



L'incertitude de mesure inhérente à la mesure du rayonnement de stations de base pour téléphonie mobile (Rapport officiel)

Dans son arrêt 1C_661/2012 du 5 septembre 2013, le Tribunal fédéral a statué que, compte tenu de l'évolution technique dans le secteur des télécommunications au cours des dix dernières années, il s'avère opportun de s'assurer que les recommandations sur les mesures pour les services de radiocommunication GSM / UMTS qui datent de 2002 et 2003 correspondent encore à l'état actuel de la technique. A cette fin, il a exigé qu'on demande l'institut fédéral de métrologie (METAS) de rédiger un rapport officiel sur la question (E 4.3).

En raison de l'importance fondamentale que revêt ce rapport, METAS le publiera dans les trois langues officielles.

Question 1:

La recommandation sur les mesures de l'OFEV / METAS pour les services de radiocommunication GSM, UMTS et LTE correspond-elle à l'état actuel de la technique?

A ce jour, des recommandations et des rapports techniques sur les mesures relatives aux stations de base pour téléphonie mobile GSM (Global System for Mobile Communications, téléphonie mobile de 2ème génération), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, téléphonie mobile de 3ème génération) et LTE (Long Term Evolution, téléphonie mobile de 4ème génération) ont été publiés. Ces recommandations et ces rapports décrivent la procédure et les exigences à respecter pour les mesures de réception des stations de base pour téléphonie mobile. On contrôle si une station de base pour téléphonie mobile respecte la valeur limite de l'installation sur les lieux à utilisation sensible (ci-après LUS) fixée dans l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI). Les LUS désignent principalement des locaux dans lesquels des gens séjournent de façon prolongée.

Le rayonnement non-ionisant des installations de téléphonie mobile, qui pénètre dans un bâtiment depuis l'extérieur, n'est généralement pas réparti uniformément dans les locaux. Cela est dû à différents phénomènes physiques, comme p.ex. la réflexion du rayonnement, les interférences, l'absorption différente par les murs et les fenêtres et la propagation du rayonnement dans le LUS.

Pour les mesures de réception d'une station de base de téléphonie mobile est considérée comme valeur d'appréciation, selon les recommandations sur les mesures, l'intensité du rayonnement non-ionisant que l'on mesurerait en tant que maximum local si l'installation était exploitée dans le mode d'exploitation déterminant. Selon l'annexe 1, ch. 63 ORNI, on entend par mode d'exploitation déterminant le mode d'exploitation dans lequel un maximum de conversations et de données est transféré, l'émetteur étant au maximum de sa puissance. Avec une mesure de réception, on enregistre la valeur maximum locale du rayonnement non ionisant sur un LUS, afin d'intégrer aussi dans l'évaluation le lieu le plus fortement exposé. Ce principe est resté inchangé depuis la publication des recommandations sur les mesures.

Pour la détermination expérimentale directe de la valeur maximale locale du rayonnement non-ionisant sur un lieu donné, on utilise la méthode dite „méthode par balayage“. Elle consiste à balayer le LUS avec une antenne de mesure, en faisant varier simultanément, selon le type d'antenne de mesure, son orientation et sa polarisation. Grâce à sa grande praticabilité, cette méthode s'est très bien établie. Elle permet de mesurer rapidement et simplement le rayonnement non ionisant dans les locaux. Les valeurs expérimentales obtenues sont en

autre extrapolées selon l'ORNI à la puissance émettrice maximale de la station de base pour téléphonie mobile. Les recommandations sur les mesures décrivent aussi les formules pour l'extrapolation des valeurs mesurées.

L'évolution des appareils de mesure se caractérise principalement par le fait qu'ils sont au niveau des nouvelles technologies dans le domaine de la téléphonie mobile et des modulations correspondantes (GSM, UMTS et LTE) et qu'ils doivent être en mesure de décoder le signal souhaité parmi une quantité de signaux.

La recommandation sur les mesures des stations de base pour téléphonie mobile (GSM) de 2002 (VU-5800) et le projet de recommandation sur les mesures des stations de base pour téléphonie mobile (UMTS/FDD) de 2003 correspondent à l'état actuel de la technique. S'agissant de LTE, il n'existe actuellement aucune recommandation sur les mesures, mais un „Rapport technique: méthode de mesure pour les stations de base LTE“ (2012); la même réponse s'impose aussi pour cette technologie.

Question 2:

Est-il possible, avec les équipements de mesure et les techniques de mesure modernes, de réduire l'incertitude de mesure (selon la recommandation sur les mesures: incertitude de mesure élargie maximum $U \pm 45 \%$) pour les stations GSM, UMTS et LTE?

L'incertitude de mesure inhérente à la mesure des stations de base pour téléphonie mobile selon la recommandation sur les mesures de l'OFEV/METAS comprend deux composantes: l'incertitude de l'équipement de mesure et l'incertitude de la prise d'échantillon.

- Sur la base de l'expérience acquise, il est établi que l'incertitude standard de l'équipement de mesure varie entre $\pm 10 \%$ et $\pm 16 \%$. Elle englobe les sources d'incertitude suivantes: antenne de mesure/sonde, câble de connexion, linéarité et l'appareil de mesure lui-même. L'incertitude de mesure provient principalement de l'antenne de mesure/sonde; ses autres composantes, comme celle de l'appareil de mesure, sont toutes plus petites et n'ont qu'une influence minime sur l'incertitude globale. Chaque laboratoire de mesure doit déterminer cette incertitude de l'équipement de mesure sur la base des spécifications et des données d'étalonnage de l'équipement utilisé, et la consigner dans le rapport de mesure.
- L'incertitude de la prise d'échantillon est liée à la nature des champs électromagnétiques et à la manière de procéder légèrement différente des mesureurs qui balayent le local, ce qui provoque une dispersion des résultats de mesure même avec un équipement de mesure et un étalonnage identiques. L'incertitude standard de la prise d'échantillon pour la mesure du rayonnement GSM a été déterminée de façon expérimentale en 2002 dans une vaste intercomparaison. Elle est d'environ $\pm 15 \%$. Cette valeur a été confirmée dans d'autres intercomparaisons réalisées pour UMTS (2006), le rayonnement de la radiodiffusion (2007) et récemment aussi pour LTE (2013, rapport en cours d'élaboration). Selon la recommandation sur les mesures, elle doit être utilisée comme composante fixe de $\pm 15 \%$ dans la détermination de l'incertitude de mesure globale.

A partir de ces deux composantes de l'incertitude de l'équipement et de la prise d'échantillon, on obtient selon les règles de l'addition quadratique une incertitude globale située typiquement entre $\pm 18 \%$ et $\pm 22 \%$. Etant donné que l'incertitude de mesure globale définit un intervalle avec un niveau de confiance de seulement 68.3 %, on utilise souvent l'incertitude de mesure élargie. L'incertitude élargie désigne le produit de l'incertitude globale avec un facteur d'élargissement (arrondi à 2 ici). On définit ainsi un intervalle avec un niveau de confiance accru à 95 %, dans lequel se situe la vraie valeur de la grandeur mesurée avec une probabilité de 95 %. Cela ne signifie pas qu'un résultat de mesure dévie autant de la vraie valeur dans chaque situation. Dans un cas concret, on ne peut en principe pas indiquer

l'écart exact. Les petits écarts sont fréquents, les grands écarts sont plus rares.

Dans la pratique des mesures de téléphonie mobile, les laboratoires de mesure accrédités reçoivent des incertitudes de mesure élargies typiquement entre $\pm 36\%$ et $\pm 44\%$. L'incertitude élargie admise selon les recommandations est de $\pm 45\%$.

Selon METAS, il n'existe actuellement (2014) aucune possibilité, avec les équipements de mesure et les techniques modernes, de réduire l'incertitude de mesure globale élargie de $\pm 45\%$ dans la détermination expérimentale de la valeur maximale locale de l'intensité du champ électrique dans les locaux.

Abréviations

OFEV	Office fédéral de l'environnement (auparavant OFEFP: Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage)
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (actuel OFEV: Office fédéral de l'environnement)
GSM	Global System for Mobile Communications (téléphonie mobile de 2ème génération)
LTE	Long Term Evolution (téléphonie mobile de 4ème génération)
METAS	Institut fédéral de métrologie
ORNI	Ordonnance du 23 décembre 1999 sur la protection contre le rayonnement non ionisant (RS 814.710)
LUS	Lieu à utilisation sensible
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (téléphonie mobile de 3ème génération)

Documents de référence

OFEV/METAS 2002: Stations de base de téléphonie mobile (GSM) –Recommandation sur les mesures (VU-5800-D) Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage Berne. <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00685/index.html?lang=fr>

OFEV/METAS 2003: Stations de base pour téléphonie mobile (UMTS-FDD) – Recommandation sur les mesures, projet. <http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/01110/index.html?lang=fr>

METAS 2012: Technical report: Measurement Method for LTE Base Stations. Version allemande 2014 http://www.metas.ch/2012-218-808_DE