », autrement dit les zones où le déploiement en **milieu rural** de station de base est sujet à des contraintes sévères (niveau de filtrage des émissions hors bande bien supérieur à celui des normes et/ou niveau de spurious du LTE dans la bande passive avec dépointage des stations par rapport à Nançay).

Les trois zones définies de façon géométrique sont assez approximatives mais permettent de rendre de compte de façon simple des zones à protéger tout particulièrement:

1. Zone 1 : PIRE inférieure à -50 dBm/MHz, cercle de 30 km centré sur Nançay (Latitude : 47.370833°/Longitude: 2.197222°).
2. Zone 2 : PIRE comprise entre -50 dBm/MHz et -30 dBm/MHz, cercle de 80 km de rayon centré sur Romorantin-Lanthenay (Latitude : 47.358657°/Longitude: 1.747259°).
3. Zone 3 : PIRE comprise entre -30 dBm/MHz et -10 dBm/MHz, cercle de 140 km de rayon centré sur Contres (Latitude : 47.4189099° /Longitude: 1.429013°).

#### **4.2.2 Conclusions préliminaires**

La Figure 4 et le tableau 4 permettent de délimiter de façon simple les périphéries d'agglomérations sur lesquelles le déploiement de stations de base de 45m de haut pourrait être préjudiciable ou non aux mesures entreprises par le service de radioastronomie dans la bande 2690-2700 MHz. Il est par ailleurs très important de noter que ces valeurs de PIREs sont calculée en prenant en compte uniquement les pertes de propagations « naturelles » (diffraction, réflexion, atténuation par les gaz....). Les effets de diffraction internes aux villes ne sont pas pris en compte (diffraction par les bâtiments, le sol...). En d'autres termes, les valeurs mentionnées sont à prendre en compte en sortie des villes.

#### **4.2.3 Etude pour des hauteurs de station de base de 6 mètres**

Dans cette seconde étude, on considère l'ensemble des paramètres décrit dans les chapitres précédents en prenant des hauteurs d'antenne des stations de base de 6m. Les figures 5 et 6 respectent les caractéristiques et paramètres décrits dans la partie 4.2.1.

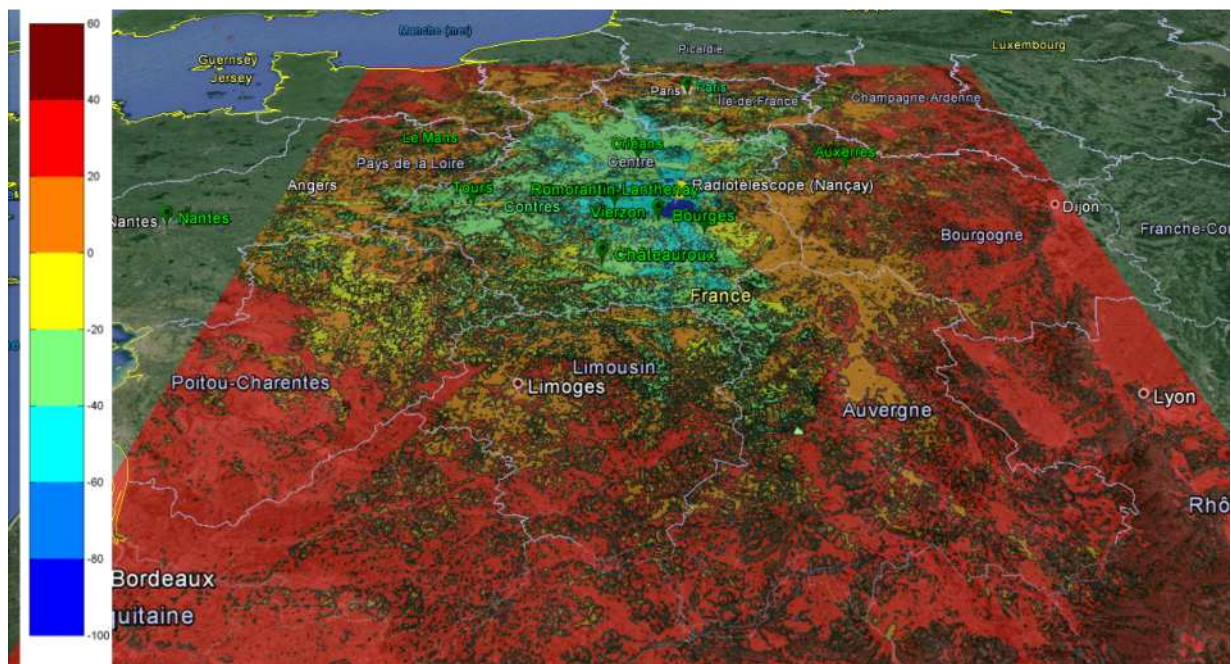


Figure 5: Représentation des niveaux de PIRE autour de la station pour  $h_{BS}=6m$



Figure 6: Représentation géométrique des niveaux de PIRE autour de la station pour  $h_{BS}=6m$

#### Remarque et commentaires sur les Figures 5 & 6 (ci-dessus)

Les figures 5 montre très clairement une diminution plus ou moins importante des surfaces de chaque zone pour une diminution de la hauteur des stations de base. La figure 6 qui s'axe principalement sur les zones « sensibles », autrement dit les zones où le déploiement en **milieu rural** de station de base est sujet à des contraintes sévères, montrent une diminution considérable de la zone 1 de près de 50% et des diminution plus petite des zones 2 et 3 (de l'ordre de 10 à 15%).

Tableau 6 : Zones de déploiement autour des agglomérations/communes pour  $h_{BS}=6m$

Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
Nançay	Romorantin-Lanthenay Theillay Salbris	Châteauroux Châteaudun Montluçon Vierzon Bourges Issoudun	Poitiers Angers Chartres Orléans Tours Amboise	Nevers Limoges Vendôme

Le tableau 6 précédent donne les périphéries d'agglomération ou communes impactées par chacune des zones précédemment citées (uniquement de 1 à 5). Ce tableau ne constitue pas **une liste exhaustive**, mais donne des exemples d'agglomérations présentes dans chaque zone. La comparaison entre les tableaux 4 & 5 permet de constater que la diminution de hauteur des antennes permet pour la quasi-globalité des agglomérations de passer d'une zone  $i$  à une zone  $i+1$ .

#### 4.2.4 Conclusions préliminaires

La première étude montre clairement que les hauteurs des antennes d'émission jouent un rôle essentiel dans les distances requise pour atteindre le critère de protection de la radioastronomie. Toutefois, cette étude peut être plus précise en axant les simulations plus particulièrement sur une zone choisie de la France. Des simulations supplémentaires mais non présentées ont montré que la différence de distance entre 30 et 45m était suffisamment peu notable pour donner lieu à un paragraphe particulier. On assimilera les distances trouvées pour 45m à 30m.

### 4.3 Emission dans les agglomérations

*Note : Cette partie est uniquement destinée à donner un ordre d'idée des pertes potentielles que peut engendrer le milieu urbain. En aucun cas, les valeurs simulées dans cette partie ne peuvent donner lieu à des conclusions directes. Ceci est d'autant plus pertinent que les valeurs calculées, le sont sur des hypothèses qui représentent des cas très particuliers et notamment le fait que les stations de bases ou les récepteurs se situent derrière des obstacles urbains.*

La **Recommandation ITU-R P.1411** fournit un modèle de propagation qui permet d'estimer les pertes liées à l'environnement urbain, notamment pour des systèmes de radiocommunication de courte portée destinés à fonctionner à l'extérieur de bâtiments dans des gammes de fréquence comprises entre 300 MHz et 100 GHz. Ce modèle prend en compte, différents facteurs tel que la hauteur moyenne des bâtiments, la distance qui les sépare, la longueur totale de leur association, la largeur des rues, la longueur du trajet couverte, etc... A partir de ces données, il est possible d'estimer les pertes de propagation (diffraction par les toits, multi trajets, canyon urbain...) et d'évaluer ainsi, les valeurs de champs en périphérie d'agglomération. Le modèle tient compte de plusieurs types de pertes particulières sur les trajets:

1. Les pertes  $L_{RTS}$  qui représentent les pertes par diffraction entre les toits et la rue. Cette valeur est indépendante de la hauteur de l'antenne de la station de base.
2. La réduction  $L_{MDS}$  due à la diffraction par effet d'écran multiple à travers les différentes rangées de bâtiments. Cette grandeur varie selon la position de l'antenne par rapport au toit

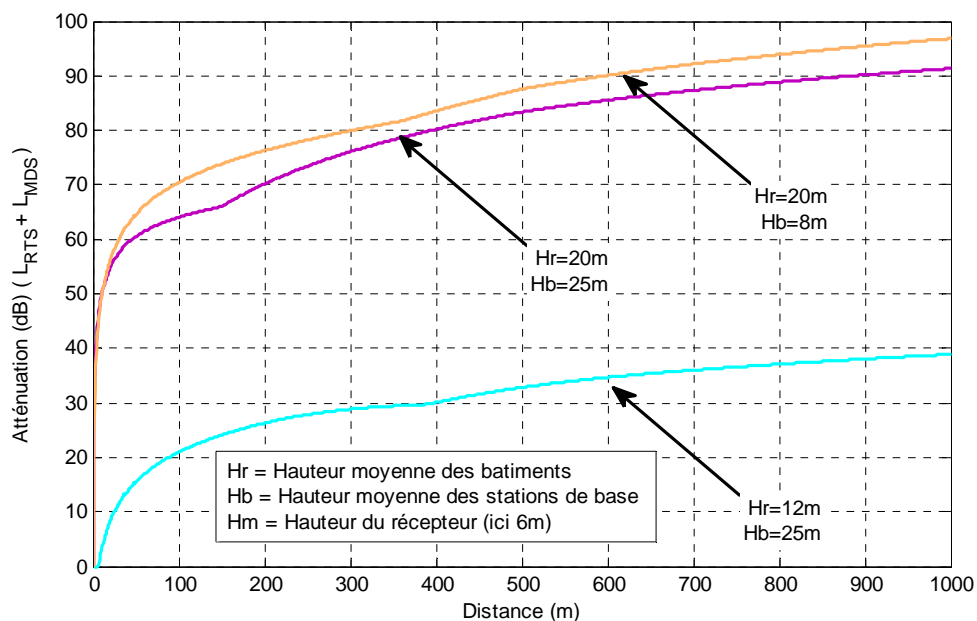


Figure 7: Représentation de l'atténuation potentielle dans les agglomérations en fonction de différents facteurs

La figure 7, ci-dessus présente les résultats de l'association des pertes  $L_{RTS}$  et  $L_{MDS}$  obtenues dans différentes configurations d'antennes et de hauteurs de bâtiment. Les pertes sont évaluées sur un kilomètre de distance en prenant en compte des largeurs de rue de 10m (donc un espacement entre bâtiment de 10m). Ces pertes ne tiennent pas compte des pertes en espace libre. La figure 13 permet uniquement d'évaluer les pertes potentielles accessibles par l'environnement urbain. Elle démontre par exemple que les pertes sont d'autant plus importantes que les stations de base sont à des hauteurs inférieures au niveau moyen des toits (cette atténuation peut atteindre jusqu'à 100 dB sur 1 km dans les cas les plus critiques).

Le tableau suivant donne pour certaines des agglomérations citées dans les tableaux 5 & 6, une estimation approximative (car paramètres multidimensionnels) des pertes pour une antenne d'émission

se situant au-dessus des toits (à 5m) en plein centre de la ville. Cette position haute de l'antenne permet d'évaluer un des cas les plus critiques. La hauteur moyenne des bâtiments est fonction de l'agglomération. Dans le tableau 7, le type d'agglomération fait référence aux dimensions moyennes des édifices dans le centre :

- A : taille modérée (< 10m) (maisons à 2 ou 3 étages)
- B : taille moyenne (>10 et <20m) (immeuble de 3 ou 7 étages)
- C : taille importante (>20m) (immeuble présentant plus de 7 étages)

Tableau 7 : **Estimation** des pertes en sortie des agglomérations

Agglomérations	Rayon / au centre de la ville (km)	Type d'agglomération	Atténuations Potentielles (dB)
Vierzon	2	A	40
Romorantin-Lanthenay	2	A	40
Bourges	3	A/B	60
Châteauroux	3	A	60
Orléans	5	B	65
Tours	5	B	65
Le Mans	5	B	65

Cette étude approximative permet de montrer que l'environnement urbain peut présenter des pertes supplémentaires à associer aux pertes de propagation. Autrement dit, une station de type microcellules avec des niveaux hors bande de PIRE de -2 dBm/MHz placée au centre d'une ville de type A présenterait une PIRE de -42 dBm/MHz en sortie de l'agglomération à quelques mètres au-dessus du sol.

Cette dernière étude montre aussi que ces implantations urbaines permettent une protection partielle de la bande 2665-2690 MHz protégée par l'article 5.149 du **RR**. En effet une station de base de type BS LA présentant une émission in-band de 24 dBm/MHz au centre d'une agglomération de type B, pourrait très bien présenter une PIRE de -20 dBm/MHz en sortie d'agglomération uniquement par le biais des pertes par diffraction.

Sur la base des tableaux 2 et 3, une **approximation** des valeurs de PIRE maximales des BS au centre des agglomérations est donnée dans le tableau 4.

Tableau 8 : **Estimation** des valeurs de PIRE au centre des agglomérations

Agglomérations	Valeurs de PIRE maximale en sortie d'agglomération (dBm/MHz)	Valeurs de PIRE maximale des BS au centre des agglomérations (dBm/MHz)
Vierzon	-40	0
Romorantin-Lanthenay	-35	5
Bourges	-35	5
Châteauroux	-20	40
Orléans	-20	40
Tours	-10	55
Le Mans	-10	55

## Agrégation de puissance :

Pour considérer la puissance cumulée reçue par N stations de base réparties aléatoirement en limite de distance de coordination, on peut utiliser la formule suivante :

$$\text{PIRE}_{\text{recTot}} = \text{PIRE}_{\text{rec1BS}} - 5 \cdot \log N$$

En considérant ainsi 40 stations de bases positionnées chacune en limite « d'isoPIRE » vis-à-vis de leur hauteur et puissance émise, la PIRE reçue par le radiotélescope est augmentée de 8 dB.

## 5. Les dossiers COMSIS en attentes

Plusieurs stations de base implantées dans les environs de Nançay sont en attente de statut définitif (pour l'instant sous réserve). Afin de lever ou non, ces réserves, la partie qui suit fait le point des valeurs de champs générées par ces dernières sur la station de Nançay à l'aide du logiciel ICSTelecom. Lors des simulations, les stations ont été simulées comme elles sont été présentées (puissance, gain, gabarit d'antenne... etc). Toutefois, les implications spectrales de chaque opérateur ne sont pas les mêmes dans ces dossiers :

- Pour BYT, Orange et SFR, il est nécessaire de prendre en compte des émissions dans le domaine non essentiel (« spurious ») avec des niveaux de PIRE d'approximativement -12 dBm/MHz (-30dBm/MHz de puissance et 18 dB de gain). Du fait de la bande attribuée (en dessous de 2670), on peut considérer que les 20 MHz qui séparent la fin de la bande avec le début de la bande passive sont suffisantes pour que les émissions dans 2690-2700 soient considérées comme non essentielles. Autrement dit, il faut considérer une atténuation en PIRE de l'ordre de 70 dB (entre le PIRE maximum de 54 dB/MHz et la PIRE en « spurious » de -12 dBm/MHz – soit 66 dB en réalité)
- Pour FREE, il est nécessaire de prendre en compte des émissions hors bande avec des niveaux de PIRE d'approximativement +21 dBm/MHz (3dBm/MHz de puissance et 18 dB de gain- l'ensemble des dossiers présente des déploiements de macro-cellules – voir niveau de puissance et PIRE dans §3). Il faut donc considérer une atténuation de l'ordre de 33 dB (entre la PIRE maximum 54 dB/MHz et la PIRE en hors bande 21dB/MHz).

Le tableau (tableau 9) suivant présente les résultats de simulations s'appuyant sur l'utilisation de la recommandation ITU-R P.452 et d'un pourcentage de temps relatifs au service de radioastronomie (2%). Dans l'ensemble de ces simulations point à point, les clutters urbains sont insérés (prise en compte de la diffraction par les bâtis) et la résolution du terrain est de 5m.

Tableau 9 : Utilisation de l'ITU-R P.452 avec un pourcentage de temps de 2%.

Callsign (azimut du secteur)	Address	Niveaux reçus (dBm/MHz) dans la bande 2655-2690 MHz	Niveaux reçus (dBm/MHz) dans la bande 2690-2700 MHz	ToA (us)	Freq (MHz)	Pol	Distance (m)	Azimut du support de l'antenne (deg)
750098_50	ROMORANTIN	-99,19	-169,19	113,96	2662.5	M	34189,38	85,86
750098_170	ROMORANTIN	-110,7	-180,7	113,96	2662.5	M	34189,38	85,86
750098_290	ROMORANTIN	-125,97	-195,97	113,96	2662.5	M	34189,38	85,86
750256_310	ORLEANS BYT	-149,53	-219,53	183,77	2662.5	M	55130,09	158,62
750256_70	ORLEANS BYT	-130,5	-200,5	183,77	2662.5	M	55130,09	158,62
750256_190	ORLEANS BYT	-112,66	-182,66	183,77	2662.5	M	55130,09	158,62
990001_10	ST JEAN LE BLANC	-147,63	-180,63	204,72	2680	M	61416,45	160,56
990001_130	ST JEAN LE BLANC	-121,17	-154,17	204,72	2680	M	61416,45	160,56
990001_250	ST JEAN LE BLANC	-135,58	-168,58	204,72	2680	M	61416,45	160,56
990009_0	ORLEANS FREE	-151,77	-184,77	211,58	2680	M	63473,71	159,31
990009_110	ORLEANS FREE	-128,54	-161,54	211,58	2680	M	63473,71	159,31
990009_220	ORLEANS FREE	-129,35	-162,35	211,58	2680	M	63473,71	159,31

990010_40	ORLEANS FREE	-148,13	-181,13	183,77	2680	M	55130,02	158,62
990010_160	ORLEANS FREE	-114,39	-159,39	183,77	2680	M	55130,02	158,62
990010_280	ORLEANS FREE	-140,69	-173,69	183,77	2680	M	55130,02	158,62
990011_90	SARAN FREE	-141,94	-174,94	225,34	2680	M	67600,57	160,68
990011_210	SARAN FREE	-133,75	-178,75	225,34	2680	M	67600,57	160,68
990011_330	SARAN FREE	-159,87	-192,87	225,34	2680	M	67600,57	160,68
990012_20	ORLEANS FREE	-146,24	-179,24	207,74	2680	M	62320,91	158,98
990012_120	ORLEANS FREE	-123,01	-156,01	207,74	2680	M	62320,91	158,98
990012_260	ORLEANS FREE	-140,33	-173,33	207,74	2680	M	62320,91	158,98
990013_40	ORLEANS FREE	-151,88	-184,88	210,35	2680	M	63103,65	162,27
990013_160	ORLEANS FREE	-116,8	-149,8	210,35	2680	M	63103,65	162,27
990013_280	ORLEANS FREE	-144	-177	210,35	2680	M	63103,65	162,27
990014_0	ST PRYVE	-154,88	-187,88	206,36	2680	M	61908,28	156,98
990014_110	ST PRYVE	-131,4	-164,4	206,36	2680	M	61908,28	156,98
990014_230	ST PRYVE	-136,87	-169,87	206,36	2680	M	61908,28	156,98
990015_60	ORLEANS FREE	-149,34	-182,34	214,3	2680	M	64289,38	161,01
990015_180	ORLEANS FREE	-120,83	-153,83	214,3	2680	M	64289,38	161,01
990015_300	ORLEANS FREE	-148,98	-181,98	214,3	2680	M	64289,38	161,01
990017_30	ORLEANS FREE	-151,98	-184,98	214,29	2680	M	64288,21	158,96
990017_150	ORLEANS FREE	-116,49	-149,49	214,29	2680	M	64288,21	158,96
990017_270	ORLEANS FREE	-144,3	-177,3	214,29	2680	M	64288,21	158,96
990018_60	ORLEANS FREE	-147,93	-180,93	210,25	2680	M	63076,3	160,68
990018_180	ORLEANS FREE	-119,84	-152,84	210,25	2680	M	63076,3	160,68
990018_300	ORLEANS FREE	-149,04	-182,04	210,25	2680	M	63076,3	160,68
990019_90	ORLEANS FREE	-131,05	-164,05	218,17	2680	M	65451,95	160,01
990019_210	ORLEANS FREE	-123,15	-156,15	218,17	2680	M	65451,95	160,01
990019_330	ORLEANS FREE	-148,77	-181,77	218,17	2680	M	65451,95	160,01
990021_30	ST DENIS EN VAL	-150,03	-183,03	198,53	2680	M	59559,48	162,08
990021_150	ST DENIS EN VAL	-117,33	-150,33	198,53	2680	M	59559,48	162,08
990021_270	ST DENIS EN VAL	-143,59	-176,59	198,53	2680	M	59559,48	162,08
750186_350	INGRE BYT	-154,28	-224,28	224,16	2662.5	M	67248,42	155,96
750186_170	INGRE BYT	-121,21	-191,21	224,16	2662.5	M	67248,42	155,96
750186_260	INGRE BYT	-144,9	-214,9	224,16	2662.5	M	67248,42	155,96
990020_10	OLIVET	-144,89	-177,89	195,26	2680	M	58577,48	158,89
990020_130	OLIVET FREE	-118,53	-151,53	195,26	2680	M	58577,48	158,89
990020_250	OLIVET FREE	-134,07	-167,07	195,26	2680	M	58577,48	158,89

Note : La première colonne des puissances de chaque tableau donne le niveau reçu par chaque secteur de chaque station au niveau du radiotélescope dans la bande 2655-2690 MHz, la seconde est associée au niveau de rayonnement non désiré reçu (niveau hors bande pour FREE - ou niveau d'émissions non essentielles pour BYT) dans la bande 2690-2700 MHz. Les niveaux reçus sont calculés avec une antenne de 0dBi.

Le code couleur du tableau représente trois cas :

1. Aucun problème apparent d'interférence de couleur verte (< -185 dBm)
2. Niveau reçu stations proches du critère RST (entre -180 dBm et -185 dBm) : interférences particulièrement faibles potentielles de couleur orange
3. Niveau reçu des stations dépassant le critère RST (> -180 dBm) : interférences importantes de couleur rouge.

Le tableau 9 est parfaitement clair sur un fait, dans certaine agglomération, certains secteurs peuvent être problématiques pour le respect du critère de protection du radiotélescope. Il s'agit globalement des secteurs pointant sur Nançay. Par exemple, le secteur d'azimut proche de l'Est (50°) pour la station BYT à Romorantin, ou certains secteurs FREE d'azimut proche du Sud (entre 120 et 210°) implantés à Orléans.

Le cas le plus critique correspond à un niveau de brouillage aux abords du radiotélescope d'approximativement -150 dBm/MHz. Ce qui implique qu'une atténuation supplémentaire par rapport à la norme (rayonnement réel inférieur à la norme ou ajout d'un filtre) de l'ordre de 35 dB soit nécessaire sur ce secteur (ou sur les secteurs présentant des valeurs similaires) pour répondre aux critères du récepteur de RST.



## 6. Conclusions

Il convient de souligner que l'ensemble de l'étude ainsi que ses résultats ont été élaborés sur la base d'un signal maximum de -185 dBm/MHz au niveau du récepteur (prenant en considération le gain d'antenne du tableau 1) dans la bande 2655-2700 MHz. Ce niveau **garantit** la protection du site de RAS de Nançay vis-à-vis des émissions des stations de base LTE.

Dans cette conclusion synthétique, quelques points importants sont à prendre en considérations et notamment la distinction que fait l'étude entre les zones urbaines et rurales (pour des questions de pertes de propagation notamment). On notera par ailleurs que la bande 2655-2700 MHz est subdivisée en deux sous bandes sur lesquelles les conclusions de ce rapport n'impliquent pas les mêmes contraintes techniques du fait que la radioastronomie dans la bande 2655-2690 MHz est en partage avec le service mobile et qu'elle est en bande adjacente lorsqu'elle opère dans la bande 2690-2700 MHz :

- Dans la bande 2655-2690 MHz, aucune technique de filtrage ne peut être envisagée du fait d'émissions LTE in-band. Ceci implique donc qu'en l'absence d'importantes pertes par diffraction (clutter urbain, relief...), seules des distances de séparation particulièrement importantes (jusqu'à quelques centaines de kilomètres) entre les stations de base LTE et du radiotélescope de Nançay peuvent permettre de garantir la protection du radiotélescope. Dans cette bande (2665-2690 MHz - ASR secondaire), l'étude montre que dans une zone s'étendant globalement sur la région Centre, la coexistence entre les services mobile LTE et le site de radioastronomie de Nançay est :
  1. Possible, lorsque les stations de base sont implantées judicieusement dans des milieux urbains dont l'environnement garantit des niveaux d'émission faibles en périphérie de ces dernières.
  2. Particulièrement délicat, lorsque les stations de base sont implantées dans des zones rurales sans des techniques particulières de mitigation et/ou d'implantation des sites.
- Pour la bande 2690-2700 MHz (ASR primaire), la protection du site de radioastronomie peut être assurée par des filtrages additionnels (par rapport aux niveaux de PIRE non désirés stipulés dans la 3GPP TS 36104) précisés ci-dessous :
  1. Un filtrage des émissions hors bande supérieur à 70 dB dans le cas des macro-cellules en PIRE max sur un cercle de 30 km (respectivement 14 km) de rayon centré sur Nançay pour une hauteur d'antenne de 45 m (respectivement 6 m). Le filtrage devant être d'autant plus important (donc bien supérieur à 70 dB) que la distance entre la station de base et le radiotélescope diminue.
  2. Un filtrage des émissions non essentielles (« spurious ») supérieur à 40 dB dans le cas des macro-cellules en PIRE max sur un cercle de 30 km (respectivement 14 km) de rayon centré sur Nançay suivant pour une hauteur d'antenne de 45 m (respectivement 6 m). Le filtrage devant être d'autant plus important (donc bien supérieur à 40 dB) que la distance entre la station de base et le radiotélescope diminue.
  3. Au-delà de ces distances, et jusqu'à de 120 à 140 km (pour respectivement des hauteurs d'antenne de 6m et 45m) centré sur Contres, une analyse des niveaux de champs en direction de la station est nécessaire pour les **implantations rurales** de stations de base, Celle-ci étant dépendante d'un certain nombre de caractéristiques techniques de la station de base utilisées (type de station - référencées dans le Tableau 4 -, orientation des secteurs, tilt, configuration architecturale du site de déploiement...). Dans cette même zone, **les implantations urbaines** de stations de base bénéficiant d'atténuation supplémentaire devraient pouvoir respecter le niveau de protection du récepteur du radio télescope sans contrainte spécifique.

Les filtrages indiqués sont par rapport à la norme de la 3GPP TS 36 104. Le filtrage supplémentaire réel devant éventuellement être mis en place dépendra de l'écart entre la valeur réelle de rayonnement non désiré et la valeur spécifiée dans la norme.