

Commission consultative de Compatibilité du spectre

CCE

**ETUDE DE LA CCE SUR
L'INGÉNIÉRIE DES SITES RADIOÉLECTRIQUES**

PARTICIPATION

Ce travail a été développé dans le groupe CCE2 de la Commission consultative de Compatibilité Electromagnétique.

Les organismes ci-après ont contribué à la présente étude :

- Ministère de l'intérieur : Direction des transmissions et de l'informatique
- Conseil supérieur de l'audiovisuel
- Autorité de régulation des télécommunications
- Les opérateurs de réseaux de télécommunications ouverts au public : Bouygues Telecom, France Télécom, Cegetel
- L'opérateur de radiodiffusion : Télédiffusion de France
- GITEP
- Agence Nationale des Fréquences : DPSAI, DGGN et DGNF.

Le document a été rédigé par la Direction de la planification du spectre et des affaires internationales.

*

Table des matières

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Participation..... | 1 |
| 2. Le site radioélectrique | 4 |
| 3. Caractéristiques des équipements..... | 5 |
| 3.1 Qualités d'un récepteur..... | 5 |
| 3.2 Qualité d'un émetteur | 5 |
| 4. Caractéristiques générales des différents réseaux de radiocommunication | 8 |
| 4.1 Service de Radiodiffusion | 8 |
| 4.2 Service mobile terrestre..... | 8 |
| 4.3 Définition des couvertures..... | 12 |
| 5. Brouillages..... | 14 |
| 5.1 Problématique..... | 14 |
| 5.2 Brouillage | 14 |
| 6. Aériens – Filtres - Couplages entre aériens – Installations des aériens..... | 16 |
| 6.1 Définition des éléments intervenant dans le « circuit d'antenne »..... | 16 |
| 6.3 Pylônes et installation des aériens | 20 |
| 7. Règles générales de partage des sites | 27 |
| 7.1 Cohabitation des installations..... | 27 |
| 7.2 Règles de coexistence entre différents systèmes | 27 |
| 7.3 Etat radioélectrique des lieux | 28 |
| REFERENCES UTILES | 29 |
| Etudes de compatibilité ERC..... | 29 |
| Rapports CCE | 29 |
| Autres documents de l'Agence Nationale des Fréquences..... | 29 |
| Normes de référence..... | 29 |
| Rapports ETSI | 30 |
| Recommandations UIT-R..... | 30 |
| ANNEXES | 31 |
| Caractéristiques des systèmes radioélectriques | 31 |

1. Introduction

Ce document est destiné à favoriser l'optimisation des sites radioélectriques dès leur conception puis durant leur vie. A cette fin, il rappelle des principes généraux en matière de CEM et donne quelques règles élémentaires d'ingénierie des sites.

Lors de difficultés récurrentes entre systèmes qui ne peuvent être résolus de manière simple par les différents acteurs, ceux-ci ne doivent pas hésiter à saisir l'Agence pour qu'une analyse plus approfondie de ces difficultés soit menée conjointement.

Ce document s'adresse ;

- Aux gestionnaires de site, pour les guider dans l'accomplissement de leur travail.
- Aux différents opérateurs ou utilisateurs, y compris les Administrations, désireux d'utiliser un site en s'y intégrant harmonieusement.
- A la COMSIS pour le traitement des demandes d'implantations ou de modifications de stations radioélectriques, y compris lors de contentieux en COMSIS Technique. A cet effet il complète de façon technique le document ANFR05 « procédure d'optimisation des sites radioélectriques ».
- Aux agents des services régionaux de l'Agence Nationale des Fréquences dans leurs tâches de contrôle.

Des annexes techniques d'études de compatibilité entre divers systèmes complètent déjà ces éléments en fixant les règles ou des recommandations détaillées à appliquer dans certains cas, par exemple :

- Rapport de l'Agence nationale des fréquences sur la protection de la réception TV en bande III contre les gênes provoquées par les émetteurs de radiomessagerie unilatérale ERMES (Rapport du groupe de travail CCE1) ;
- Rapport de l'Agence nationale des fréquences a la COMSIS sur la compatibilité entre les réseaux de radiocommunications du service mobile du ministère de l'intérieur -bande 83–87,3 MHz- et les stations d'émission de radiodiffusion FM -bande 87,5–108 MHz- autorisées par le Conseil supérieur de l'audiovisuel. (Rapport du groupe de travail CCE3) ;
- Compatibilité entre la diffusion DAB (sur la fréquence 1472 MHz) et le site de radioastronomie de Nançay.

En fonction des problèmes rencontrés, d'autres études techniques de la CCE seront lancées et feront évoluer ce document.

*

2. LE SITE RADIOELECTRIQUE

La définition du site suivant le document ANFR05 est : « *Un site est une parcelle cadastrale ou ensemble de parcelles cadastrales connexes, sur laquelle ou lesquelles se trouvent une ou plusieurs stations . Il correspond à la mise en exploitation pour plusieurs utilisateurs, sur une même emprise territoriale, d'une ou plusieurs infrastructures radioélectriques.*

L'utilisateur qui a construit ou qui entretient le bâtiment, ou celui qui a la charge administrative des parties communes est dénommé gestionnaire du site. Les autres utilisateurs sont appelés les cohabitants. »

Les infrastructures présentes sur le site peuvent être constituées à la fois d'émetteurs et de récepteurs, et pouvant utiliser des bandes de fréquences et des technologies bien distinctes.

Le gestionnaire du site est de fait le coordonnateur du site, ses responsabilités sont décrites dans le document ANFR05.

Généralement on trouve les configurations suivantes :

- les installations radioélectriques sont à proximité, sans obligatoirement partager le même local ou le même support d'aérien.
- L'alimentation électrique n'est pas forcément partagée.
- Les aériens des différents utilisateurs sont connectés lorsque c'est possible aux mêmes aériens à travers un système de couplage commun à plusieurs utilisateurs. Le découplage ou isolation entre les différents équipements est obtenu par le système de filtrage.

Les cohabitants d'un site radioélectrique sont les personnes physiques ou morales titulaires d'une autorisation d'installation et d'exploitation de réseau radioélectriques ou de stations d'émission de radiodiffusion donnée par un affectataire de bande de fréquences (administrations, autorités indépendantes). Ces personnes autorisées ne sont pas obligatoirement propriétaires des matériels. Cependant, dans ce dernier cas, les responsabilités entre le détenteur de l'autorisation et le propriétaires des équipements doivent être connues du gestionnaire du site radioélectrique.

Des réglementations particulières à des affectataires peuvent s'appliquer qui doivent alors les publier et les porter à la connaissance des autres cohabitants.

Un site radioélectrique doit être conçu pour permettre l'accueil d'un maximum d'installations radioélectriques. En appliquant les normes en vigueur et les règles de l'art, il doit permettre un maximum d'assignations tout en protégeant les précédents utilisateurs déjà installés et dans ce sens, le site doit être aménagé pour recevoir le maximum de cohabitants. Pour cela, le gestionnaire et les cohabitants doivent étudier les paramètres de leurs différents équipements radioélectriques installés ou demandant à s'installer sur le site, notamment :

- la sélectivité du canal adjacent ;
- les rayonnements hors bandes (bruit large bande des émetteurs) ;
- les rayonnements non essentiels ;
- la protection contre l'intermodulation ;
- la protection contre la désensibilisation ou blocage.
- Les réponses parasites

*

3. CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS

3.1 Qualités d'un récepteur

Les propriétés essentielles d'un récepteur sont : la sensibilité, la sélectivité, la linéarité, la stabilité et la fidélité. Les deux dernières n'entrent pas en compte dans la compatibilité électromagnétique.

Sensibilité

La sensibilité définit l'aptitude d'un récepteur à permettre la réception de signaux de faible amplitude.

Sélectivité

La sélectivité définit la capacité d'un récepteur à accepter un niveau de signal fort sur les canaux adjacents. Les caractéristiques de sélectivité dépendent des caractéristiques de filtrage de la fréquence intermédiaire et aussi des performances spectrales de l'oscillateur local. Les normes applicables donnent les mesures de dégradation de sélectivité.

Désensibilisation

La désensibilisation du récepteur se rencontre lorsque l'antenne est placée dans un champ radioélectrique important. Les normes applicables donnent la valeur du facteur de réjection pour un signal utile. La désensibilisation est un phénomène affectant les récepteurs à des écarts en fréquence qui peuvent être importants.

Linéarité

La linéarité caractérise l'aptitude d'un récepteur à recevoir un signal de faible amplitude en présence d'un ou plusieurs signaux brouilleurs de fort niveau, et donc d'éviter les phénomènes d'intermodulation et/ou de désensibilisation.

Réponse parasite : susceptibilité d'un récepteur à une ou plusieurs fréquences particulières (ex : fréquence image, fréquence intermédiaire...)

3.2 Qualité d'un émetteur

Émission hors bande (Article 1 (S1), numéro 138 (S1.144) du RR)

Émission sur une ou sur des fréquences situées immédiatement en dehors de la largeur de bande nécessaire, due au processus de la modulation, à l'exclusion des rayonnements non essentiels.

Tout rayonnement non désiré qui se produit à des fréquences séparées de la fréquence centrale de l'émission par moins de 250% de la largeur de bande nécessaire de cette émission est généralement considéré comme émission hors bande. Pour les émetteurs/répéteurs multivoies ou multiporteuses, dans lesquels plusieurs porteuses peuvent être émises simultanément à partir d'un amplificateur de sortie ou d'une antenne active, la fréquence centrale de l'émission est par hypothèse le centre de la largeur de bande à - 3 dB de l'émetteur ou du répéteur.

Bruit large bande des émetteurs

Les émetteurs génèrent des rayonnements non désirés composés notamment de rayonnements hors bande caractérisés essentiellement par du bruit large bande. Les normes fixent les limites du bruit large bande.

Rayonnement non essentiel (article 1 (S1), n°139 (S1.145) du RR)

Rayonnement sur une ou sur des fréquences situées en dehors de la largeur de bande nécessaire et dont le niveau peut être réduit sans affecter la transmission de l'information correspondante. Ces rayonnements comprennent les rayonnements harmoniques, les rayonnements parasites, les produits d'intermodulation et de conversion de fréquence, à l'exclusion des émissions hors bande.

Tous les rayonnements, y compris les produits d'intermodulation, les produits de conversion et les rayonnements parasites, qui sont émis à des fréquences séparées de la fréquence centrale de l'émission par au moins 250% de la largeur de bande nécessaire à cette émission sont de manière générale considérés comme étant des rayonnements non essentiels¹. Pour les émetteurs/répéteurs multivoies ou multiporteuses, dans lesquels plusieurs porteuses peuvent être émises simultanément à partir d'un amplificateur de sortie ou d'une antenne active, la fréquence centrale de l'émission est, par hypothèse, le centre de la largeur de bande à – 3 dB de l'émetteur ou du répéteur.

Rayonnement harmonique

Rayonnement non essentiel sur des fréquences qui sont des multiples entiers de la fréquence centrale.

Rayonnement parasite

Rayonnement non essentiel produit accidentellement sur des fréquences indépendantes à la fois des fréquences porteuses ou caractéristiques d'une émission et des fréquences des oscillations résultant de la production de la fréquence porteuse ou caractéristique.

Produits d'intermodulation

Les produits d'intermodulation non essentiels résultent de l'intermodulation entre:

- les oscillations sur les fréquences porteuses, ou caractéristiques ou harmoniques d'une émission, ou les oscillations résultant de la production de ces fréquences porteuses ou caractéristiques; et
- des oscillations de même nature, d'une ou plusieurs autres émissions, en provenance du même ensemble émetteur ou d'émetteurs ou ensembles émetteurs différents.

Produits de conversion de fréquence

Rayonnements non essentiels, ne comprenant pas les rayonnements harmoniques, sur les fréquences ou les multiples entiers de celles-ci, des oscillations utilisées pour produire la fréquence porteuse ou la fréquence caractéristique d'une émission.

Rayonnements non désirés (Article 1 (S1), numéro 140 (S1.146) du RR)

Ensemble des rayonnements non essentiels et des rayonnements provenant des émissions hors bande.

¹ Recommandation UIT-R SM 329-7

Largeur de bande nécessaire (Article 1 (S1), numéro 146 (S1.152) du RR)

Pour une classe d'émission donnée, largeur de la bande de fréquences juste suffisante pour assurer la transmission de l'information à la vitesse et avec la qualité requises dans des conditions données. Dans le cas des émetteurs/répéteurs multivoies ou multiporteuses, dans lesquels plusieurs porteuses peuvent être émises simultanément à partir d'un amplificateur de sortie ou d'une antenne active, la largeur de bande nécessaire est par hypothèse celle de l'émetteur ou du répéteur.

Niveau de bruit radioélectrique ambiant

La mesure de bruit radioélectrique ambiant est seulement une indication approximative, puisqu'elle est strictement applicable à l'antenne utilisée et aux conditions de bruit propre à cette mesure. Le niveau de bruit ambiant, suivant les emplacements et le choix des bandes de fréquences, a une influence importante sur la portée du système et de sa performance. Le bruit radioélectrique ambiant comprend le bruit atmosphérique, du ciel et le bruit généré fait par l'homme.

Intermodulation

On peut rencontrer plusieurs types d'intermodulation. Ils se manifestent d'un certain nombre de manières dans les systèmes radioélectriques. On les définit par les quatre types suivants:

- 1) Intermodulation dans le canal d'émission : lorsque le signal désiré subit une distorsion due à des imperfections dans l'émetteur, et lorsque des produits d'intermodulation sont seulement fonction de l'émetteur lui-même.
- 2) Intermodulation entre plusieurs fréquences d'émission : lorsque les signaux désirés de plusieurs fréquences subissent une distorsion par des imperfections dans le même émetteur.
- 3) Intermodulation entre émetteurs : lorsqu'un ou plusieurs émissions sur un même site se combinent pour produire des produits d'intermodulation (IM), soit dans les émetteurs eux-mêmes soit dans un composant non-linéaires sur le site. Les fréquences produites sont éloignées des émissions utiles (voir figure 1 ci-dessous).
- 4) Intermodulation dans les amplificateurs de la chaîne de réception : les produits d'intermodulation sont créés par la non-linéarité des amplificateurs, notamment dans un environnement de champs forts.

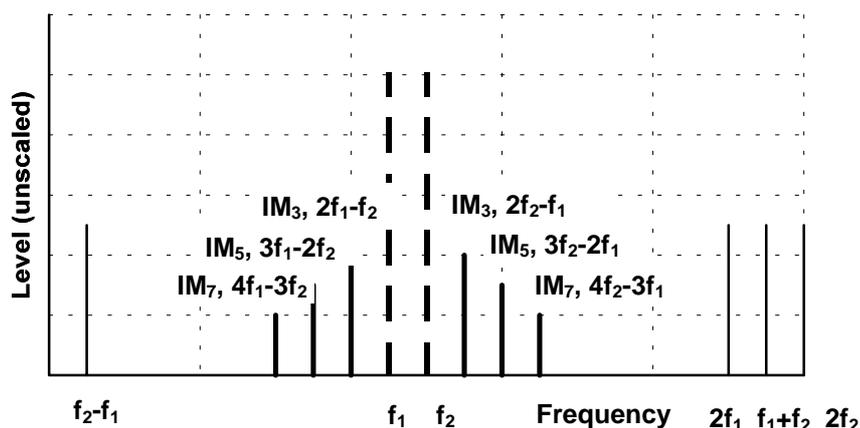


Figure 1 : Illustration des produits d'intermodulation (lignes pleines) par rapport aux fréquences fondamentales (lignes pointillées)

*

4. CARACTERISTIQUES GENERALES DES DIFFERENTS RESEAUX DE RADIOCOMMUNICATION

On énumère ici les différents systèmes de radiocommunication et de radiodiffusion (en service ou en cours de développement) que l'on peut trouver partageant fréquemment les mêmes sites radioélectriques. On notera l'évolution constante du passage de la technologie analogique vers la technologie numérique, faisant parfois apparaître de nouvelles contraintes.

Les caractéristiques essentielles des différents systèmes sont décrites à l'annexe 3.

4.1 Service de Radiodiffusion

Le service de radiodiffusion de terre n'utilise que 4 bandes de fréquences : 47-68 MHz ou bande I (en partage avec du service mobile terrestre et le service d'amateur), 87,5-108 MHz ou bande II ou encore bande FM, 174-223 MHz ou bande III qui est utilisée par la TV et dans des zones limitées par le T-DAB (en partage avec le service mobile terrestre), 470-832 MHz (862 MHz par dérogation dans certaines zones) encore appelée bande IV/V (bande TV) et la bande L 1452-1492 MHz qui sert au DAB terrestre et satellite.

Le service de radiodiffusion se distingue en :

- Sonore FM, T-DAB (bandes III et L)
- TV SECAM (Bandes I, III, IV et V) et DVB-T (Bandes III, IV et V).

4.2 Service mobile terrestre

Le service mobile terrestre se trouve concentré sur 5 bandes pour les systèmes actuellement exploités auxquels il faudra ajouter les bandes de l'UMTS. On trouve donc les bandes : 30,8-40,650 MHz, 68-97,5 MHz, 150-174 MHz, 380-470 MHz, 862-960 MHz et 1710-1800 MHz avec différents couplages de bandes émission et réception (voir annexe 1).

Il est à noter que les bandes des réseaux privés sont caractérisées par un émiettement de plus d'une vingtaine de sous-bandes ce qui rend plus complexe la compatibilité sur site. A terme, la réorganisation de la bande UHF, améliorer la situation dans les années à venir.

On peut faire plusieurs classifications en fonction de la destination des réseaux du service mobile. A chaque classification correspond une ingénierie et des caractéristiques différentes. Les bandes de fréquences avec la description générale de l'utilisation, ainsi que les types des différents systèmes sont résumés dans les tableaux 1 et 2 ci-après (**Tableau 1** : *Fréquences des réseaux du service mobile (duplex, simplex et mode direct) et fréquences des appareils de faible portée* ; **Tableau 2** : *Systèmes du service mobile et de radiolocalisation*). Les installateurs en radiocommunications attacheront toute l'importance au découplage entre systèmes, notamment entre systèmes mobiles faible puissance et systèmes rayonnants de fortes puissances comme les stations de radiomessagerie ou la radiodiffusion.

4.2.1 Réseaux ouverts au public

Parmi les différents réseaux du service mobile, on peut citer notamment : GSM (900 et 1800 MHz), DECT, UMTS, RMU (ERMES, POCSAG, FLEX).

4.2.2 Réseaux professionnels à usage partagé ou à usage privé

| | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numérique | GSM-R (900) ; TETRA ; TETRAPOL, modes à ressources partagées, relayé ou direct ; divers |
| Analogique | Réseaux radioélectriques à ressources partagées (3RP) à la norme 2424 ; Relais à 2 fréquences ; relais à 1 fréquence ; mode direct (1 fréquence ou 2 fréquences), recherches de personnes et divers |

4.2.3 Réseaux gouvernementaux

| | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numérique | RMU (ERMES, POCSAG, FLEX), TETRA (aucun réseau en service), TETRAPOL, mode direct, divers |
| Analogique | Réseaux radioélectriques à ressources partagées (3 RP) à la norme 2424, Relais à 2 fréquences, relais à 1 fréquence, mode direct (1 fréquence ou 2 fréquences), RMU et divers. |

Dans certaines situations, on peut ajouter :

- Les systèmes du service mobile maritime
- Les systèmes du service mobile aéronautique.
- Les systèmes du service fixe : faisceaux hertziens point à point ou point à multipoint, boucle locale radio.

Il peut exister des systèmes d'autres services de radiocommunications (météo, radiolocalisation, notamment l'utilisation de la bande 430-434 MHz).

Les deux tableaux suivants indiquent les gammes de fréquences des principales installations susceptibles de se trouver sur un site radioélectriques et permettent d'appréhender les difficultés de couplage entre antennes ou de compatibilité entre émissions proches pour des systèmes intérieurs au site (télécommande, téléphone sans fil, etc.). Les fréquences sont données à titre indicatif. Des replanifications peuvent intervenir. Avant toute étude détaillée, il y a lieu de s'assurer que les valeurs des bandes d'émission et de réception sont toujours en vigueur. Ces deux tableaux sont à associer aux valeurs des caractéristiques des réseaux indiquées en annexe 1.

Tableau 1 : Fréquences des réseaux du service mobile (duplex, simplex et mode direct)

| Em TX (MHz) | Réc RX (MHz) | TX=RX (MHz) | Principales utilisations | Commentaires |
|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2110-2170 | 1920-1980 | 1900-1920 | UMTS – IMT 2000 | Nombreux sites communs à l'UMTS ou communs aux autres réseaux |
| 1805-1880 | 1710-1785 | | GSM 1800 | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 1452 - 1492 | | | DAB (T-DAB et S-DAB) | Émetteurs de forte puissance |
| 935-960 | 890 - 915 | | GSM | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 925-935 | 880 - 890 | | E-GSM | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 921-925 | 876-880 | | UIC en partage avec les Forces Armées | Sites généralement le long des voies ferrées |
| 470-832 (860) | | | TV | Émetteurs de forte puissance A souligner la cohabitation avec les réseaux privés |
| 460-470 | 450-460 | | Transports : bus, métros, chemins de fer, autoroutes,.. Réaffectation des fréquences en cours | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux A souligner la cohabitation avec la réception TV |
| 460-461,5 | 450-451,5 | | Forces Armées | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 447-450 | Forces Armées | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 444,5-447 | Réseaux privés, RPS 446 | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 443,5-444,5 | Forces Armées | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 441,5-443,5 | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 440-441,5 | FA | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 434-440 | Amateur Radiolocalisation (gouvernemental) | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 430-434 | Radiolocalisation (Syledis); appareil faible puissance, ISM | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| 424,5-431 | 414,5-421 | | RPN TETRA, TETRAPOL | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 420-424,5 | 410-414,5 | | Forces Armées | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 408-410 | Forces Armées | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 406,1-408 | Réseaux privés (avec protection de Nançay) | Généralement réseaux de portables |
| 391-399,9 | 381-389,9 | | Réseaux de sécurité TETRAPOL, Forces Armées | Parfois sur des sites communs avec d'autres réseaux |
| | | 223-380 | Forces Armées | |
| 223 - 174 | | | TV (partage avec service mobile) | |
| | | 169,4125-169,7875 | RMU (ERMES, FLEX) | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 173,5125-174 | 168,9125-169,400 | | Intérieur | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux, notamment FM |
| 169,8-173,4875 | 165,2000-168,8875 | | Réseaux privés 3 RP | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 164,8125-165,1875 | 160,2125-160,5875 | | Réseaux privés 3 RP | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | 163,0125-164,8 | | radioastronomie | A protéger |
| 158,4125-159,1000 | 153,8125-154,5000 | | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 159,1125-159,2000 | 154,6000-155,6000 | | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 162,6250-163 | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 162,3250-162,6125 | 157,7250-158,0125 | | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 161,4875-162,0375 | 156,8875-157,4375 | | Réseaux maritimes AP 18 | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 160,950-161,500 | Réseaux privés + maritime | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 160,6000 – 160,9625 | 156,000-156,3625 | | Réseaux privés et réseaux maritimes (Ap. 18) | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 159,2500-159,1000 | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 153,4250-153,8000 | 158,025-158,4000 | | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |

| Em TX (MHz) | Réc RX (MHz) | TX=RX (MHz) | Principales utilisations | Commentaires |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 157,4500-157,5750 | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 156,3750-156,8750 | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 154,5000-154,6500 | Réseaux privés | Réseaux sensibles |
| | | 153,1250-153,4125 | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 151,4000-152,9750 | Réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 155,6125-155,9875 | 151,0125-151,3875 | | réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 146-149,9 | Forces Armées | Réseaux sensibles |
| | | 108-144 | Aéronautique | Réseaux sensibles |
| 87,5-108 | | | FM | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 87,3-87,5 | | | RMU (Eurosignal) | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 83-87,3 | | | Intérieur | Réseaux sensibles. Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux, notamment FM |
| 80,2-82,475 - | 75,2-77,475 | | réseaux privés : EDF, administrations, taxis, etc. | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| 72,5125-73,3 | 68,4625-69,25 | | réseaux privés : EDF, administrations, taxis, etc. | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 71,95-72,175 | Intérieur | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 70,975-71,950 | réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 70,525-70,975 | réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 68,4625-69,2500 | réseaux privés | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 47 - 68 | TV, service mobile | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux |
| | | 41,5-41,3 | Téléphone sans cordons | Installations domestiques |
| | | 41,3-41 | Téléalarmes | Installations domestiques |
| 40,65 - 39,4 | 34,85-36,2 | | Routes-Autoroutes - divers | Nombreux sites communs entre eux ou communs aux autres réseaux. Réseaux ayant des antennes de grandes dimensions |
| | | 32,125-30,825 | RP télécommandes, télémesures | Réseaux de faible puissance |

(« Réseaux privés » signifie réseaux radioélectriques autorisés par l'ART au titre du L. 33-2)

Tableau 2 : Systèmes du service mobile et de radiolocalisation pouvant partager ou se trouver sur un même site radioélectrique

| | MHz | Norme | mode d'accès | Modulation | Débit brut par canal radio (kbit/s) | Débit utile par canal radio (bit/s) | Puissance nominale du mobile W | Rayon type des cellules (km) | commentaires |
|--------------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| POCSAG | 466-466,450 | UIT-R Rec 584 | Num TDM | FSK | 0,512 à 2,4 | 320 à 1500 | | 30-50 | Emission fixe de 500 W |
| ERMES | 164,4125-169,8125 | ETS 300-133 | Num | 4 FSK | 6,25 | 3500 | | 50 | Emission fixe de 500 W |
| FLEX | 164,4125-169,8125 | FLEX | | | | | | | Emission fixe de 500 W |
| RDS | 87,5-108 | EN 50067 | Sous-porteuse | MAPS FM | 1,1875 | 300 | | 50 | Emetteur FM |
| GSM 900 | 935-960/890-915 | GSM série 01 à 12 | Num FDM-TDMA | GMSK | 8 | 4600 par paquets | 1 à 10 | 0,1 à 30 | |
| GSM-E 900 | 925-935/ 880-890 | GSM série 01 à 12 | Num FDM-TDMA | GMSK | 8 | 4600 par paquets | 1 à 10 | 0,1 à 30 | |
| GSM-R | 921-925/ 876-880 | | Num FDM-TDMA | GMSK | 8 | 4600 par paquets | 1 à 10 | 0,1 à 30 | Couverture chemins de fer |
| GSM 1800 | 1805-1880/ 1710-1785 | GSM série 01 à 12 | Num FDM-TDMA | GMSK | 8 | 4600 par paquets | 1 à 10 | 0,1 à 30 | |
| DECT | 1880-1900 | ETS 300-175 | TDMA-TDD | GFSK | 1152 | 768 000 (en unidirectionnel) | 0,25 | 0,2 | Couverture piétons et intérieur |
| UMTS - IMT 2000 | 2110-2170/ 1920-1980 | | CDMA | | | | | | |
| TETRAPOL | 68-87,3 380-470 | PAS | FDMA | GMSK | 8 | 4800 | 1 à 10 | 30 à 50 | |
| TETRA | 380-470 | ETS 300-392 | TDMA | ⊗/4 QPSK | 36 | 2400/4800/7200/36000 | 1 à 20 | 20 | |
| 3 RP analog | 68-84,3 151-174 410-470 | 2424 | FDMA analog | PM | 1200 | | 1 à 15 | 30 | |
| Relais 2F | 30-40 68-87,3 410-470 | ETS 300-086 ETS 300113 | FDMA analog | PM | 1200 | | 1 à 15 | 0,5 à 30 | |
| Relais 1 F | 30-40 68-87,3 406,1-410 440-450 | ETS 300-086 ETS 300113 | FDMA analog | PM | 1200 | | 1 à 15 | 0,5 à 30 | |
| Syletrack | 430-434 | SERCEL | FDM-TDMA | 2PSK | 44,2 | 4800 | 25 | 10 | Signal large bande avec forte puissance |

4.3 Définition des couvertures

Les difficultés rencontrées sur les récepteurs fixes dans les sites communs peuvent se traduire par des pertes de couverture radioélectrique. Il est donc nécessaire de préciser les définitions des zones de couverture. Elles dépendent de la configuration des réseaux :

- Pour des réseaux recherchant le maximum de couverture par un site central, la couverture est limitée par le bruit.
- Pour des réseaux recherchant la capacité maximale, la couverture est limitée par le brouillage co-canal.

Pourcentage de couverture

L'intensité de champ varie suivant deux types de fluctuations dues :

- aux trajets multiples qui sont des fluctuations rapides (combinaison du trajet direct et des trajets réfléchis) et qui sont pris en compte dans l'évaluation de la sensibilité dynamique ;

- aux effets d'écran qui sont des fluctuations lentes (topographie du terrain, obstacles, environnement du mobile) et que l'on suppose qu'elles obéissent à une distribution log-normale.

Ici, on considère l'intensité de champ radioélectrique à sa valeur médiane hors fluctuations rapides en un point. Cette valeur délimite le périmètre de la zone de couverture. Le taux de couverture (en %) peut être évalué à partir de la connaissance de la sensibilité dynamique (c'est à dire mesurée dans les conditions de canal de propagation avec trajets multiples), du champ médian et de l'écart-type de la distribution des fluctuations lentes (et donc d'une marge pour évanouissements lents).

Limitation par le bruit

La portée de la liaison est donnée par la distance pour laquelle la probabilité d'emplacement est en-dessous d'une valeur donnée.

La probabilité d'emplacement à la distance R de l'émetteur est définie comme la probabilité que la moyenne dépasse la sensibilité dynamique du récepteur. La probabilité d'emplacement dans ce cas est fixée par une distribution log-normale. Les tableaux ci-après associés au tableau 4 donnent les résultats des calculs.

La figure 2 suivante illustre les marges prises dans les calculs.

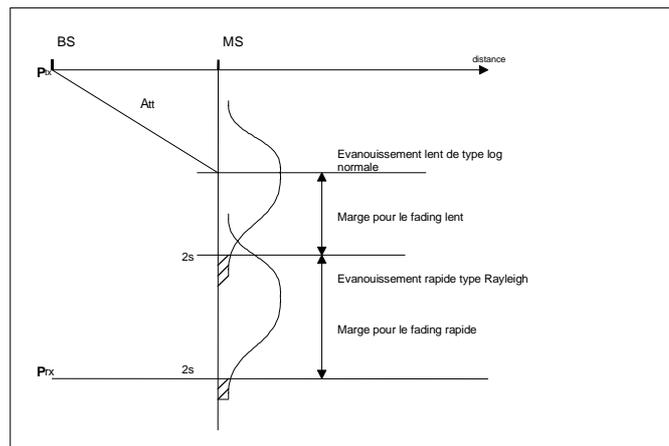


Figure 2 : schéma des marges à la réception

Limitation par le brouillage co-canal

Dans cette configuration cellulaire, le système est étudié de telle façon que la probabilité de brouillage co-canal soit supérieure à la probabilité que le rapport signal à bruit soit en dessous du seuil de réception. Cela ne peut se faire qu'en prenant en compte l'ensemble des émetteurs du réseau fonctionnant sur le même canal et, éventuellement, aux canaux adjacents.

Amélioration des zones de couverture

Les zones de couverture peuvent être améliorées par les techniques suivantes :

- Réémetteur/répéteur ou ajout de stations complémentaires
- Changement de sites
- Adaptation du diagramme d'antenne et de l'angle de site à la zone de couverture.

*

5. BROUILLAGES

5.1 Problématique

Les causes de brouillages sur les sites sont multiples et ont des causes diverses du fait du nombre important d'émetteurs fonctionnant dans diverses bandes, de leur concentration ainsi que de la qualité des installations (en particulier les antennes d'émission ou de réception, et les équipements de réception) et de l'environnement. Les cohabitants doivent tenir compte de l'ensemble de ces paramètres pour disposer continuellement d'installations respectant les règles de l'art et permettre ainsi un fonctionnement normal. Il est souligné que dans les zones de fortes concentration d'équipements, les normes techniques relatives aux équipements individuels ne sont pas suffisantes et que des contraintes supplémentaires sont à prévoir.

5.2 Brouillage

Effet sur la réception dans un système de radiocommunication, d'une énergie non désirée due à une émission, à un rayonnement ou à une induction (ou à une combinaison de ces émissions, rayonnements ou inductions), se manifestant par une dégradation de la qualité de transmission, une déformation ou une perte de l'information que l'on aurait pu extraire en l'absence de cette énergie non désirée. (Règlement des radiocommunications article S1.166).

Les causes de brouillages sont diverses. Sur les sites radioélectriques, le regroupement d'équipements radioélectriques crée des interactions qui sont autant de causes potentielles de dysfonctionnement. Ce synoptique situe plus précisément les risques de sources de problèmes et indique les points pouvant faire l'objet d'une action pour éliminer les gênes.

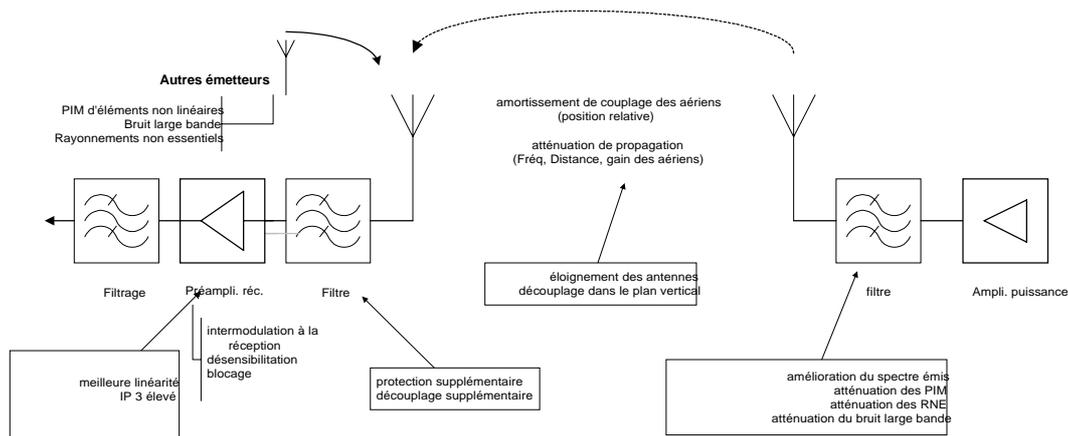


Figure 3 : interactions des systèmes radioélectriques

L'amélioration des conditions de compatibilité entre les différents éléments d'un site peut être obtenue en ajoutant des filtres supplémentaires ou en augmentant le découplage entre ces éléments.

Ainsi, l'addition d'un filtre à l'émission atténue :

- Les rayonnements non essentiels et le niveau de bruit radioélectrique large bande de l'émetteur ou des émetteurs couplés sur la même antenne.

- Les éventuels produits d'intermodulation créés au niveau de l'émission.

Au niveau du récepteur, un filtre améliore les caractéristiques radioélectriques en apportant une protection supplémentaire contre :

- Le brouillage en canal adjacent
- La désensibilisation,
- L'intermodulation dans le récepteur,
- Les réponses parasites

Le découplage supplémentaire entre antennes sera créé en plaçant les aériens dans un plan vertical ou en les éloignant en distance dans le plan horizontal.

Enfin, dans les calculs de compatibilité sur le site, il y a lieu de prendre en compte tous les émetteurs présents, y compris celles les autres stations d'émission de l'affectataire dont la réception est perturbée, ceux-ci pouvant eux-mêmes contribuer pour une partie non négligeable à la dégradation des conditions de réception.

*

6. AERIENS – FILTRES - COUPLAGES ENTRE AERIENS – INSTALLATIONS DES AERIENS

Ce chapitre a pour objet de rappeler brièvement les technologies utilisées dans les techniques de couplage des aériens. Les cohabitants se serviront des catalogues des fournisseurs pour étudier plus particulièrement leurs installations. Systématiquement les cohabitants rechercheront à utiliser ces composants pour protéger leurs installations et pour optimiser les installations d'aériens. Le gestionnaire d'un site pour optimiser l'ensemble de son site pourra exiger des cohabitants qu'ils adoptent les techniques adéquates à l'obtention de la meilleure solution.

6.1 Définition des éléments intervenant dans le « circuit d'antenne »

Ce chapitre résume les définitions des éléments les plus importants intervenant dans le circuit d'antenne d'une installation radioélectrique. On sépare les installations de radiodiffusion et du service mobile. Elles suivent des techniques différentes, les installations de radiodiffusion étant caractérisées par les fortes puissances émises.

6.1.1 Service mobile

a) Antennes pour les stations fixes du service mobile

Les catalogues des constructeurs fournissent les descriptions détaillées de différents types d'antennes parmi lesquelles les installateurs peuvent choisir le modèle le plus approprié au site radioélectrique. Il est cependant intéressant de donner ici un rapide aperçu des principaux types.

Les principaux facteurs affectant les formes diagrammes des aériens sont les suivants :

- Pour les antennes omnidirectionnelles : le gain, l'angle d'ouverture V , le couplage avec les éléments métalliques environnants (autres antennes, pylônes) .
- Pour les antennes sectorielles : le gain, les angles d'ouverture H et V , le diagramme d'antenne , les angles d'azimut et de site, le couplage avec les éléments métalliques environnants (autres antennes, pylônes).
- Pour les antennes directionnelles : le gain, l'angle ouverture, le diagramme d'antenne, les angles d'azimut et de site, le couplage avec les éléments métalliques environnants (autres antennes, pylônes).

b) Filtres- cavités –hybrides- circulateurs- isolateurs – coupleurs-terminaisons

Cavités

La cavité est un circuit résonnant permettant un grand nombre de modes de vibration au-dessus d'une fréquence minimale. Lorsque la fréquence ne correspond pas à la valeur de résonance, l'onde est absorbée, pour les fréquences propres à la cavité, celle-ci accumule l'énergie. Une cavité permet des réjection de 80 à 100 dB en dehors de la bande de fréquence d'accord avec une perte d'insertion de 0,5 à 2 dB.

Les cavités peuvent être utilisées en émission et en réception. Une installation utilisant la même antenne en émission et en réception nécessite un filtre duplexeur pour :

- Du côté du récepteur, réjecter la fréquence d'émission
- Du côté de l'émetteur réjecter les fréquences de réception.

Filtre combineur à cavité

Dans certaines installations d'émission, les fréquences sont très proches et la puissance d'émission élevée demande une isolation importante pour éviter la création d'intermodulation dans les étages de puissance des émetteurs. Par exemple, un niveau d'intermodulation de -80 dB est obtenu par une cavité en série avec deux circulateurs (voir ci-après).

Hybride- Isolateur - Circulateur

Un hybride permet de combiner deux sources de signaux pour en sortir deux autres en évitant toute non-linéarité provoquant des produits d'intermodulation. L'isolateur ou circulateur sont des composants présentant une faible atténuation d'insertion dans un sens et une forte atténuation de réjection dans l'autre.

Un coupleur hybride 90° est constitué de 3 branches $\lambda/4$ et d'une branche $3\lambda/4$.

Il est ainsi possible de coupler des émetteurs sur une même antenne avec une perte d'émission de 3 dB (coupleur 3 DB).

Les isolateurs et circulateurs sont couramment utilisés pour se prémunir des intermodulations.

Il est possible d'augmenter le découplage entre antennes en montant deux ou trois isolateurs en cascade. Il faut alors tenir compte des pertes supplémentaires.

Parfois, à la suite de non-linéarité dans le matériau ferrite, des harmoniques peuvent être créées ; alors il est nécessaire d'ajouter un filtre d'harmonique.

c) Technique de couplage des émetteurs et des récepteurs

En utilisant les équipements cités et en les combinant, on obtient les éléments permettant un couplage des émetteurs et des récepteurs à une même antenne. Il s'agit des équipements obtenus par combinaison de :

- hybride – isolateur
- cavités – isolateurs
- cavités

L'utilisation d'une ou l'autre des techniques présentent des avantages qui sont contre-balançés par un certain nombre d'inconvénient qui sont résumés dans le tableau ci-après.

| Type | avantages | Inconvénients |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Hybride-isolateur | - faible écart entre fréquences d'émission - bon isolement - extensible - faible encombrement | Pertes importantes |
| cavités – isolateurs | -faible pertes pour des écarts moyens entre émetteurs bon isolement extensible | Ecart minimum entre fréquences d'émission |
| Cavités | - isolement bon - faibles pertes - extensible | Ecart minimum entre fréquences d'émission |

En résumé, une installation avec des hybrides-circulateurs permet de très petits écarts en fréquences entre les émetteurs, mais la plage entre l'écart minimal et maximal est limitée ; alors qu'une installation à l'aide de cavités exigent une distance en fréquence plus importante mais en contre partie la plage d'écart n'est pas limitée pour des écarts importants.

Les notices des constructeurs fournissent les descriptions détaillées et les valeurs à utiliser.

d) Intérêt du couplage d'émetteurs

Dans les sites partagés entre beaucoup d'utilisateurs de même catégorie, notamment s'ils utilisent les mêmes gammes de fréquences, ceux-ci doivent rechercher les offres de couplage de ce type. En effet, le couplage entre émetteurs présente les avantages suivants :

- Evite un grand nombre d'antennes sur un site, améliorant ainsi le choix de son emplacement et donc de son rayonnement global.
- Maîtrise des découplage entre émetteurs
- Utilisation d'un seul câble coaxial qui peut être à faibles pertes.

e) Couplage de récepteurs

On peut coupler les récepteurs dans un même site en utilisant un diviseur de puissance dont le nombre de sorties est égal au nombre de récepteurs. Il sera en général nécessaire d'utiliser un amplificateur. Ces amplificateurs sont large bande², les signaux à amplifier devront être sélectionnés au préalable par un filtre présélecteur.

f) Multicoupleurs et aériens communs

L'installation d'antennes à bande passante suffisamment large, sur des sites partagés par de nombreux utilisateurs, engage la responsabilité des gestionnaires de ces sites, tenus d'accepter toutes sortes d'équipements respectant les normes en vigueur et d'en assurer la cohabitation.

Deux cas peuvent se présenter suivant la nature de l'équipement à installer ou suivant les conventions établies :

- l'équipement, par exemples du type multicanaux, possède son propre système de couplage à l'antenne,
- l'équipement est à connecter à une prise de caractéristiques connues et couplée localement à une antenne partagée avec d'autres utilisateurs.

Pour le service mobile, en règle générale, il n'est pas recommandé de connecter plus de 15 émetteurs délivrant une puissance d'environ 10 watts sur une antenne commune. Pour des puissances un peu inférieures, une limite à 20 équipements est conseillée. Pour un multicoupleur de réception, ces limites peuvent être bien supérieure, elle ne dépend que des plans de fréquences retenus pour le site.

g) Aérien commun sans multicoupleur

Les équipements possédant leurs multicoupleurs intégrés peuvent être connectés à une antenne commune sans dégradation des performances garanties par les constructeurs. Cependant, ces performances peuvent s'avérer insuffisantes pour assurer une bonne cohabitation des équipements. Dans ces cas, des précautions techniques additionnelles devront être installées.

h) Aérien commun avec multicoupleur

L'exploitant du site offre dans ce cas un ou plusieurs accès à des utilisateurs variés. Les performances radioélectriques de ces accès sont à définir avec une bonne précision de façon à permettre une bonne connaissance des paramètres d'émission et de réception. Elles concernent particulièrement :

- Les bilans de transmission (gains des antennes, pertes des câbles de liaison, pertes des coupleurs d'émission, gain sur la voie de réception, facteur de bruit et performances d'intermodulation, etc).

² A noter que les amplificateurs de réception sont caractérisés par leur facteur de bruit et le point d'intersection du 3^{ème} ordre.

- L'impédance nominale de l'accès et la largeur de bande acceptable (à $ROS < 1,5$ par exemple).

Certains réseaux peuvent souhaiter des soins particuliers sur certains paramètres comme par exemple la sensibilité de réception. Un compromis devra alors être défini pour tenir compte des limites réalistes particulières à un site.

6.1.2 Service de radiodiffusion

a) Principaux types de multiplexeurs utilisés en radiodiffusion

Destinés à coupler plusieurs émetteurs sur la même antenne, cette technique présente l'avantage de limiter le nombre d'aériens sur le même pylône, d'alléger les structures et surtout de maîtriser les découplages et de limiter les brouillages.

Les principaux type de multiplexeurs utilisés sont les suivants :

- Les multiplexeurs en pont et à cavités : la cellule élémentaire, constituée de 2 coupleurs et de 2 cavités, permet de coupler 2 programmes avec des écarts de fréquence correspondant aux performances des filtres à cavités, typiquement 0,8 et 1,2 MHz en diffusion FM. Le nombre de programmes couplés est limité par la puissance maximum admissible de la dernière cellule. Cette technique est largement utilisée pour les diffusions en modulation de fréquence de fortes puissances et en télévision, notamment pour la diffusion canaux numériques terrestres.
- Les multiplexeurs à point commun : constituer de filtres à cavités reliés à l'antenne par un point commun; l'adaptation est réalisées par des lignes coaxiales en $\lambda/4$. Cette technique permet de multiplexer au maximum 5 émetteurs de faibles puissances. L'association de multiplexeurs à point commun et en pont permet de lever cette limitation.

Les multiplexeurs à lignes de déphasage sont utilisés en télévision.

Comme pour le service mobile, il est possible de connecter un grand nombre d'émetteurs de diffusion sur une même antenne. Cette solution est à rechercher, elle permet pour un émetteur de radiodiffusion de bénéficier d'une antenne bien dégagée. Par ailleurs, sur un même site elle permet de maîtriser les couplages entre antennes des autres services de radiocommunications ; par exemple entre antennes de diffusion FM et du service mobile dans les bandes adjacentes (voir schéma ci-après).

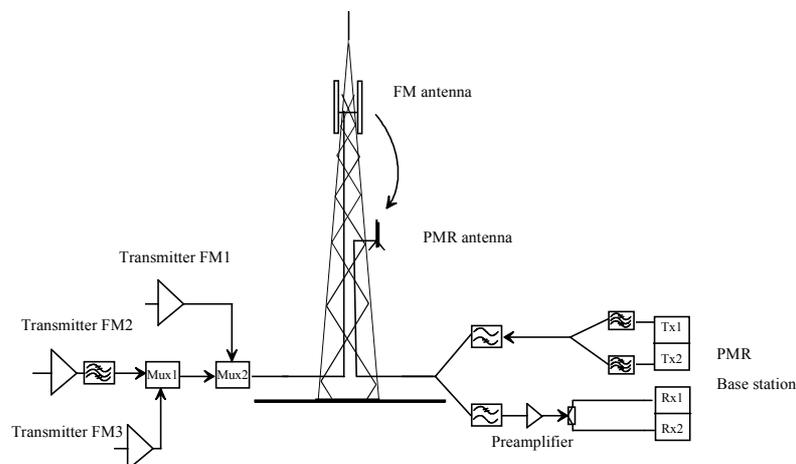


Figure 4 : schéma de découplage entre une installation de radiodiffusion et une installation de réseaux privés radioélectriques

6.2 Pylônes et installation des aériens

6.2.1 Pylône

Les constructions doivent répondre aux règles techniques en vigueur. Elles doivent notamment être conforme aux règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes (Règles N.V. 65 et annexes).

Entre toutes les pièces assemblées d'une structure, la continuité électrique doit être assurée sans risque de création de couple galvanique pour les pièces peintes par exemple, des épargnes doivent éviter les serrages en interposant des corps étrangers. Un maximum d'éléments soudés est préférable, notamment en ce qui concerne les membrures verticales qui doivent être munies de brides soudées. Le contact entre ces dernières est amélioré par interposition de graisse de contact et pour les sites comportant un grand nombre de fréquences, il faut effectuer un shuntage de ces brides par des conducteurs réalisés dans des matériaux inoxydables, soudés sur celles-ci et vissés entre eux. Dans les cas de pylônes haubanés, il est préférable d'utiliser des haubans isolants en neutralisant les surfaces de frottement et en raccordant les chapes à la masse générale. L'armature en acier des massif d'ancrage devra être assemblée par soudure et non par frettage et raccordée à la terre de la station par les conducteurs les plus courts.

Précautions à prendre pour l'installation des antennes

Lorsque le pylône supporte plusieurs antennes d'émission et de réception, on prendra les précautions suivantes :

- Eviter les couplages par les coaxiaux en groupant les coaxiaux d'émission séparés des coaxiaux de réception par une distance suffisante.
- Séparer les arrivées émission et réception dans l'armoire de relais.
- Découpler par des filtres HF, les câbles d'alimentation en courant continu et en courant alternatif.
- Attacher de l'importance au niveau des mises à la masse des équipements radioélectriques.

6.2.2 Installation des aériens

a) Position des antennes

La position de l'antenne sur l'infrastructure est importante pour obtenir un bon résultat de la couverture radioélectrique souhaitée.

Lorsque les zones de couverture radioélectrique de plusieurs réseaux sont identiques, les cohabitants rechercheront systématiquement à partager l'aérien en s'y connectant au moyen d'équipements de couplage. Une telle installation permet d'augmenter les emplacements pour des installations futures ou améliorer les installations existantes tout en donnant satisfaction aux cohabitants.

b) Couverture omnidirectionnelle

En sommet de pylône on obtient facilement une couverture omnidirectionnelle. On choisira donc une antenne omnidirectionnelle en prenant en compte le gain dans le plan vertical.

Une couverture omnidirectionnelle peut être obtenue par une combinaison d'antennes placées le long du fût du pylône ou sur les faces d'un bâtiment. Le diagramme total est obtenue par la somme des diagrammes de chaque antennes. La puissance fournie par l'émetteur est divisée sur chaque antenne à l'aide d'un répartiteur de puissance. Le gain des antennes compense les pertes de puissance dues à la répartition sur les antennes.

c) Couverture sectorisée

Dans certains cas, il n'est recherché que la couverture d'un secteur géographique dans une direction donnée. L'utilisation d'antennes directives sur une face de bâtiment ou du pylône est notamment à retenir.

Lorsque les installations comprennent des antennes sectorisées, les exploitants rechercheront systématiquement le partage des aériens lorsque la planification du réseau le permet.

Les utilisateurs d'un site radio rechercheront constamment l'optimisation du site en retenant les emplacements les plus adéquats sur le support communs. Le gestionnaire veillera à optimiser les caractéristiques de son site en faisant l'offre la plus appropriée aux co-utilisateurs du site.

d) Choix des antennes

Les antennes doivent avoir de forts découplages afin d'éviter la réjection de signaux capables de créer des produits d'intermodulation dans les équipements auxquels elles sont connectées.

Elles doivent être réalisées en matériaux comportant des traitements de surface compatibles entre-eux. Les constituants de l'antenne doivent être le plus possible monobloc. Les contacts par serrage des composants demandent, outre la compatibilité des métaux ou revêtements permettant d'éviter la création de couples galvaniques, éléments détecteurs par excellence, à être parfaitement intimes et durables.

Les caractéristiques minimales données par les constructeurs d'antennes pour le bon dimensionnement du pylône se résument à :

- la dimension de l'antenne
- le poids
- la surface de prise au vent
- la vitesse maximale du vent
- le dépointage et la torsion éventuels

e) Proximité de l'antenne à la structure support

Plus l'antenne est proche de la structure, plus elle induira du courant et de l'énergie dans celle-ci. La structure aura dans ce cas un rôle à jouer dans le rayonnement (réflecteur ou directeur suivant l'azimut. Il y a lieu de procéder à une pré-étude d'influence dès qu'une antenne ayant peu de directivité est installée à une distance de la structure métallique qui la supporte, sachant que l'énergie prise en compte par celle-ci est à moins de 20 dB d'isolement du rayonnement principal. Cette pré-étude est généralement réalisée par le fournisseur de l'antenne à qui il faut fournir les croquis détaillés de l'installation prévue. Lorsqu'il s'agit d'une antenne directive le rayonnement arrière est négligeable.

En règle générale et lorsque plusieurs équipements radioélectriques sont connectés à une antenne commune, il ne faut jamais utiliser la structure dans le rayonnement de l'antenne, c'est à dire qu'il faut lui trouver un emplacement évitant cette interaction ou l'écarter suffisamment. Tout élément réflecteur ou directeur doit faire partie intégrante de l'antenne (soudure des éléments, pas de boulons ou autres éléments pouvant s'oxyder).

On doit prendre en considération les caractéristiques de rayonnement indiquées par le constructeur dès qu'un risque d'interaction se présente (exemple distance antenne structure $\lambda < 1,5$ à 2 ($\lambda = 300/F$, avec λ exprimé en mètre et F exprimé en MHz).

f) Découplage entre antennes

Le découplage entre deux antennes est le rapport entre la puissance fournie à l'entrée de la première antenne servant à l'émission et la puissance en sortie de l'autre antenne servant à la réception. La valeur de ce rapport n'est pas identique si on renverse l'émission et la réception.

Un découplage émission/réception évite la réception gênante du bruit de l'émetteur aux fréquences de réception.

Un découplage entre antennes évite la création de produit d'intermodulation par réjection de signaux dans les équipements auxquels elles sont raccordées.

Les antennes peuvent être découplées dans le plan vertical ou dans le plan horizontal ou décalées obliquement.

Les antennes peuvent être découplées dans le plan vertical ou dans le plan horizontal ou décalées obliquement.

g) Distance entre antennes

Le calcul de découplage est fonction de la fréquence et de la distance entre antennes. On notera que la valeur de découplage entre deux antennes n'est pas symétrique.

On utilisera la formule suivante :

$$20\log(F) + 20\log(d) - 27,5 - [G1(x) - P1] - [G2(x) - P2]$$

où

- F est la fréquence en MHz
- d la distance en mètre
- G le gain dans l'angle x de l'antenne correspondante par rapport à l'antenne isotrope
- P les pertes de des câbles d'alimentation l'angle formé par l'axe de site de l'antenne et l'horizontale.

D'une manière générale :

- les pertes dans les câbles peuvent se situer entre 2 et 4 dB suivant les valeurs de fréquences
- les gains d'antennes varient entre 3 et 10 dB suivant les fréquences si les antennes se regardent et sont parallèles et entre -10 et -20 dB si les antennes sont perpendiculaires.

Plus la fréquence est basse, plus la distance d minimale à respecter est élevée. Donc, une attention particulièrement doit être apportée aux fréquences inférieures à 200 MHz.

Le graphe ci-après (Figure 5) donne un ordre de grandeur des distances de séparation verticale et horizontale.

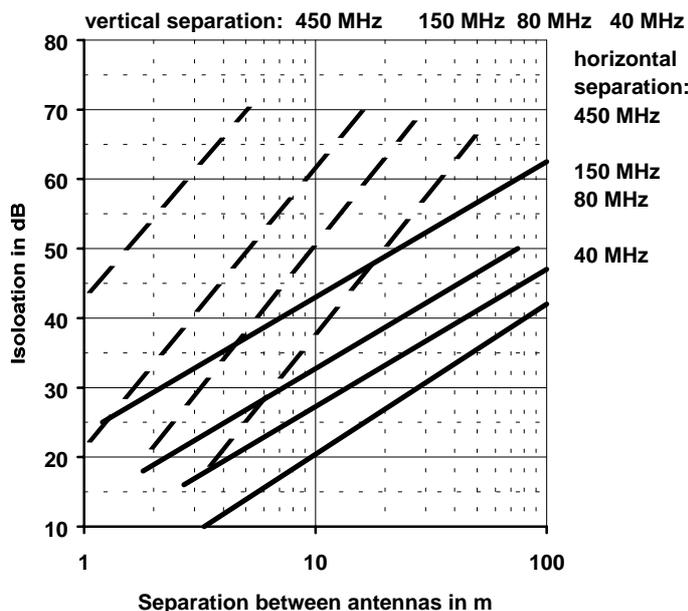


Figure 5 : *Ordre de grandeur de l'isolation entre antennes dans les plans vertical et horizontal en fonction de la distance de séparation.*

Une étude effectuée à la demande de l'ANFR³ indique que suivant différentes sources, les valeurs de découplage entre antennes varient de plusieurs dB. La figure ci-après donne les valeurs pour deux sources et en tenant compte le pylône. (**Figure 6 :** *Comparaison des valeurs de découplage suivant différentes sources et avec ou sans prise en compte du pylône*).

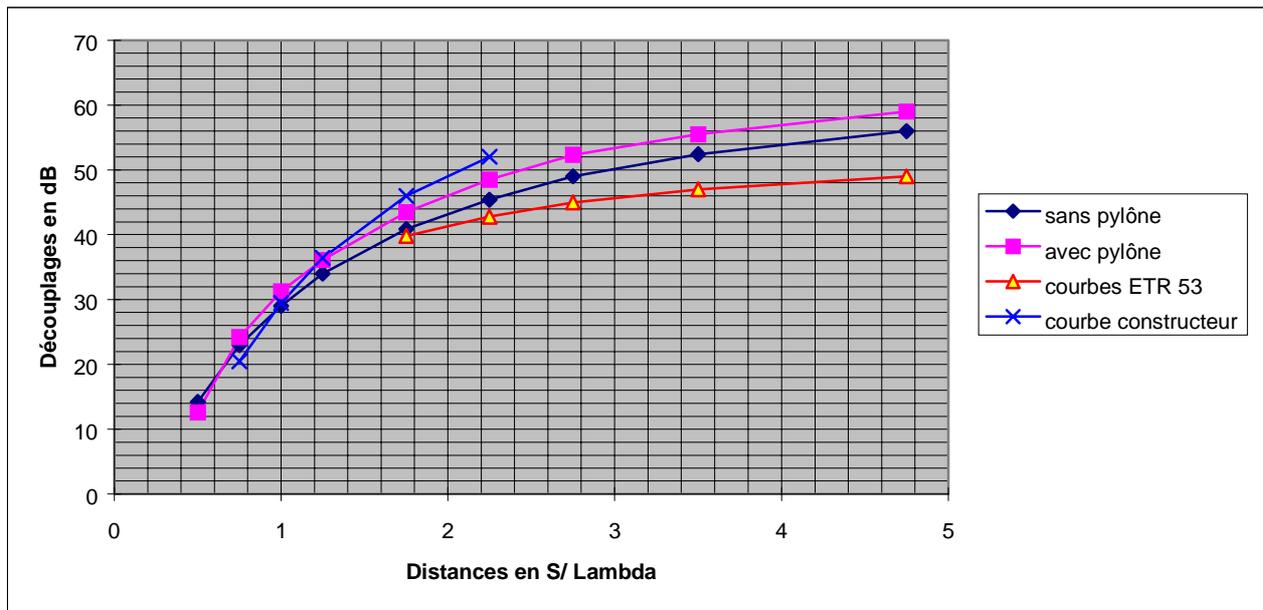


Figure 6 : *Comparaison des valeurs de découplage suivant différentes sources et avec ou sans prise en compte du pylône*

Les diagrammes ci-après donnent des valeurs de découplage entre dipôles pour des valeurs de fréquences à 40, 80, 450, 900 et 1800 MHz.

³ Travail théorique et application sur les découplages entre antennes – Etabli par J. Jeannolle – Mars 1999

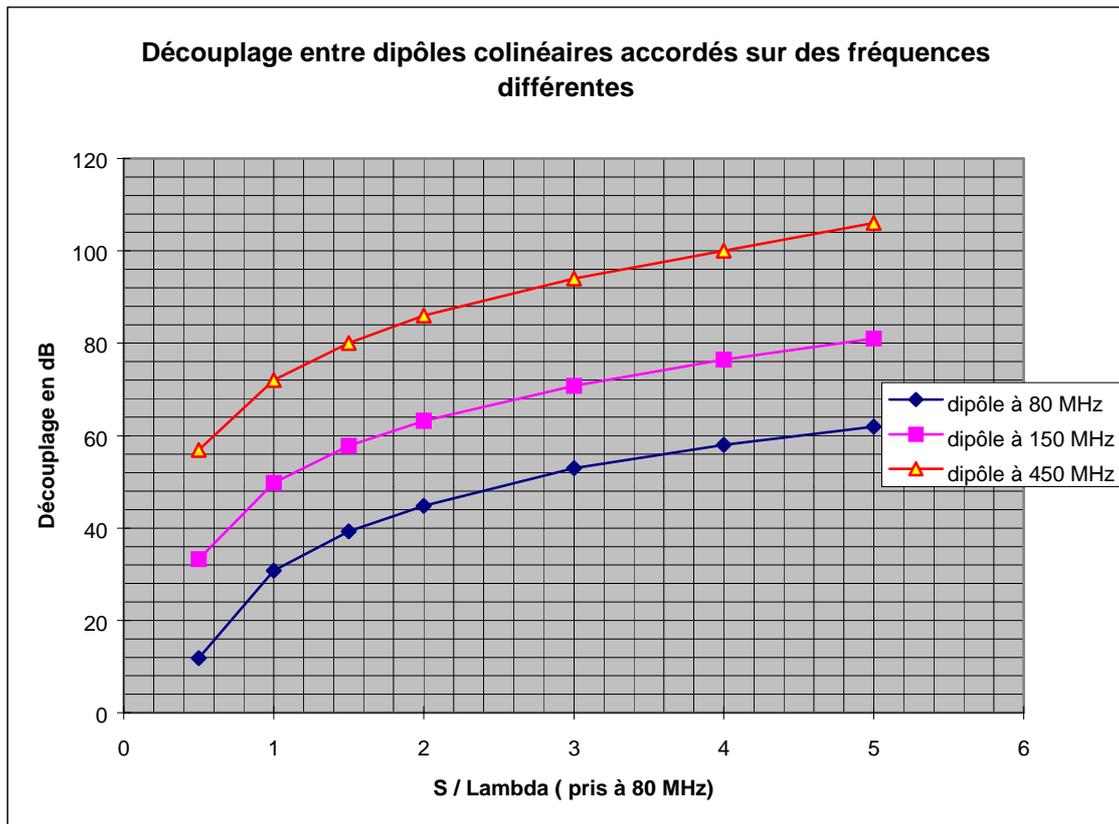


Figure 7 : Comparaison des valeurs de découplage entre dipôles accordés sur des fréquences différentes

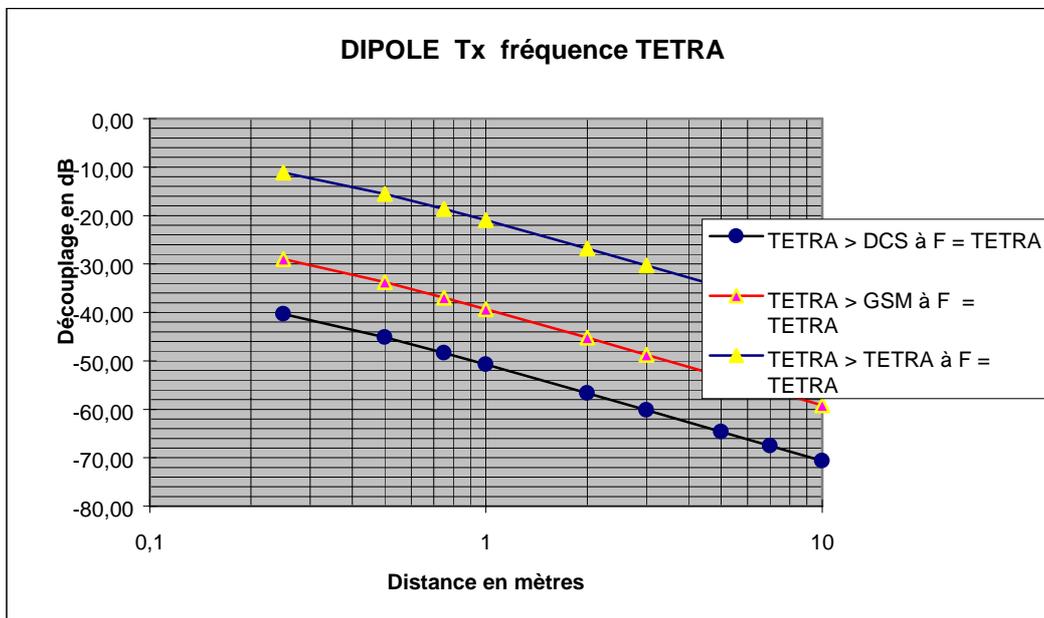


Figure 8 : Comparaison des valeurs de découplage de dipôle TETRA(400MHz) vers des dipôles GSM (900 MHz) mesurées sur la fréquence du réseau TETRA

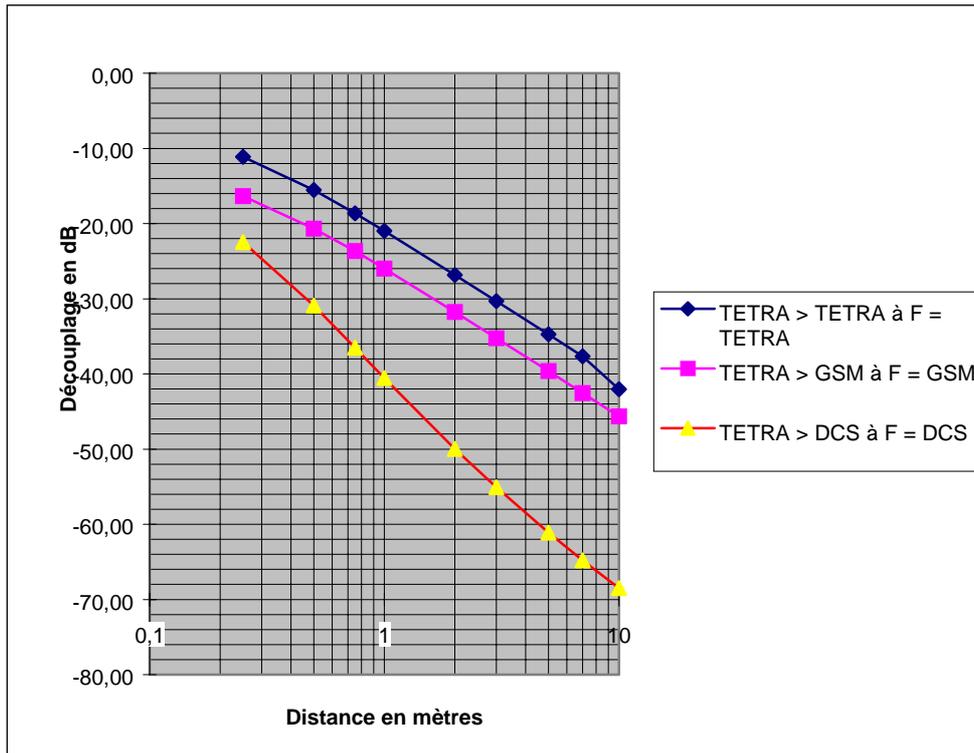


Figure 9 : Comparaison des valeurs de découplage de dipôle TETRA (400 MHz) vers des dipôles GSM (900 MHz) mesurées sur différentes fréquences

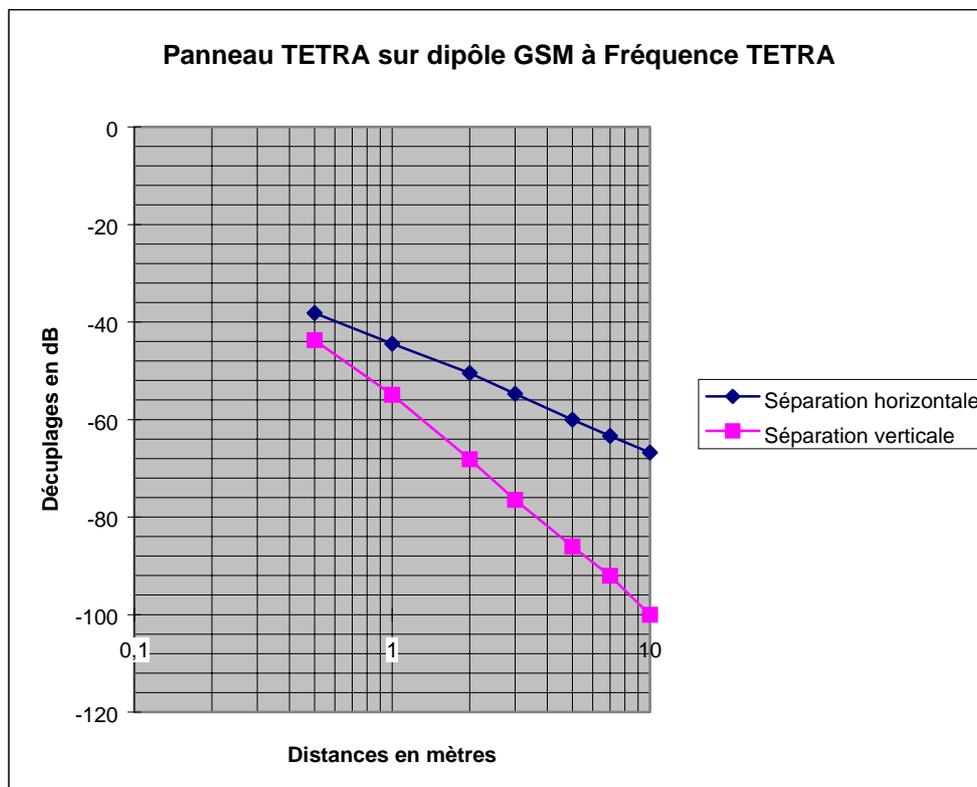


Figure 10 : Comparaison des valeurs de découplage vertical et horizontal d'un panneau TETRA(400 MHz) vers des dipôles GSM(900 MHz) mesurées sur la fréquence du réseau TETRA

h) Câbles et connecteurs

Les câblages coaxiaux mal dimensionnés ou mal réalisés sont très fréquemment cause de produits d'intermodulation. Les connecteurs doivent être de qualité et leur capacité de puissance largement dimensionnée, afin d'éviter des dilatations intempestives, sources de mauvais contact. Le nombre de connecteurs placés en cascade le long d'un câble coaxial doit être réduit au minimum. Les différents raccordements des conducteurs extérieurs des coaxiaux à la masse doivent être réalisés avec des serrages efficaces, des matériaux compatibles et mis à l'abri des intempéries par des produits adaptés.

L'installateur prendra la précaution de fixer les coaxiaux tous les mètres pour éviter les déplacements au vent des câbles.

Après installations, il sera procédé à une vérification des performances des antennes et des câbles.

On procédera ainsi aux mesures suivantes :

- mesure de ROS
- mesures de découplage entre antennes
- mesures d'affaiblissement des câbles
- Ces valeurs seront notés par le gestionnaire de l'installation.

i) Chemin de câble

Il est recommandé d'assurer la continuité électrique sur tout le parcours du chemin de câble par l'adjonction d'un câble de mise à la terre le long raccordé à la terre de la station.

j) Protection contre la foudre - Paratonnerre

Le paratonnerre doit répondre aux exigences de la norme NF 17100 de l'UTE. La descente de terre doit être réalisée en feuillard d'environ 30x2 mm, relié au bâtiment et à une plaque de cuivre située sous les fondations ou le cas échéant à une patte d'oie. La mise à la terre des coaxiaux peut se faire à l'aide de kits disposés au niveau des antennes et à l'entrée de la trémie. Ces kits sont ensuite raccordés à la terre du pylône.

h) Réseau de terre

Il est connu que le réseau de terre doit être excellent. La prise de terre aura une faible résistance (10 ohms maximum) et sera non inductive. Les raccordements équipotentiels de tout le site (maillage des différentes terre et interconnexion des équipements dans les bâtiments) permet de se prémunir contre toute source intempestive de produits non désirés.

k) Maintenance régulière

Afin de diminuer les risques de création d'éléments non-linéaires sources de produits d'intermodulation, un soin particulier sera apporté aux installations, y compris les installations métalliques dans le voisinage, comme les clôtures et portes, lors de la maintenance du site tous les 2 à 5 ans, notamment :

- changement des parties corrodées
- resserrage de la boulonnerie
- vérification des chemins de câble
- vérification de la terre
- retouches de peinture
- vérification des fixation des antennes et des câbles.

*

7. REGLES GENERALES DE PARTAGE DES SITES

7.1 Cohabitation des installations

Les opérateurs de réseaux publics, les exploitants de réseaux radioélectriques indépendants et les administrations doivent rechercher le partage des mêmes sites et des mêmes supports.

Un tel partage favorise d'une part une bonne gestion de l'environnement et d'autre part, une bonne ingénierie facilite la bonne gestion des fréquences et permet de maîtriser la compatibilité électromagnétique entre systèmes. Les utilisateurs doivent donc maîtriser les éléments de réalisation technique d'un site et donc accepter de mettre les moyens nécessaires. Par exemple, ces utilisateurs doivent pouvoir, lorsque c'est possible, partager les antennes installées sur un pylône. Il leur appartient d'établir des règles communes pour la répartition financière des coûts. De même, on doit éviter les couplages entre antennes et permettre une installation adéquate à des services voisins en fréquences.

7.2 Règles de coexistence entre différents systèmes

Afin d'assurer une bonne coexistence entre différents systèmes sur un même site, il est nécessaire d'assurer :

- Un découplage suffisant entre les aériens des différents systèmes.
- Le respect scrupuleux des normes d'immunité et de rayonnements non désirés.

Afin de limiter les problèmes de coexistence sur site aux situations les plus critiques (bandes immédiatement adjacentes, produits d'intermodulation), il est recommandé aux cohabitants de respecter les deux règles suivantes :

Les découplages entre les émissions et les réceptions des différents systèmes sur un même site doivent être supérieur à un minimum de 60 dB, et avoir pour objectif d'obtenir plus de 70 dB. Dans certaines configurations, il peut être nécessaire d'exiger 90 dB de découplage, par exemple afin que le niveau de champ fort sur des récepteurs tiers ne dépasse pas -20 dBm ou 10 V/m.

Tous les équipements présents sur le site doivent respecter les normes de référence applicables.

Concernant l'effet direct des rayonnements sur les équipements (couplage direct sans antenne), la Directive 89/336/CEE relative à la compatibilité électromagnétique dispose à son article 4 que les appareils doivent avoir un niveau adéquat d'immunité intrinsèque contre les perturbations électromagnétiques, leur permettant de fonctionner conformément à leur destination, cette disposition étant applicable dans un environnement « normal ».

Ces exigences de protection sont présumées satisfaites si les appareils sont conformes aux normes européennes harmonisées en la matière. Généralement, et pour les fréquences comprises entre 30 et 1000 MHz, cette valeur est fixée à 3 V/m pour les équipements susceptibles de fonctionner en zone résidentielle et de 10 V/m pour ceux susceptibles de fonctionner en zone industrielle.

Toutefois, cette limite ne s'applique pas dans les bandes immédiatement adjacentes à la bande de réception des récepteurs radios.

7.3 Etat radioélectrique des lieux

Pour les sites installés dans des zones de haute densité radioélectrique, chaque utilisateur doit pouvoir fournir un relevé sur toutes ses antennes des signaux reçus provenant d'émissions extérieures au site à des niveaux supérieurs à -30 dBm, avant filtrage ou couplage, de 30 MHz à 2,7 MHz. Ces signaux doivent être identifiés.

Les utilisateurs doivent connaître les isolements entre les différentes antennes installées.

Chaque installation est décrite par les puissances émises, les fréquences d'émission et de réception, la sensibilité et la listes des protections particulières.

Le gestionnaire du site radioélectrique doit établir un schéma détaillé des systèmes d'antennes et de couplage avec les indications des réglages et le relevé des paramètres importants (TOS, gabarits de filtrage, isolements, gains des amplificateurs communs, etc....).

7.3.1 Dossier des interventions sur les problèmes radioélectriques

Le gestionnaire du site doit enregistrer et connaître les interventions sur le site radioélectrique et fournir le récapitulatif de manière précise des problèmes rencontrés et les techniques adoptées pour y remédier.

Ce dossier doit aider à résoudre des difficultés qui peuvent survenir sur le site ou sur des sites voisins pour résoudre notamment les problèmes radioélectriques qui apparaissent en dépit de l'application des deux règles précitées, tels que :

- intermodulation entre émetteurs,
- brouillage en canal adjacent.

7.3.2 Dossier des extensions et projets

Le gestionnaire du site radioélectrique doit veiller à ce que les extensions des installations ne se fassent pas de manière incontrôlée. Il doit veiller à :

- l'optimisation des utilisations des antennes fournissant la même couverture radioélectrique dans une gamme de fonctionnement des réseaux concernés, en proposant si nécessaire à une installation sur une antenne ou un groupement d'antennes commun.
- la protection des installations d'émission et de réception en service. Si nécessaire, il pourra être demandé à l'utilisateur en place de renforcer ses protections pour observer une bonne compatibilité entre services. A partir des éléments techniques définissant les conditions des protections de l'émission et de réception fixés dans les relations contractuelles initiales liant le gestionnaire du site et l'utilisateur, le gestionnaire du site doit pouvoir établir des règles de partage raisonnable pour les équipements supplémentaires nécessaire à une poursuite de l'exploitation des installations en place avant toute mise en service d'une nouvelle installation.

Toute modification des conditions techniques initiales doivent être résolues entre le gestionnaire du site et son client.

*

REFERENCES UTILES

Etudes de compatibilité ERC

1. Radiocommunications systems operating in adjacent bands – DECT/DCS 1800 Compatibility – ERC Report 31
2. Frequency sharing between UMTS and existing fixed services : ERC Report 64
3. Adjacent band compatibility between UMTS and other services in the 2 GHz band : ERC Report 65
4. Adjacent band compatibility of 400 MHz TETRA and analogue FM PMR : ERC Report 104
5. Adjacent Band Compatibility of TETRA and TETRAPOL in the 380-400 MHz frequency range - An Analysis Completed using a Monte Carlo Based Simulation Tool ERC Report 103

Rapports CCE

1. Rapport de l'Agence nationale des fréquences sur la protection de la réception TV en bande III contre les gênes provoquées par les émetteurs de radiomessagerie unilatérale ERMES (Rapport du groupe de travail CCE1).
2. Rapport de l'Agence nationale des fréquences a la COMSIS sur la compatibilité entre les réseaux de radiocommunications du service mobile du ministère de l'intérieur (bande 83–87,3 MHz) et les stations d'émission de radiodiffusion FM (bande 87,5–108 MHz) autorisées par le Conseil supérieur de l'audiovisuel. (Rapport du groupe de travail CCE3)
3. Compatibilité entre la diffusion DAB (sur la fréquence 1472 MHz) et le site de radioastronomie de Nançay.

Autres documents de l'Agence Nationale des Fréquences

1. Tableau national de répartition des bandes de fréquences (annexe à l'arrêté du 25 janvier 1999 du premier ministre - Document ANFR)
2. Disposition diverses pour la gestion et l'utilisation des bandes de fréquences (documentation ANFR)
3. Procédures d'utilisation optimale des sites radioélectriques (COMSIS – Document ANFR)
4. Arrêté du 29 avril 1999 relatif aux décisions d'implantation de certaines stations radioélectriques
5. Rapport de l'Agence nationale des fréquences sur l'étude des brouillages dus aux émetteurs ERMES (1998).
6. Rapport de la CCE de l'Agence nationale des fréquences sur la compatibilité entre les réseaux de radiocommunications du service mobile du ministère de l'intérieur (bande 83-87,3 MHz) et les stations d'émission de radiodiffusion FM (bande 87,5-108 MHz) autorisées par le Conseil supérieur de l'audiovisuel (2000) (Document ANFR).

Normes de référence

| | |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EN 300 086-1 v.1.2.1 / 02-2001 | Land mobile service; Radio equipment with an internal or external RF connector intended primarily for analogue speech; |
| EN 300 113-1 03-2001 | Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of data (and speech) and having an antenna connector |
| EN 300 224-1 12-2000 | On-site paging service |
| 300 296-1 v.1.1.1 / 02-2001 | Land mobile service; Radio equipment using integral antennas intended primarily for analogue speech |
| EN 300 341-1 11-2000 | Land mobile service (RP 02); Radio equipment using an integral antenna transmitting signals to initiate a specific response in the receiver |
| EN 300 390-1: v.1.1.1 (07-2000) | Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of data (and speech) and using an integral antenna |
| EN 301 502 v.7.0.1 /07-2000 | GSM BS and repeater equipment |
| EN 301 751 v.1.2.1/ 12-2000 | Fixed radio systems; Point-to-point equipments and antennas; Generic harmonised standard for point-to-point digital fixed radio systems and antennas |
| EN 301 753 v.1.1.1 / 03-2001 | Fixed radio systems; Point-to-multipoint equipments and antennas; Generic harmonised standard for point-to-multipoint digital fixed radio systems and antennas |
| ETS 300 384/A1 02-1997 | Radio broadcasting systems; Very high frequency (VHF), frequency modulated, sound broadcasting transmitters |
| ETS 300 719-1 06-1997 | RES Private wide-area paging service; Part 1: Technical characteristics for private wide-area paging systems |

Rapports ETSI

1. ETR 132 Radio broadcasting systems; code of practice for site engineering VHF, frequency modulated sound broadcasting transmitters
2. ETR 053 Radio equipment and systems (RES); Radio site engineering for radio equipment and systems in the mobile service.

Recommandations UIT-R

1. Recommandation UIT-P IS.1009-1 – Compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz.
2. Recommandation UIT-R PI.372-6 Bruit radioélectrique
3. Recommandation UIT-R R SM.329-7 Rayonnements non essentiels (Question UIT-R 55/1)
4. Rapport 1019 Sources de rayonnement non désirés dans les emplacements du service mobile terrestre où sont implantés plusieurs stations de base.

ANNEXES

Caractéristiques des systèmes radioélectriques

Les valeurs indiquées ci-après sont des valeurs typiques données à titre indicatif. Elles sont obtenues des notices descriptives des équipements. Les valeurs de réglage sur sites sont adaptées aux déploiement des réseaux, toutefois, ces chiffres permettent d'évaluer au préalable le type d'ingénierie en fonction des réseaux rencontrés.

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| CSA | | FM | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe |
| 1 – type ou appellation du réseau | | Radio FM | |
| 2 - bande de réglage des appareils | | F min (MHz) | 87,5 |
| | | F max (MHz) | 108 |
| 3.1 Pas de canalisation | | 400 kHz | continue |
| 3.2 modulation | | Analog./num. | analogique |
| 3.3 classe ou largeur de bande occupée | | F3E | |
| 3.4 Polarisation des antennes | | Verticale | |
| 4. Mode d'alimentation du signal | | FH Sat ou LS | |
| 5. Caractéristiques radioélectriques | | | |
| 5.1 Norme de référence | | REC 641 de l'UIT-R dec 87-23 CNCL du 06/03/87 ETS 300 384 / 300 447 | Rec 412-7 de l'UIT-R EN 55013 et 55 014 du CENELEC |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 10 W à 10 kW | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | | PAR min | 10 W |
| | | PAR max | 100 kW |
| Diagramme en site | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | meilleur que - 90 dBc | |
| 5.3 Sensibilité | | champ protégéables : 48 à 74 dB(µV/m) | |
| 5.3.1 Seuil de réglage du squelch | | | |
| 5.4.1 Protection co-canal | | 22 à 51 dB | |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | 20 dB | |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | meilleur que -90 dBc | |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | 60 dB (µV/m) à 3 m sur OL | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | 125 dB(µV/m) hors canaux tabous | |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| CSA | | TV Bande 1 | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | réception |
| 1 – type ou appellation du réseau | | TV bande 1 | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | | F min (MHz) | 47 MHz |
| | | F max (MHz) | 68 MHz |
| 3.1 Pas de canalisation | | 8 MHz (sauf canal 03) | continue |
| 3.2 modulation | | Analog./num. | analogique |
| 3.3 classe ou largeur de bande occupée | | Vision C3F, son A3E | |
| 3.4 Polarisation des antennes | | V ou H | |
| 4. Mode d'alimentation du signal | | | |
| 5. Caractéristiques radioélectriques | | | |
| 5.1 Norme de référence | | REC417-4 et 655-4 de l'UIT-R | Rec 804 de l'UIT-R EN 55013 et 55 014 du CENELEC |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 100 mW à 20 kW | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | | PAR min | 100 mW |
| | | PAR max | 200 kW |
| Diagramme en site | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | meilleur que - 25 dBc | meilleur que -40 dBc |
| 5.3 Sensibilité | | | limitée par le bruit : -58 à 61 dBm champ protégéables : 48 à 74 dB(µV/m) |
| 5.3.1 Seuil de réglage du squelch | | | |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | 58 dB |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | -8 dB |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | meilleur que -60 dBc | 57 dB (µV/m) à 3 m sur OL |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | 125 dB(µV/m) hors canaux tabous |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| CSA | | TV Bande III | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | réception |
| 1 – type ou appellation du réseau | | TV bande III 174 à 223 MHz | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | | F min (MHz) | 174 MHz |
| | | F max (MHz) | 223 MHz |
| 3.1 Pas de canalisation | | 8 MHz | continue |
| 3.2 modulation | | Analog./num. | analogique |
| 3.3 classe ou largeur de bande occupée | | Vision C3F, son A3E | |
| 3.4 Polarisation des antennes | | V ou H | |
| 4. Mode d'alimentation du signal | | FH ou sat | |
| 5. Caractéristiques radioélectriques | | | |
| 5.1 Norme de référence | | REC417-4 et 655-4 de l'UIT-R | Rec 804 de l'UIT-R EN 55013 et 55 014 du CENELEC |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 100 mW à 20 kW | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | | PAR min | 100 mW |
| | | PAR max | 200 kW |
| Diagramme en site | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | meilleur que - 25 dBc | meilleur que -40 dBc |
| 5.3 Sensibilité | | limitée par le bruit : -58 à 61 dBm champ protégéables : 48 à 74 dB(µV/m) | |
| 5.3.1 Seuil de réglage du squelch | | | |
| 5.4.1 Protection co-canal | | 58 dB | |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | -8 dB | |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | meilleur que -60 dBc | 57 dB (µV/m) à 3 m sur OL |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | 125 dB(µV/m) hors canaux tabous | |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Caractéristiques | | Emission fixe | réception |
| 1 – type ou appellation du réseau | | TV bandes IV et V | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | | F min (MHz) | 470 MHz |
| | | F max (MHz) | 830 (862)MHz |
| 3.1 Pas de canalisation | | 8 MHz (sauf canal 03) | continue |
| 3.2 modulation | | Analog./num. | analogique |
| 3.3 classe ou largeur de bande occupée | | Vision C3F, son A3E | |
| 3.4 Polarisation des antennes | | V ou H | |
| 4. Mode d'alimentation du signal | | | |
| 5.Caractéristiques radioélectriques | | | |
| 5.1 Norme de référence | | REC417-4 et 655-4 de l'UIT-R | Rec 804 de l'UIT-R EN 55013 et 55 014 du CENELEC |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 100 mW à 20 kW | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | | PAR min | 100 mW |
| | | PAR max | 200 kW |
| Diagramme en site | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | meilleur que - 25 dBc | meilleur que -40 dBc |
| 5.3 Sensibilité | | | limitée par le bruit : -58 à 61 dBm champ protégéables : 48 à 74 dB(µV/m) |
| 5.3.1 Seuil de réglage du squelch | | | |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | 58 dB |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | -8 dB |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | meilleur que -60 dBc | 57 dB (µV/m) à 3 m sur OL |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | 125 dB(µV/m) hors canaux tabous |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | |

Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences

ART

Réseaux de type relais PMR à une ou deux fréquences en numérique

| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe | Emission mobile | Réception mobile |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|------------------|
| 1 – type ou appellation du réseau | | | | | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | F max | 68-83 MHz | 68-83 MHz | 68- 83 MHz | 68-83 MHz |
| | F min | | | | |
| 3.1 Pas de canalisation | | 12,5 kHz | 12,5 kHz | 12,5 kHz | 12,5 kHz |
| 3.2 modulation | Analog./num. classe | Modulation indirecte ou directe | | Modulation indirecte ou directe | |
| 4. Mode d'accès | | | | | |
| 5.Caractéristiques radioélectriques | | | | | |
| 5.1 Norme de référence | | ETS 300-113 | ETS 300-113 | ETS 300-113 | ETS 300-113 |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 1 à 20 W | | 1 à 15 W | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | PAR min | <1 W | | 1W | |
| | PAR max | 35 W | | 15 W | |
| | Diagramme en site | | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | < 70 dB | | -80 | |
| 5.3 Sensibilité | | | > 0,35 µV | | > 0,35 µV |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | 0 dB | | 0 dB |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | > 70 dB | | > 70 dB |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | | -57 | -57 | -57 |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | > 84 dB | | > 84 dB |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | > 75 dB | | > 75 dB |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | 70 dB | | > 70 dB |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | ETS 300 -279 | | ETS 300 -279 |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | | | > 9 dB µV/m |

| ART | | Réseaux de type TETRA | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe | Emission mobile | Réception mobile |
| 1 – type ou appellation du réseau | | | | | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | F max | 420-430 MHz | 410-420 MHz | 410-420 MHz | 420-430 MHz |
| | F min | | | | |
| 3.1 Pas de canalisation | | 25 kHz | 25 kHz | 25 kHz | 25 kHz |
| 3.2 modulation | Analog./num. | numérique | numérique | numérique | numérique |
| | classe | | | | |
| 4. Mode d'accès | | | | | |
| 5. Caractéristiques radioélectriques | | | | | |
| 5.1 Norme de référence | | ETS 300-392 (TETRA) | ETS 300-392 (TETRA) | ETS 300-392 (TETRA) | ETS 300-392 (TETRA) |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 1 à 20 W | | 1 à 15 W | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | PAR min | <1 W | | 1W | |
| | PAR max | 35 W | | 15 W | |
| Diagramme en site | | | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | | | | |
| 5.3 Sensibilité | | | | | |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | | | |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | | | |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | | | | |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | | | |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | | | |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | | | |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | ETS 300 -827 | | ETS 300 -827 |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | | | |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ART | | Réseaux de type TETRA | | | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe | Emission mobile | Réception mobile |
| 1 – type ou appellation du réseau | | | | | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | F max | 460-470 MHz | 450-460 MHz | 450-460 MHz | 460-470 MHz |
| | F min | | | | |
| 3.1 Pas de canalisation | | 25 kHz | 25 kHz | 25 kHz | 25 kHz |
| 3.2 modulation | Analog /num. | numérique | numérique | numérique | numérique |
| | classe | | | | |
| 4. Mode d'accès | | | | | |
| 5. Caractéristiques radioélectriques | | | | | |
| 5.1 Norme de référence | | ETS 300-392 (TETRA) | ETS 300-392 (TETRA) | ETS 300-392 (TETRA) | ETS 300-392 (TETRA) |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 1 à 20 W | | 1 à 15 W | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | PAR min | <1 W | | 1W | |
| | PAR max | 35 W | | 15 W | |
| Diagramme en site | | | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | | | | |
| 5.3 Sensibilité | | | | | |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | | | |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | | | |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | | | | |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | | | |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | | | |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | | | |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | ETS 300 -827 | | ETS 300 -827 |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | | | |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| ART | | Réseaux de type TETRAPOL | | | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe | Emission mobile | Réception mobile |
| 1 – type ou appellation du réseau | | | | | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | F max | 460-470 MHz | 450-460 MHz | 450-460 MHz | 460-470 MHz |
| | F min | | | | |
| 3.1 Pas de canalisation | | 12,5 kHz | 12,5 kHz | 12,5 kHz | 12,5 kHz |
| 3.2 modulation | Analog./num. | numérique | numérique | numérique | numérique |
| | classe | | | | |
| 4. Mode d'accès | | | | | |
| 5. Caractéristiques radioélectriques | | | | | |
| 5.1 Norme de référence | | PAS TETRAPOL | PAS TETRAPOL | PAS TETRAPOL | PAS TETRAPOL |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 1 à 20 W | | 1 à 15 W | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | PAR min | <1 W | | 1W | |
| | PAR max | 35 W | | 15 W | |
| Diagramme en site | | | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | | | | |
| 5.3 Sensibilité | | | | | |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | | | |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | | | |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | | | | |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | | | |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | | | |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | | | |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | | | |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | | | |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| ART | | Réseau de type GSM 1800 | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe |
| 1 – type ou appellation du réseau | | GSM 1800 | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | F max | 1880 | 1785 |
| | F min | 1805 | 1710 |
| 3.1 Pas de canalisation | | 200 kHz | 200 kHz |
| 3.2 modulation | Analog./num. | Num. GMSK | Num GMSK |
| | classe | | |
| 4. Mode d'accès | | TDMA | TDMA |
| 5.Caractéristiques radioélectriques | | | |
| 5.1 Norme de référence | | GSM 11.20 DCS | GSM 11.20 DCS |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 43,8 dBm | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | PAR min | 40 dB | |
| | PAR max | 58 dB | |
| Diagramme en site | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | Max -30 dBc | |
| 5.3 Sensibilité | | | -110 dBm |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | +9 dB |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | - 9 dB |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | -36 dBm [9kHz; 1 GHz] et -30 dBm [1GHz; 12,75 GHz] | |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | -50dBc à +/- 400 kHz; '658 dBc à +/- 600 kHz; - 66 dBc à +/- 1200 kHz | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | -35 dBc à f0 +/- 600 kHz -25 dBm à f0 +/- 800 kHz |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | |
| 5.7 Intermodulation | | -30 dBm | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | -70 dBc | > 75 dB |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | 70 dB |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ART | | Réseaux de type 3 RP (norme 2424) | | | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe | Emission mobile | Réception mobile |
| 1 – type ou appellation du réseau | | | | | |
| 2 - bande de fréquences de réglage des appareils | F max | 150-174 MHz | 150-174 MHz | 150-174 MHz | 150-174 MHz |
| | F min | | | | |
| 3.1 Pas de canalisation | | 12,5 kHz | 12,5 kHz | 12,5 kHz | 12,5 kHz |
| 3.2 modulation | Analog./num. classe | Modulation indirecte | | Modulation indirecte | |
| 4. Mode d'accès | | | | | |
| 5. Caractéristiques radioélectriques | | | | | |
| 5.1 Norme de référence | | ETS 300-086 et 300-113 | ETS 300-086 et 300-113 | ETS 300-086 et 300-113 | ETS 300-086 et 300-113 |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 1 à 20 W | | 1 à 15 W | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | PAR min | <1 W | | 1W | |
| | PAR max | 35 W | | 15 W | |
| Diagramme en site | | | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | < 70 dB | | -80 | |
| 5.3 Sensibilité | | | > 0,35 µV | | > 0,35 µV |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | 0 dB | | 0 dB |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | > 70 dB | | > 70 dB |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | | -57 | | -57 |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | > 84 dB | | > 84 dB |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | > 75 dB | | > 75 dB |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | 70 dB | | > 70 dB |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | ETS 300 -279 | | ETS 300 -279 |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (50% temps 50% emplacements) | | | | | > 9 dB µV/m |

| Caractéristiques radioélectriques à prendre en considération en complément de la fiche d'assignation des fréquences | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Ministère de l'Intérieur (bande 83-87,3 MHz) | | | | | |
| Caractéristiques | | Emission fixe | Réception fixe | Emission mobile | Réception mobile |
| 1 – type ou appellation du réseau | | RU, GD, Tactique, ops, Cdt, FTA, SSU | RU, GD, Tactique, ops, Cdt, FTA, SSU | RU, GD, Tactique, ops, Cdt, FTA, SSU | RU, GD, Tactique, ops, Cdt, FTA, SSU |
| 2 - bande de réglage des appareils | | | | | |
| | :F max | 83 MHz | 83 MHz | 83 MHz | 83 MHz |
| | :F min | 87,3 MHz | 87,3 MHz | 87,3 MHz | 87,3 MHz |
| 3.1 Pas de canalisation | | 25 kHz ou 12,5 kHz | 25 kHz ou 12,5 kHz | 25 kHz ou 12,5 kHz | 25 kHz ou 12,5 kHz |
| 3.2 modulation | | :Analog./num. Modulation de Phase | Modulation de Phase | Modulation de Phase | Modulation de Phase |
| | :classe | G3E | G3E | G3E | G3E |
| 4. Mode d'accès | | | | | |
| 5.Caractéristiques radioélectriques | | | | | |
| 5.1 Norme de référence | | ETS 300-086 | ETS 300-086 | ETS 300-086 | ETS 300-086 |
| 5.2.1 Puissance nominale de sortie émetteur typique | | 50 W pour la Police / 15 W pour les SDIS | | 20 W pour la Police / 10 W pour les SDIS | |
| 5.2.2 Puissance apparente rayonnée | | :PAR min 35 W pour la police / 1 W pour les SDIS | | 5 W | |
| | :PAR max | 45 W pour la police / 15 W pour les SDIS | | 15 W | |
| | Diagramme en site | | | | |
| 5.2.3 Puissance dans le canal adjacent | | < 70 dB | | | -80 |
| 5.3 Sensibilité | | | 0,35 µV | | 0,35 µV |
| 5.4.1 Protection co-canal | | | 0 dB | | 0 dB |
| 5.4.2 Protection canal adjacent | | | > 70 dB | | > 70 dB |
| 5.5.1 Rayonnements non essentiels | | | -57 | -57 | -57 |
| 5.5.2 Rayonnements non essentiels en mode émission | | | | | |
| 5.6 Blocage ou désensibilisation du récepteur | | | > 84 dB | | > 84 dB |
| 5.6.1 avec signal brouilleur sinusoïdal pur | | | | | |
| 5.6.2 avec signal brouilleur modulé | | | | | |
| 5.7 Intermodulation | | | | | |
| 5.7.1 Atténuation d'intermodulation | | | > 75 dB | | > 75 dB |
| 5.7.2 Protection contre l'intermodulation des récepteurs | | | 70 dB | | > 70 dB |
| Immunité externe aux champs forts en dehors de la bande (canal) utile | | | | | |
| Champ utile de fonctionnement à l'intérieur de la zone de service (90% temps 90% emplacements) | | | | | 9 dB µV/m |

