



**LIGNES DIRECTRICES NATIONALES SUR LA PRESENTATION
DES RESULTATS DE SIMULATION DE L'EXPOSITION AUX ONDES
EMISES PAR LES INSTALLATIONS RADIOELECTRIQUES**

Version 1.0

Décembre 2015

SOMMAIRE

1. Préambule.....	4
2. Le cadre réglementaire	5
3. Les lignes directrices nationales	5
a) <i>Les données techniques des stations radioélectriques</i>	<i>6</i>
b) <i>Les critères techniques pour la simulation</i>	<i>6</i>
i. La zone d'étude	6
ii. Le calcul	7
c) <i>La présentation des résultats de simulation.....</i>	<i>8</i>
i. Plan de situation.....	8
ii. Résultats de la simulation de l'exposition.....	8

1. Préambule

L'Agence nationale des fréquences (ANFR) est un établissement public de l'État à caractère administratif placé auprès du ministère chargé des communications électroniques. Créée le 1^{er} janvier 1997 par la loi du 26 juillet 1996 de réglementation des télécommunications, ses missions sont définies dans le Code des postes et des communications électroniques (CPCE).

L'ANFR assure trois missions principales : la planification du spectre au niveau international et national, l'autorisation et la gestion des stations radioélectriques (comme les antennes relais de téléphonie mobile, les radars, les émetteurs de radiodiffusion FM et télévision) et le contrôle de la bonne utilisation du spectre. Le contrôle du spectre permet notamment de garantir aux installations autorisées la disponibilité effective des fréquences qui leur sont attribuées.

Dans le domaine de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques, plusieurs missions ont été confiées à l'ANFR :

- veiller au respect des valeurs limites réglementaires d'exposition du public¹ ;
- tenir à jour le protocole de mesures dont les références sont publiées par arrêté ministériel² ;
- gérer le dispositif national de mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques³ ;
- contrôler la conformité des terminaux radioélectriques mis sur le marché⁴.

La loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques a confié à l'Agence de nouvelles missions, en particulier :

- recenser les points dits « atypiques » et déterminer les critères permettant leur identification ;
- piloter un comité national de dialogue relatif aux niveaux d'exposition du public ;
- mettre à disposition des communes de France une carte des antennes relais sur leur territoire.

En outre, l'article 2 de la loi susmentionnée prévoit que « *Dans un délai de six mois à compter de la promulgation de la présente loi, l'Agence nationale des fréquences publie des lignes directrices nationales, en vue d'harmoniser la présentation des résultats issus des simulations de l'exposition générée par l'implantation d'une installation radioélectrique.* ». Le présent document a pour objectif de répondre à cette obligation.

L'objectif d'une simulation est de donner, à titre d'information, une estimation sous forme cartographique des niveaux de champs électromagnétiques qu'une nouvelle installation radioélectrique est susceptible de générer compte tenu des paramètres d'émission envisagés par l'exploitant et de l'environnement dans lequel elle s'insère.

¹ Articles L. 34-9-1 et L. 43 du CPCE

² Arrêté du 23 octobre 2015 modifiant l'arrêté du 3 novembre 2003 relatif au protocole de mesure in situ visant à vérifier pour les stations émettrices fixes le respect des limitations, en termes de niveaux de référence, de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévu par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002

³ Alinéa 17 de l'article R. 20-44-11 du CPCE, décret n° 2013-1162 et arrêté du 14 décembre 2013

⁴ Alinéa 12 de l'article R. 20-44-11

Une simulation ne peut pas remplacer la mesure du niveau réel d'exposition une fois l'installation en service. Seule une mesure réalisée conformément au protocole de mesure *in situ* ANFR/DR15 en vigueur par un laboratoire accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC) permet de déterminer le niveau d'exposition réel et de vérifier le respect des valeurs limites d'exposition. Une mesure peut toujours être demandée lors de l'implantation d'une installation radioélectrique.

2. Le cadre réglementaire

La loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques prévoit que le dossier d'information remis par l'exploitant, d'une ou plusieurs installations radioélectriques soumises à accord ou à avis de l'Agence nationale des fréquences, comprend, à la demande du maire, **une simulation de l'exposition aux champs électromagnétiques générée par l'installation.**

Conformément à l'arrêté du 17 décembre 2007 pris en application de l'article R. 20-44-11 du CPCE et relatif aux conditions d'implantation de certaines installations et stations radioélectriques, les présentes lignes directrices concernent les stations radioélectriques ayant une PIRE⁵ supérieure à 5 W, pour toute direction d'élévation inférieure à 5 degrés par rapport à l'horizontal, qui font l'objet d'un accord ou d'un avis de l'ANFR. Les points d'accès wifi grand public et les stations déployées à l'intérieur des bâtiments ne sont pas concernés. Les faisceaux hertziens sont exclus du champ du présent document dans la mesure où il s'agit d'un dispositif très directif qui expose très peu en dehors de l'axe d'émission.

Les exploitants en charge du déploiement des réseaux radioélectriques utilisent différents outils de simulation pour réaliser des études spécifiques (couverture, qualité de service, paramétrage SFN⁶, brouillage aux frontières...). Les logiciels utilisés sont soit développés par des éditeurs soit développés en interne selon les besoins. La diversité des logiciels utilisés implique autant de représentations possibles de l'exposition. L'analyse de ces dossiers devient alors une tâche compliquée et ne crée pas les conditions d'une bonne information des élus et du public.

Afin de faciliter l'analyse des dossiers, l'Agence est chargée de rédiger des lignes directrices nationales en vue d'harmoniser la présentation des résultats de simulation sous la forme d'un rapport qui a vocation à compléter, le cas échéant, le dossier d'information remis par l'exploitant à la mairie.

3. Les lignes directrices nationales

Les présentes lignes directrices nationales définissent les données à intégrer au calcul, explicitent les critères techniques utilisés pour la simulation et harmonisent la présentation des résultats. Ces lignes directrices ont vocation à être appliquées par l'ensemble des exploitants d'installations radioélectriques soumises à accord ou avis de l'ANFR. Elles s'adressent aux exploitants qui doivent transmettre ce rapport au maire ou au président de l'intercommunalité, sur demande.

⁵ La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) est la puissance qu'il faudrait appliquer à une antenne isotrope (c'est-à-dire théoriquement omnidirectionnelle) pour obtenir le même champ que celui obtenu dans la direction principale à la même distance. Elle se calcule par la formule $PIRE = P_e \cdot G_{max}$. G_{max} est le gain dans la direction principale de l'antenne, P_e est la puissance d'émission au connecteur de l'antenne.

⁶ SFN : *Single Frequency Network*, technologie utilisée notamment dans la planification des réseaux TNT afin d'optimiser l'utilisation des fréquences

Ces lignes directrices s'articulent autour de plusieurs éléments :

- les données techniques des stations radioélectriques à intégrer au calcul ;
- les critères techniques retenus pour la simulation ;
- la présentation des résultats de simulation de l'exposition ;
- la trame du rapport de simulation remis par l'exploitant.

a) Les données techniques des stations radioélectriques

L'analyse de l'exposition nécessite de connaître à minima les caractéristiques suivantes :

1. Les coordonnées géographiques et le système cartographique de référence.
2. La puissance maximale en entrée des antennes pour chaque technologie. Cette caractéristique est déterminante dans la mesure où l'exposition est directement liée à la puissance d'émission.
3. L'azimut (en degré) et le tilt (en degré). Selon l'orientation dans le plan horizontal (azimut) ou vertical (tilt), l'exposition est très différente, notamment dans le cas de la téléphonie mobile qui utilise des antennes directives dont l'ouverture angulaire dans le plan vertical est étroite.
4. Les fréquences ou bandes de fréquence dont dépendent les valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques émis par les installations radioélectriques.⁷
5. La hauteur par rapport au sol au milieu de chaque antenne.
6. L'altitude au milieu de chaque antenne.
7. La hauteur du support.

b) Les critères techniques pour la simulation

Le logiciel, les sources (modèle numérique de terrain, bâti...) et leur date de dernière mise à jour ainsi que tous les éléments permettant d'apprécier la qualité de l'outil utilisé sont indiqués en annexe du rapport de simulation ou dans un document, disponible sur un site Internet, dont l'adresse complète figure dans le rapport. L'exploitant doit en outre indiquer la précision des données d'entrée utilisées dans le calcul.

i. La zone d'étude

La zone géographique représentée est centrée sur les installations radioélectriques de l'exploitant en incluant la représentation géographique à 100 m des antennes en zone urbaine et 200 m en zone rurale⁸.

⁷ Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques

⁸ La définition de l'environnement d'une commune est issue de la nomenclature INSEE, cette liste est disponible sur le site internet : http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/unites_urbaines.htm

ii. Le calcul

Pour un site donné, toutes les technologies diffusées par l'installation radioélectrique de l'exploitant concerné, sauf les faisceaux hertziens, doivent être intégrées à la simulation. Le champ total⁹ doit être représenté.

Le principe de la simulation consiste à se rapprocher des conditions de la mesure à la sonde large bande. Cette méthode permet d'avoir une bonne indication de l'exposition réelle aux ondes émises par une installation.

Les émissions radioélectriques type radiodiffusion (télévision, radio FM) sont réalisées à puissance constante, contrairement au service de téléphonie mobile pour lequel les puissances émises varient en fonction du trafic sur le réseau. Par conséquent, pour le service de téléphonie mobile, il convient de déterminer un facteur de réduction permettant de respecter les conditions décrites précédemment. Une analyse des mesures réalisées en 2014 entre la valeur cumulée extrapolée et la mesure large bande, quand la téléphonie mobile domine, a permis de déterminer le facteur médian. Ce facteur pourra être mis à jour par l'ANFR si nécessaire. La valeur retenue est de 1,6.

Afin de s'affranchir des erreurs possibles sur le bâti et des risques de minoration de l'exposition, les niveaux de champ sont calculés en espace libre¹⁰ (pas de diffraction ni de réflexion) à différentes hauteurs et derrière un simple vitrage en intérieur (atténuation forfaitaire¹¹ de 20 %¹² sur le niveau de champ), en intégrant au calcul toutes les technologies diffusées à puissance maximale depuis les installations radioélectriques considérées.

La résolution du modèle numérique de terrain varie selon les zones géographiques. Les simulations doivent être réalisées avec la meilleure résolution disponible, typiquement 5 m dans les unités urbaines de plus de 100 000 habitants, entre 5 m et 25 m ailleurs. Afin de faciliter la lecture des résultats, l'exploitant peut réaliser les calculs à un pas plus fin que celui du modèle numérique de terrain.

Les simulations doivent être effectuées en champ lointain.

La formule utilisée en espace libre est la suivante :

$$E = \sqrt{30 * Pe * G} / d$$

où :

- E désigne le champ électrique en V/m ;
- Pe, la puissance maximale en entrée d'antenne en W ;
- G, le gain de l'antenne en direction du point d'évaluation ;
- d, la distance en m.

⁹ Il s'agit d'effectuer en chaque point de calcul une sommation quadratique (racine carrée de la somme des carrés) des niveaux de champs simulés pour chaque fréquence émise.

¹⁰ Il est possible de prendre en compte l'effet masquant d'un bâtiment.

¹¹ Il est possible d'utiliser un facteur d'atténuation plus représentatif de la réalité notamment en cas de mur aveugle ou de champ rasant.

¹² Source : rapport COPIC 31 juillet 2013, p. 34

c) La présentation des résultats de simulation

i. Plan de situation

Afin de localiser précisément la station radioélectrique en projet, il est recommandé d'utiliser un fond de carte de type aérien (visibilité du bâti) avec l'indication du nom des voies principales.

La zone géographique représentée est centrée sur les installations radioélectriques de l'exploitant en incluant la représentation géographique à 100 m des antennes en zone urbaine à l'échelle 1/500 et 200 m en zone rurale à l'échelle 1/1000.








Le rayonnement des antennes, notamment en téléphonie mobile, est dans la plupart des cas directif, c'est-à-dire qu'il privilégie des axes de rayonnement dans le plan horizontal et vertical. Cette particularité a un impact très important sur la couverture de ces antennes et donc sur l'exposition. Afin de faciliter la compréhension du dossier, les antennes et leurs azimuts pour les antennes directives doivent être précisément localisés sur une carte. Pour chaque azimut, la fourniture d'une photo prise depuis l'emplacement projeté de l'antenne dans l'axe de rayonnement principal peut faciliter l'analyse de la zone exposée.

Une estimation de l'exposition dans les établissements particuliers (établissements scolaires, crèches, établissements de soin) à moins de 100 m de l'installation doit être jointe à ce dossier. Ces établissements sont localisés par un pictogramme blanc avec mention du nom et du type d'établissement (crèche, école élémentaire, hôpital...).

Les plans de masse et d'élévation peuvent être ajoutés au dossier, si l'exploitant l'estime utile.

ii. Résultats de la simulation de l'exposition

Le code couleur suivant est appliqué pour toutes les représentations :

Niveau	Couleur	Code couleur		
		Rouge	Vert	Bleu
Strictement supérieur à 6 V/m :		132	88	44
Entre 5 et 6 V/m :		255	153	255
Entre 4 et 5 V/m :		255	192	0
Entre 3 et 4 V/m :		255	255	0
Entre 2 et 3 V/m :		60	208	64
Entre 1 et 2 V/m :		51	153	255
Entre 0 et 1 V/m :		0	0	255

Une représentation de l'exposition simulée à 1,5 m du sol à l'intérieur doit être réalisée.

En outre, l'exploitant détermine la hauteur correspondant au niveau maximal d'exposition simulé à l'intérieur du bâtiment le plus exposé, pour chaque antenne. Une représentation de l'exposition simulée en intérieur doit être réalisée à cette hauteur, pour chaque antenne.

Ainsi, à titre d'exemple, quatre cartes devront être fournies pour une station tri-sectorielle.

Si l'exploitant dispose, dans son modèle de simulation, des emprises et de la hauteur des bâtiments, la représentation devra en tenir compte afin de faciliter la lecture des résultats.

Les établissements particuliers, à moins de 100 m du projet d'antenne, sont identifiés sur la carte à 1,5 m du sol, avec le nom et le type de chaque établissement.

L'exploitant peut joindre à la simulation tous les éléments qu'il juge pertinent pour faciliter la compréhension de son dossier.