

Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques

Analyse des résultats de mesures
d'exposition du public aux ondes
radiofréquences des compteurs Linky
réalisées en 2021 dans le cadre du
dispositif national de surveillance.

Septembre 2022

Synthèse

Cette étude porte sur les mesures réalisées en 2021 dans le cadre du dispositif national de surveillance de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques dans la bande 9 kHz – 100 kHz. Ouvert aux particuliers et aux collectivités locales, ce dispositif permet de faire mesurer gratuitement l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans les locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public.

321 lieux ont fait l'objet de mesures dans la bande 9 kHz – 100 kHz en 2021. A l'exception d'une mesure qui a concerné un concentrateur ENEDIS, toutes les mesures ont concerné un compteur Linky et ont eu principalement lieu en intérieur et en milieu urbain.

La conformité du niveau d'exposition aux champs électromagnétiques dans la bande 9 kHz – 100 kHz vis-à-vis du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 a été constatée sur tous les sites ayant fait l'objet d'une mesure.

Pour près des deux tiers des mesures (70%), aucun rayonnement CPL Linky n'a été détecté malgré un temps de mesure moyen d'une heure. Cela s'explique par l'intervalle d'interrogation des compteurs qui varie notamment selon le nombre de compteurs raccordés sur la même boucle de distribution.

Dans la bande de fréquence du CPL des compteurs Linky, c'est-à-dire 35 kHz – 91 kHz, des niveaux de champ crête maximaux de 4,6 V/m et 0,29 μ T ont été mesurés, soit des valeurs environ 20 fois inférieures aux valeurs limites réglementaires de 87 V/m et 6,25 μ T.

Executive summary

This study addresses measurements carried out in 2020 as part of the French national control scheme of public exposure to electromagnetic fields in the 9 kHz - 100 kHz band. Open to citizens and local authorities, this process allows assessing exposure to electromagnetic fields at home or in areas accessible to the public, free of charge.

321 locations were measured in the 9 kHz - 100 kHz band in 2021. Except 1 measurement that concerned gateway, the measurements all concerned Linky meters and took place mainly in indoor environment and in urban areas.

The compliance of the level of exposure to electromagnetic fields in the band 9 kHz - 100 kHz with the decree n° 2002-775 of May 3rd, 2002 was declared on all the sites subject to measurement.

In 70% of cases, no Linky PLC transmission was detected despite an average measurement time of one hour in these cases. This is due to the interval of interrogation of the meters which appears very variable depending on the size of the cluster.

In the Linky meter PLC frequency band, i.e. 35 kHz - 91 kHz, maximum peak field levels of 4.6 V/m and 0.29 μ T have been measured, at least 20 times below the regulatory limit values of 87 V/m and 6.25 μ T.

Sommaire

1.	INTRODUCTION	5
2.	LA CHAÎNE COMMUNICANTE LINKY.....	7
2.1.	Description générale	7
2.2.	La mesure des champs électromagnétiques créés par les compteurs Linky	8
3.	BILAN DES MESURES	9
3.1.	Typologie des demandes.....	9
3.2.	Analyse des résultats globaux dans la bande 9 kHz - 100 kHz.....	11
3.3.	Analyse des résultats détaillés dans la bande du compteur Linky	12
	ANNEXE 1 : LE PROTOCOLE DE MESURE.....	14
	ANNEXE 2 : LE DISPOSITIF NATIONAL DE SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION DU PUBLIC AUX ONDES RADIOELECTRIQUES	15

1. Introduction

Le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 fixe les valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques. Il transpose la recommandation européenne 1999/519/CE du Conseil du 12 juillet 1999. Ces valeurs limites sont comprises entre 28 V/m et 87 V/m selon les fréquences (cf. Figure 1).

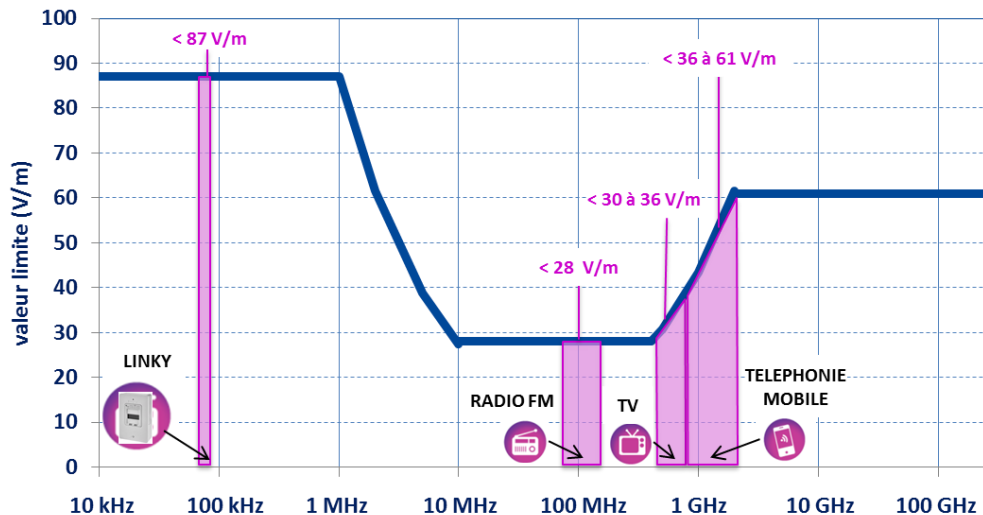


Figure 1: valeurs limites réglementaires fixées en France par le décret du 3 mai 2002 n° 2002-775

Dans le cadre de ses missions, l'Agence nationale des fréquences (ANFR) veille au respect de ces valeurs limites. Pour cela, elle élabore un protocole de mesure de l'exposition et l'actualise en fonction des évolutions technologiques.

Dans le cadre du déploiement des compteurs Linky, l'ANFR a mené dès 2016 une étude pour mesurer l'exposition aux ondes de ces compteurs en laboratoire et chez des particuliers. Trois rapports ont été publiés dans ce cadre¹.

Avec le développement des objets connectés et le déploiement des compteurs communicants, le protocole a été actualisé en septembre 2017 (0), en particulier pour mieux caractériser les niveaux de champs créés par certains objets du quotidien et pour permettre l'évaluation des niveaux d'exposition dans la bande 9 kHz – 100 kHz.

La vérification de la conformité des niveaux d'exposition vis-à-vis de ces valeurs limites réglementaires est confiée à des laboratoires de mesure accrédités par le Comité français d'accréditation (COFRAC) qui doivent respecter le protocole de mesure de l'ANFR ainsi que des critères d'indépendance.

L'ANFR est destinataire de l'ensemble des rapports de mesure réalisés selon ce protocole et les met à disposition du public sur le site cartoradio.fr.

Le dispositif national de surveillance de l'exposition aux ondes électromagnétiques géré par l'ANFR et effectif depuis le 1^{er} janvier 2014 est détaillé en 0 de ce rapport. Ce dispositif permet à toute personne physique ou morale de faire mesurer l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans les

¹ <https://www.anfr.fr/contrôle-des-fréquences/exposition-du-public-aux-ondes/compteurs-communicants/mesures-linky/>

locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public (parcs, commerces...). Cette démarche est gratuite.

En juin 2018, ce dispositif avait évolué pour prendre en compte de nouvelles sources potentielles d'exposition liées aux objets communicants fixes comme les compteurs Linky par exemple.

L'analyse des mesures d'exposition liées aux compteurs Linky réalisées fait l'objet chaque année d'un rapport publié sur le site internet de l'ANFR².

Ce dispositif permet également depuis son origine d'effectuer des mesures dans des gammes de fréquences plus élevées, correspondant notamment aux réseaux de téléphonie mobile. Les analyses des mesures réalisées la bande 100 kHz – 6 GHz font l'objet chaque année d'un rapport publié sur le site internet de l'ANFR³.

Ce rapport porte exclusivement sur les mesures d'exposition concernant les compteurs Linky réalisées en 2021.

² <https://www.anfr.fr/maitriser/les-installations-radioelectriques/etudes-sur-les-installations-radioelectriques/compteurs-communicants/compteur-linky>

³ <https://www.anfr.fr/maitriser/les-installations-radioelectriques/etudes-sur-les-installations-radioelectriques/rapports-annuels-des-mesures>

2. La chaîne communicante Linky

2.1. Description générale

Comme les précédents compteurs, le compteur Linky mesure en permanence l'énergie consommée par une installation électrique domestique et stocke cette valeur sous la forme d'un index. Un dispositif de stockage, le concentrateur, situé dans le transformateur du quartier, interroge le compteur une fois par jour entre minuit et 6 heures du matin pour collecter les index stockés au cours de la journée écoulée. Le concentrateur transmet ensuite ces données à un serveur informatique par un réseau de téléphonie mobile existant. En plus de cette collecte quotidienne, le concentrateur interroge l'ensemble des compteurs qui lui sont rattachés à intervalles réguliers afin de surveiller l'état général du réseau basse tension. La périodicité des ces interrogations est variable et dépend du nombre de compteurs gérés par le concentrateur et du paramétrage du réseau par le distributeur d'électricité. A titre d'exemple, avec une périodicité d'interrogation de 30 secondes, sur une grappe de 100 compteurs (qui correspond à la taille médiane des grappes), un compteur est interrogé toutes les 50 minutes.

Les échanges entre le compteur et le concentrateur utilisent une technologie existante : celle des courants porteurs en ligne (CPL) assez répandue dans nos domiciles (par exemple les boîtiers CPL branchés sur l'alimentation entre la box internet et le décodeur TV). La technologie CPL consiste à utiliser le réseau électrique pour transmettre les signaux par conduction dans les câbles électriques. Puisqu'ils transmettent leurs informations par voie filaire, les compteurs Linky ne sont donc pas des émetteurs radioélectriques.

En complément, il peut être installé sur les compteurs Linky des Equipements Radio Linky (ERL) modules optionnels fournis par les fournisseurs d'énergie qui permettent de transmettre en temps réel les données du compteur Linky vers les appareils situés à l'intérieur du domicile. Ces ERL ont vocation à être associés aux offres de services proposées aux clients. Ces ERL sont, quant à eux, de véritables émetteurs radioélectriques transmettant les données par voie radio, contrairement aux compteurs Linky qui, quant à eux, fonctionnent à l'aide de la technologie CPL. Un rapport de l'ANFR a porté sur ce type de module⁴.

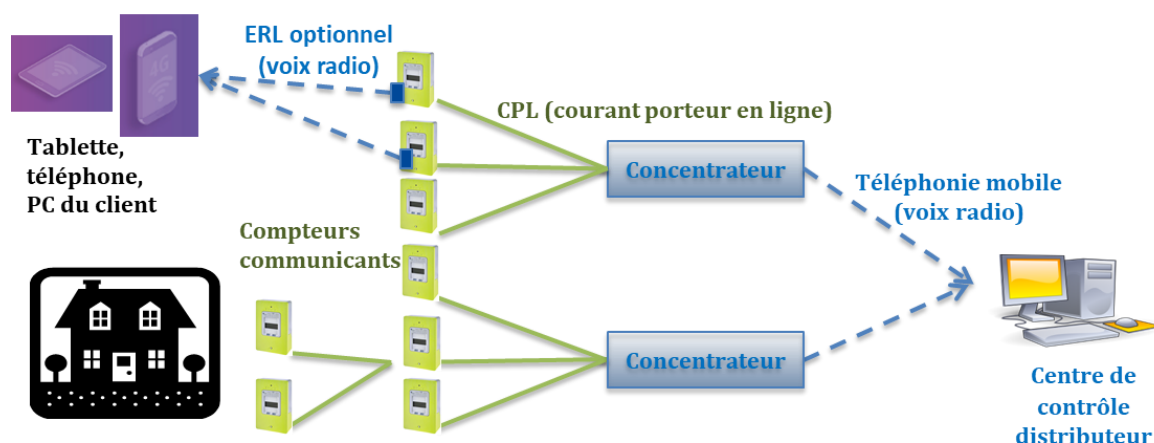


Figure 2 : illustration de la chaîne communicante liée au compteur électrique Linky

⁴ <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacement/20190712-rapport-equipement-radio-linky.pdf>

2.2. La mesure des champs électromagnétiques créés par les compteurs Linky

Les compteurs Linky fonctionnent à l'aide de la technologie CPL qui utilise des porteuses dans la bande 35 kHz – 91 kHz. La mesure de l'exposition couvre largement cette bande, puisqu'elle s'étend de 9 kHz à 100 kHz.

Le protocole de mesure indique que les mesures sont effectuées par défaut à 20 cm du compteur. Néanmoins, la mesure peut être réalisée en un autre point si le demandeur en exprime le souhait ou si les contraintes de l'installation ne permettent pas la mesure à 20 centimètres.

Dans l'intégralité de la bande de fréquences mesurée, les deux composantes du champ électromagnétique sont relevées en niveaux instantanés maximaux (niveaux crêtes) : électrique et magnétique.

Les analyses spectrales en champ électrique et magnétique sont également fournies.

Lorsqu'un compteur Linky fait l'objet de la mesure, les deux composantes de champ électrique et magnétique doivent également être relevées en valeurs instantanées maximales dans la bande de fréquences du compteur c'est-à-dire 35 kHz – 91 kHz. Les valeurs moyennes sur 6 minutes sont indiquées à titre informatif.

3. Bilan des mesures

3.1. Typologie des demandes

329 lieux ont fait l'objet de mesures en 2021 suite à l'ouverture aux objets communicants du dispositif déjà décrit. La très grande majorité de ces mesures (320 sur 329) ont concerné des compteurs Linky. Les mesures restantes, ayant porté pour 5 d'entre elles sur des compteurs de Gaz Gazpar, pour 3 autres sur des concentrateurs Enedis et pour la dernière sur un compteur d'eau, ne sont pas traitées dans ce rapport.

Ces mesures d'exposition liée aux compteurs Linky sont réparties sur tout le territoire, comme illustré sur la Figure 3.



Figure 3 : répartition géographique des lieux de mesures de compteurs Linky réalisées en 2021

Les départements les plus demandeurs sont, en 2021, la Loire Atlantique, le Rhône, et le Val-de-Marne avec 12 mesures chacun.

Les mesures sont notamment caractérisées par :

- l'environnement : urbain ou rural ;
- la distance au compteur du point de mesure.

La majorité des mesures (68%) sont toujours réalisées en milieu urbain (cf. Figure 4), mais le nombre de mesures en milieu rural sont en augmentation depuis 2020.

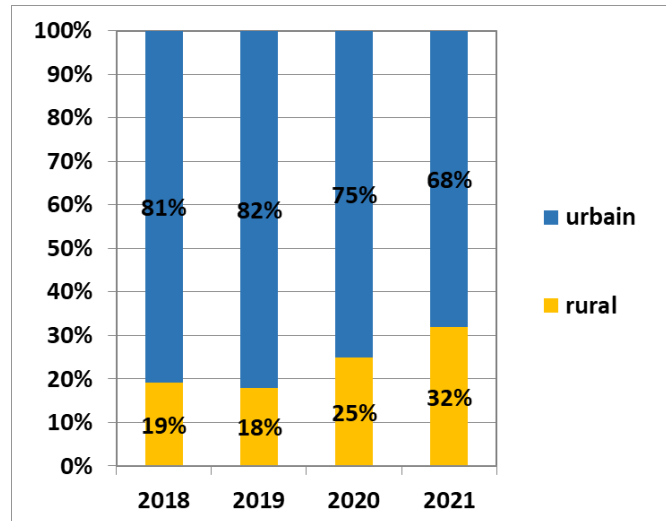


Figure 4 : répartition du nombre de mesures de compteurs Linky selon les années et le type d'environnement, urbain ou rural.

Le protocole préconise, pour évaluer la conformité des niveaux de champs électromagnétiques créés par les compteurs Linky, des mesures effectuées par défaut à 20 cm du compteur. La grande majorité des mesures ont donc été réalisées à cette distance (cf. Figure 5). L'environnement de la mesure ne permet cependant pas toujours de placer la sonde de mesure aussi près du compteur, ce qui peut expliquer des distances entre 20 et 40 cm par rapport au compteur. Enfin, sur demande du bénéficiaire de la mesure, le point de mesure peut être choisi à une distance plus grande, voire dans une autre pièce, ce qui explique un certain nombre de mesures (16 % en 2021) sans distance renseignée.

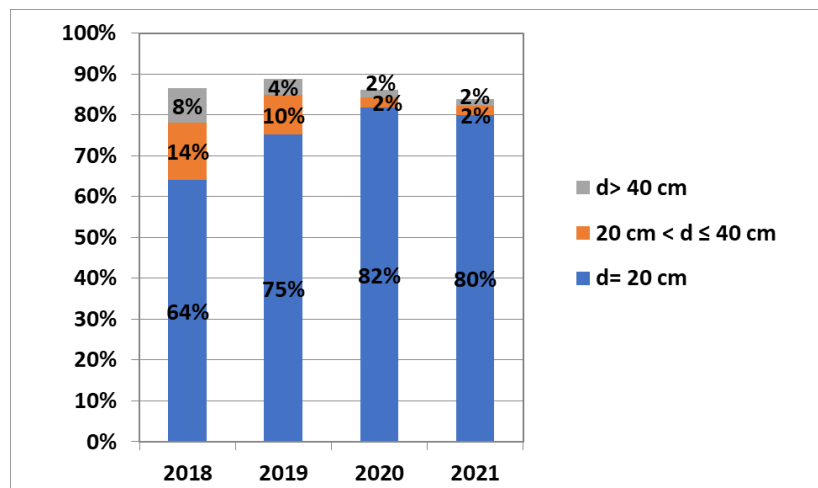


Figure 5 : répartition des configurations de mesure selon la distance au compteur

3.2. Analyse des résultats globaux dans la bande 9 kHz – 100 kHz

Les analyses spectrales permettent de visualiser les signatures en fréquence des deux types de compteurs existants, le compteur G1 déployé dans une première phase qui n'émet que sur deux porteuses à 63,3 kHz et 74 kHz (cf. Figure 6) et le compteur G3, le plus déployé, qui émet sur un plus grand nombre de sous-porteuses entre 35 kHz et 91 kHz (cf. Figure 7).

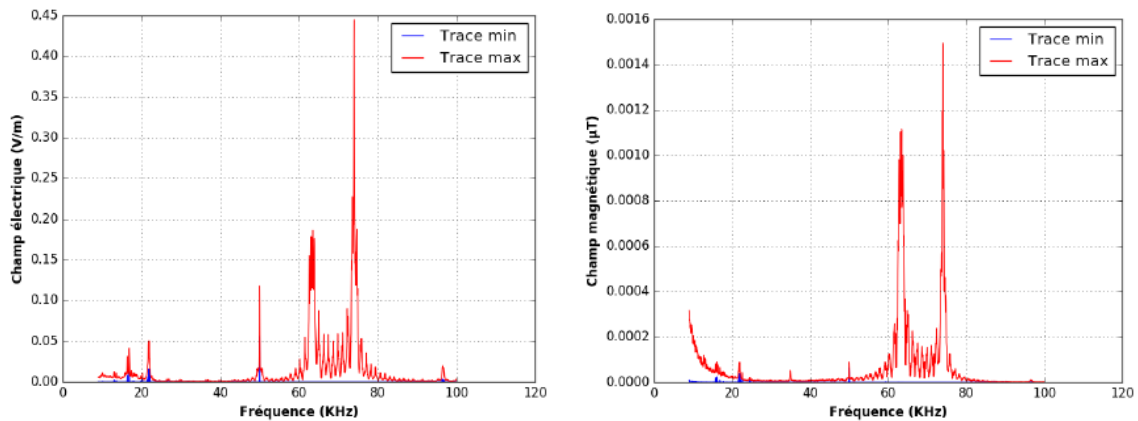


Figure 6: illustration des niveaux de champs électrique à gauche et magnétique à droite en fonction de la fréquence dans le cas d'un compteur G1 transmettant par CPL

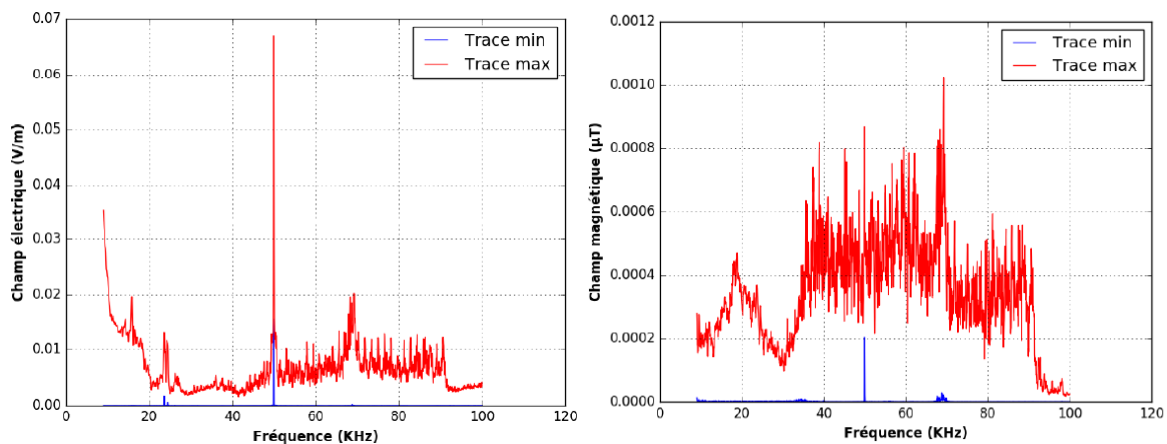


Figure 7: illustration des niveaux de champs électrique à gauche et magnétique à droite en fonction de la fréquence dans le cas d'un compteur G3 transmettant par CPL

Dans plus de deux tiers des cas (70%), aucune émission CPL Linky n'a été détectée malgré un temps de mesure moyen qui a atteint une heure dans ces situations particulières. Cela s'explique en particulier par l'intervalle d'interrogation des compteurs qui apparaît très variable selon la taille de la grappe⁵.

Les valeurs médianes et maximales des niveaux crêtes mesurés dans la bande 9 kHz – 100 kHz sont indiquées dans le Tableau 1 en distinguant les cas où des émissions CPL étaient présentes ou non. Tous les niveaux mesurés sont très inférieurs aux valeurs limites réglementaires de 87 V/m et 6,25 µT. Des niveaux de champs crêtes maximaux de 8,4 V/m et 0,32 µT ont été mesurés soit des valeurs respectivement 10 et 20 fois inférieures aux valeurs limites réglementaires de 87 V/m et 6,25 µT.

⁵ Ce terme désigne l'ensemble des compteurs connectés à une même boucle de distribution reliée à un concentrateur, pour la desserte d'un quartier.

	Niveau crête médian		Niveau crête maximal	
	En absence de CPL	En présence de CPL	En absence de CPL	En présence de CPL
E (V/m)	0,5 V/m	0,8 V/m	8,4 V/m	5,3 V/m
H (μT)	0,008 μT	0,02 μT	0,23 μT	0,32 μT

Tableau 1: principaux résultats de mesures des niveaux d'exposition dans la bande 9 kHz – 100 kHz

Les résultats de mesure en absence d'émission CPL montrent qu'il peut exister des sources de rayonnement dans cette bande autres que les compteurs Linky qui créent cependant des niveaux de champ comparables et même supérieurs à ceux créés par les compteurs Linky.

La Figure 8 est un exemple de spectres électrique et magnétique observés en l'absence de transmission CPL avec des niveaux de 4 V/m et 0,025 μT, c'est-à-dire des niveaux comparables à ceux qui sont créés lors des transmissions CPL.

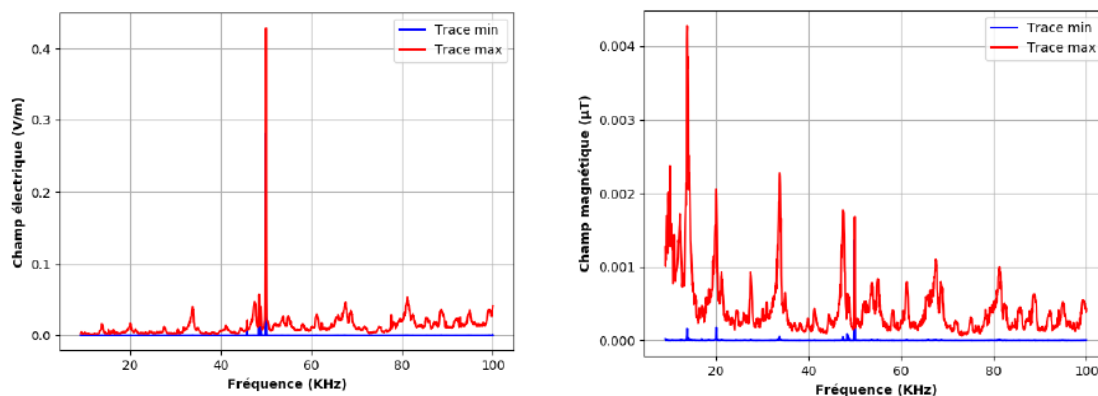


Figure 8 : illustration des niveaux de champs électrique à gauche et magnétique à droite en fonction de la fréquence dans le cas d'un compteur ne transmettant pas de CPL mais en présence d'autres émissions dans la même bande de fréquence.

3.3. Analyse des résultats détaillés dans la bande du compteur Linky

Lorsque des transmissions CPL ont été mesurées, une analyse dans la bande de fréquences de ces transmissions (35 – 91 kHz) a été menée (cf. Tableau 2). Des niveaux de champs crêtes maximaux de 4,4 V/m et 0,25 μT ont été mesurés, soit des valeurs respectivement 20 et 25 fois inférieures aux valeurs limites réglementaires de 87 V/m et 6,25 μT.

Des valeurs moyennes sur 6 minutes ont également été relevées à titre informatif. Les valeurs maximales mesurées sur 6 minutes sont de 1,3 V/m pour le champ électrique et de 0,02 μT pour le champ magnétique. Les valeurs médianes mesurées sur 6 minutes sont de 0,13 V/m pour le champ électrique et de 0,001 μT pour le champ magnétique.

Les compteurs Linky ne communiquent pas en permanence. Les envois des trames CPL pendant la journée durent en théorie entre 0,1 et 0,2 secondes et la période d'envoi de ces trames est très variable en fonction du paramétrage du réseau et de la taille de la grappe à laquelle le compteur est rattaché.

	Niveau crête médian en présence de CPL		Niveau crête maximal en présence de CPL	
	$d \leq 40$ cm	$d > 40$ cm ou non renseignée	$d \leq 40$ cm	$d > 40$ cm ou non renseignée
E (V/m)	0,8 V/m	0,15 V/m	4,6 V/m	0,9 V/m
H (μ T)	0,02 μ T	0,001 μ T	0,29 μ T	0,09 μ T

Tableau 2: principaux résultats de mesures des niveaux d'exposition mesurés en présence de CPL dans la bande 35 kHz – 91 kHz.

Les mesures réalisées à plus de 40 cm du compteur montrent dans la majorité des cas des niveaux de champs plus faibles qu'à proximité du compteur, ce qui illustre que la distance est un paramètre majeur pour l'exposition. Dès qu'on s'éloigne de quelques dizaines de centimètres de la source de rayonnement, le niveau d'exposition baisse fortement notamment sur le niveau de champ magnétique.

Annexe 1 : Le protocole de mesure

L'ANFR tient à jour depuis 2002 le protocole de mesure de l'exposition aux ondes référencé au Journal Officiel qui permet d'évaluer le niveau global d'exposition aux ondes et de vérifier la conformité des niveaux d'exposition vis-à-vis des valeurs limites réglementaires. Ce protocole couvre l'ensemble des émissions radioélectriques de 9 kHz à 300 GHz.

La version 4.0 en vigueur à partir de novembre 2017 permet de mieux caractériser les niveaux de champs créés par les nouveaux objets connectés et d'évaluer des niveaux d'exposition dès 9 kHz, notamment pour prendre en compte les compteurs communicants.

Selon l'objet de l'évaluation, les mesures portent donc sur la gamme de fréquences 100 kHz – 300 GHz, ou sur la bande de fréquences 9 kHz – 100 kHz.

Ce rapport porte exclusivement sur l'évaluation dans la bande de fréquences de 9 kHz à 100 kHz et ne traite que des compteurs Linky.

La mesure de l'exposition couvre la totalité de la bande 9 kHz – 100 kHz ainsi que la bande de fréquences de l'équipement qui fait l'objet de la mesure c'est-à-dire la bande 35 kHz – 91 kHz dans le cas des compteurs Linky.

La mesure est réalisée par défaut à 20 centimètres de l'équipement qui fait l'objet de la mesure. La distance de mesures peut cependant être plus grande si le demandeur de la mesure le souhaite ou si des contraintes liées à l'installation de l'équipement ne permettent pas la mesure à 20 centimètres.

Les deux composantes de champ électrique et magnétique doivent être relevées en valeurs instantanées maximales pour être comparées aux valeurs limites réglementaires de 87 V/m et 6,25 μ T.

Dans la bande de fréquence de l'équipement, les valeurs moyennes sur 6 minutes seront également indiquées à titre informatif pour donner une indication de l'occurrence des signaux.

Annexe 2 : Le dispositif national de surveillance de l'exposition du public aux ondes radioélectriques

Afin de renforcer la transparence et l'indépendance du financement des mesures d'exposition du public aux ondes électromagnétiques, la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement a mis en place un nouveau dispositif de surveillance et de mesure des champs électromagnétiques.

Le financement des mesures réalisées par les laboratoires accrédités repose sur un fonds public alimenté jusqu'à fin 2018 par une taxe payée principalement par les opérateurs de téléphonie mobile. L'ANFR assure la gestion de ce fonds et met à disposition du public les résultats des mesures.

Toute personne physique ou morale peut demander à faire mesurer l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans les locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public (parcs, commerces...). Cette démarche est gratuite.

La personne qui souhaite faire réaliser une mesure remplit un formulaire de demande, téléchargeable sur le site internet www.service-public.fr. Elle doit faire contre-signer ce formulaire par un organisme habilité par le décret n° 2013-1162 du 14 décembre 2013 : collectivités locales (communes, groupements de communes...), agences régionales de santé, certaines associations agréées par le ministère de l'environnement ou le ministère de la santé.

En vue de simplifier les démarches pour les usagers, un téléservice a été mis en place pour ces demandes de mesure de l'exposition aux ondes électromagnétiques : <http://mesures.anfr.fr>.

La personne transmet la demande à l'ANFR qui missionne un laboratoire accrédité et indépendant pour réaliser la mesure. L'ANFR règle ensuite au laboratoire le montant de l'intervention. Le demandeur reçoit directement résultats de la mesure effectuée. Pour toute mesure réalisée sur le territoire d'une commune, une synthèse du rapport est en outre transmise à la mairie. Enfin, les mesures réalisées sont rendues publiques sur www.cartoradio.fr.

Ce dispositif est opérationnel depuis le 1^{er} janvier 2014.

En juin 2018, ce dispositif national de surveillance a évolué pour prendre en compte de nouvelles sources potentielles d'exposition liées aux objets communicants fixes et pour permettre l'évaluation de l'exposition dans la bande de fréquences intermédiaires entre 9 kHz et 100 kHz conformément au protocole V.4 entré en vigueur en novembre 2017.