



Rapport technique sur les niveaux de champ électrique émis par les compteurs d'eau Suez

Novembre 2016

Synthèse

Ce rapport décrit les niveaux de champs électromagnétiques émis par les émetteurs VHF 169 MHz installés sur les compteurs d'eau Suez afin d'assurer un service de télé-relève. Les caractéristiques techniques des émetteurs ont été étudiées et l'analyse a porté sur les 5 modèles d'émetteurs fournis par Suez. Selon l'émetteur, le niveau de champ instantané maximal mesuré à 1 m de l'émetteur varie entre 0,5 V/m et 1,2 V/m. Une analyse plus fine a porté sur l'émetteur rayonnant le niveau de champ le plus élevé.

La majeure partie des modules déployés sur le terrain sont programmés pour transmettre les données de consommation toutes les 6 heures. Ces trames sont composées d'une à trois impulsions de 120 ms. La plupart du temps le compteur n'émet pas : les émissions ne sont donc pas permanentes. Comme les fréquences employées par les compteurs se situent au-delà de 100 kHz, le niveau d'exposition est évalué en tenant compte de la valeur du champ moyen pendant une durée de 6 minutes. Du fait des rares émissions brèves du compteur, ces niveaux moyens, plus de 10 fois plus faibles que les niveaux maximaux, sont particulièrement bas (environ 0,04 V/m). Un essai COFRAC de mesure de champ électromagnétique *in situ* selon le protocole ANFR DR15-3 du 31 mai 2011 a été réalisé en extérieur à proximité du compteur rayonnant le niveau de champ le plus élevé. Le niveau de champ, obtenu au cas A du protocole, sans tenir compte des incertitudes, étant inférieur à 6 V/m, cet appareil apparaît donc conforme au sens du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif à l'exposition du public aux champs électromagnétiques.

Les niveaux mesurés apparaissent donc très faibles comparés aux valeurs limites réglementaires qui varient entre 28 V/m et 87 V/m selon les fréquences.

Pour analyser le comportement des émetteurs dans la durée, un logiciel d'acquisition a été développé pour enregistrer les valeurs mesurées toutes les secondes sur de longues périodes (typiquement, pendant plusieurs jours). Des mesures en laboratoire avec ce logiciel ont permis de vérifier le comportement cyclique des émissions du compteur équipé de l'émetteur VHF.

Ce logiciel a ensuite été utilisé en situation réelle chez un particulier pour enregistrer les niveaux d'exposition au niveau du compteur et dans un lieu de vie à proximité du compteur. Les enregistrements sur 48 heures ont permis de constater l'envoi des relevés toutes les 6 heures avec, au moment de ces envois, des niveaux de champ moyennés sur 6 minutes de l'ordre de 0,04 V/m à 1 mètre du compteur (soit 700 fois en dessous de la valeur limite réglementaire qui est de 28 V/m à la fréquence d'émission du compteur) et à peine au-dessus du niveau de bruit dans le salon à un peu plus de 4 mètres du compteur.

Table des matières

1. Contexte	3
2. Réglementation en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques	4
3. Description des équipements testés et des moyens de mesures	5
3.1. Le module VHF intégré au compteur	5
3.2. Conditions d'accès au spectre	6
3.3. Installation et maintenance.....	7
3.4. Moyens de mesures	7
4. Caractéristiques techniques des compteurs	9
4.1. Description des compteurs.....	9
4.2. Mesures comparatives des différents compteurs.....	11
4.3. Mesures d'isotropie et à différentes distances du compteur ITRON N/HEX : D11DE4C0 – G .	11
5. Essai COFRAC de mesure de champ électromagnétique <i>in situ</i>	13
6. Mesure sur 24h.....	15
6.1. En laboratoire	15
6.2. <i>In situ</i>	17
6.2.1. Configuration.....	17
6.2.2. Résultats des mesures sur 24h.....	19
6.2.3. Mesure de champ électromagnétique <i>in situ</i> accrédité COFRAC	20

1. Contexte

L'objet de ce rapport est la mesure des rayonnements électromagnétiques induits par les dispositifs de télé-relève des compteurs d'eau de Suez. Cette télé-relève repose sur une technologie radio dans la bande VHF sur des fréquences proches de 169 MHz.

Les dispositifs intégrés par Suez (cf. Figure 1) consistent en une gamme d'émetteurs fonctionnant dans la bande 169 MHz (bande de plein droit, donc exploitable sans licence) installés sur le compteur du client. Ils transmettent des données de consommation d'eau à un relais, qui concentre les informations émises au niveau local et les retransmet à l'aide d'une carte SIM via un réseau d'opérateur mobile à un centre de gestion des données.

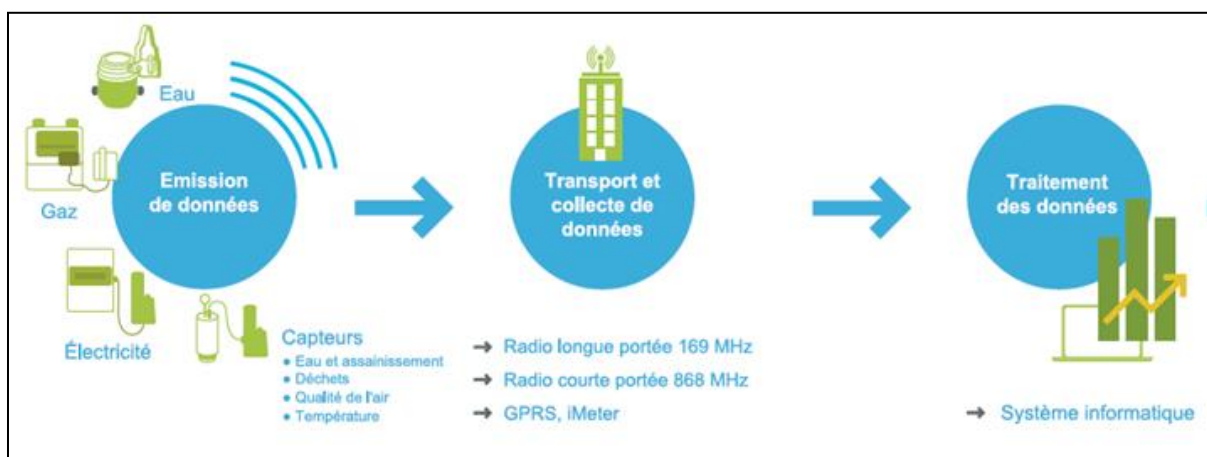


Figure 1 : principe de la chaîne communicante de la solution technique retenue par Suez - source Suez

Ce rapport technique décrit les résultats des différents essais réalisés sur les compteurs Suez.

Le chapitre 2 rappelle la réglementation en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques. Le chapitre 3 décrit les équipements analysés et les moyens de mesure utilisés. Le chapitre 4 présente les mesures réalisées pour caractériser les émissions des compteurs. Le chapitre 5 résume les résultats de l'essai COFRAC de mesure de champs électromagnétiques sur site réalisés à proximité d'un compteur. Le chapitre 6 présente les résultats des mesures réalisées sur plusieurs jours.

2. Réglementation en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques

En France, le décret n°2002-775¹ du 3 mai 2002 fixe les valeurs-limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques. Ces limites ont été proposées, au niveau international, par le comité de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP), association officiellement reconnue par l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS), dans son guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électrique, magnétique et électromagnétique en 1998. L'Union Européenne a repris ces valeurs dans sa recommandation 1999/519/CE.

Les valeurs-limites dépendent des fréquences (cf. Figure 2). Pour la bande de fréquence 169 MHz utilisée par les compteurs Suez (169 – 169,475 MHz), la valeur-limite en champ électrique est de 28 V/m.

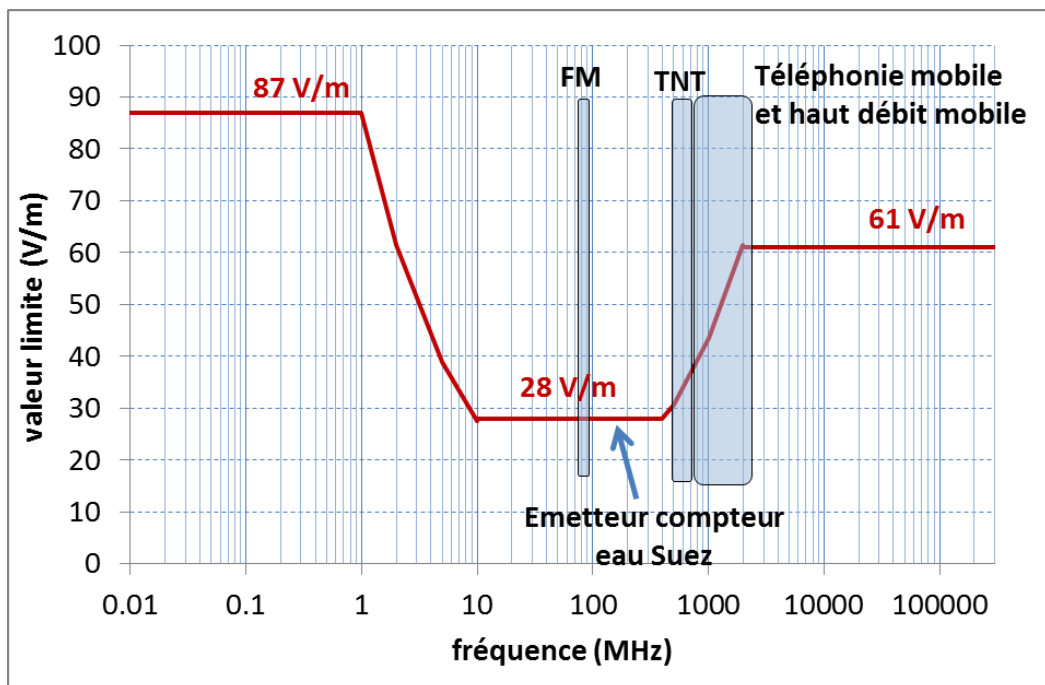


Figure 2 : valeurs-limites réglementaires fixées par le décret du 3 mai 2002 en champ électrique (exprimées en V/m)

¹ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000226401>

3. Description des équipements testés et des moyens de mesures




3.1. Le module VHF intégré au compteur

Il s'agit de modules de communication, installés directement sur les compteurs d'eau ou de façon déportée. Des modules différents ont été conçus pour les compteurs d'eau de marque Itron et Sappel Diehl mais leurs caractéristiques techniques sont similaires et sont données dans les fiches techniques (cf. Figure 3). Ces compteurs fonctionnent sur batterie.

Communication radiofréquence	
Protocole	Ondeo Systems
Modulation	FSK
Fréquence libre européenne (selon décret)	169,44375 MHz
Largeur de bande	12,5 kHz
Transmission	1 voie
Puissance rayonnée	< 100 mW – typique 50 mW
Trames envoyées	2 ou 6 / jour
Données transmises par compteur	4 ou 24 index par jour selon paramétrage

Figure 3 : extrait des fiches techniques des transmetteurs compacts VHF CP Itron Cyble LRF et SAPPEL-Diehl

L'analyse a porté sur 5 modules fournis par Suez:

Module SAPPEL Diehl	Module SAPPEL déporté	Module ITRON
2 exemplaires	1 exemplaire	2 exemplaires
		
SAPPEL 1 N/HEX : C2FF9907 - Z	N/HEX : C3080194 - Y	ITRON 1 N/HEX : D11DE4C5 – L
SAPPEL 2 N/HEX : C25D08E7 - K		ITRON 2 N/HEX : D11DE4C0 - G

Différentes configurations sont possibles pour l'envoi des trames de comptage par les émetteurs VHF.

Sur le réseau de distribution d'eau, les modules sont programmés par défaut pour envoyer les trames de comptage toutes les 6 heures. Toutefois, les modules analysés en laboratoire ont été programmés de façon à envoyer les trames de comptage toutes les 4 heures. Deux trames supplémentaires de *monitoring* sont envoyées à 12 heures d'intervalle, 5 minutes après une trame de comptage. Les modules émetteurs VHF envoient donc 8 trames sur une période de 24 heures. Il est possible de programmer les compteurs pour transmettre les trames de comptage toutes les heures. Enfin, des trames d'alerte peuvent être émises en cas d'incident.

3.2. Conditions d'accès au spectre

En France, le Tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF) précise pour chaque bande de fréquences les services de radiocommunication autorisés en France et les affectataires correspondants. .

Dans le TNRBF, la bande 169,4 MHz – 169,475 MHz est désignée pour les applications de télé-relève. Ces fréquences se trouvent dans la bande 169,4 MHz – 173,5 MHz, qui est allouée à l'usage exclusif de l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes (ARCEP) pour du service fixe et du service mobile (sauf mobile aéronautique). L'utilisation de ces fréquences pour des réseaux de communications électroniques est soumise à une autorisation de l'ARCEP. Toutefois, dans cette bande de fréquences, il s'agit d'une autorisation de portée générale : les fréquences ne sont pas assignées à leur utilisateur, il n'y a pas de garantie de protection contre les brouillages préjudiciables et l'utilisation de fréquences ne fait pas l'objet de redevances.

L'Annexe 7 du TNRBF indique les bandes de fréquences disponibles en France pour les appareils de faible puissance et de faible portée (AFP) et les conditions techniques de partage avec les services de radiocommunications dans ces bandes. Les appareils de télé-relève rentrent dans la catégorie des équipements de localisation, suivi et acquisition de données (section II de cette Annexe 7). La Figure 4 reproduit les règles correspondantes pour l'utilisation du spectre dans la bande 169,4-169,475 MHz. La puissance maximale rayonnée est de 500 mW de p.a.r.². Le coefficient d'utilisation ne doit pas dépasser 10 %, ce qui signifie que, sur une heure, l'appareil ne doit émettre moins 10 % du temps, soit moins de 6 mn au total.

II. Localisation, suivi et acquisition de données			
Bande de fréquences ou fréquence centrale du canal	Puissance rayonnée / champ max.	Paramètres additionnels	Références / observations
457 kHz	7 dBµA/m à 10m	Porteuse sans modulation	Décisions ART n°03-405 et 03-406 DéTECTEURS de victimes d'avalanches
169,4 à 169,475 MHz	500 mW p.a.r.	Canalisation : 50 kHz Coefficient d'utilisation limite : 10%	Décision 2006/771/CE modifiée Systèmes de relevé de compteurs et dispositifs de localisation et de poursuite

Figure 4 : extrait de l'Annexe 7 du TRNBF concernant la bande de fréquence utilisée par les compteurs VHF (169,4-169,475 MHz)

La réglementation française établie par le TNRBF s'appuie sur la réglementation européenne et, notamment pour ce qui concerne les dispositifs à courte portée, sur la décision d'exécution de la commission du 11 décembre 2013 modifiant la décision 2006/771/CE relative à l'harmonisation du spectre radioélectrique en vue de l'utilisation de dispositifs à courte portée (et abrogeant la décision 2005/928/CE).

² Puissance apparente rayonnée, c'est-à-dire le produit de la puissance fournie à l'antenne par son gain par rapport à un doublet demi-onde.

3.3. Installation et maintenance

La mise en service des modules transmetteurs est réalisée au moyen d'un terminal portable (PDA) équipé d'une tête optique infrarouge (cf. Figure 5).



Figure 5 : PDA de maintenance qui permet de déclencher la transmission des trames

La procédure permet de forcer la transmission de trames de tests lors de la pose et de contrôler directement sur site la qualité de la transmission radio. Cette procédure sera utilisée pour les mesures en laboratoire.

Les trames tests envoyées par les compteurs se composent de 3 impulsions alors que les trames réelles ne contiennent qu'une ou deux impulsions.

3.4. Moyens de mesures

- **Matériel pour la mesure de champ électrique sur site**

Pour les mesures globales d'exposition, un champ-mètre NARDA NBM 550 associée à une sonde 3 axes isotrope EF 0691 sont utilisés (cf. Figure 6). Cet appareil de mesure large bande permet d'évaluer le niveau de champ électrique total sur une large bande de fréquence allant de 100 kHz à 6 GHz.



Figure 6 : matériel de mesure des champs électriques, large bande à gauche et sélectif en fréquence à droite

Pour les mesures sélectives en fréquence, un analyseur de spectre NARDA SRM-3006 (cf. Figure 6) est utilisé en association avec les sondes 3 axes suivantes : NARDA 3581/02 pour les fréquences allant de 100 kHz à 30 MHz, NARDA 3501/03 pour les fréquences allant de 30 à 470 MHz, NARDA 3502/01 pour les fréquences allant de 470 à 6000 MHz. Cet appareil de mesure de champ électrique sélectif en fréquence dispose d'un mode d'exploitation « Scope » pour visualiser la fréquence et l'évolution temporelle des différents signaux. Cet outil permet donc

une analyse temporelle et spectrale. Le SRM-3006 mesure simultanément les valeurs moyennes (notées RMS pour *root mean square*), les valeurs instantanées et les valeurs maximales (niveaux-crêtes).

- **Mesures exploratoires en laboratoire**

Des mesures exploratoires ont été réalisées en laboratoire afin de caractériser les émissions des compteurs avec l'équipement de mesure sélectif en fréquence SRM-3006 et l'antenne NARDA 3501/03.

Des relevés temporels ont été réalisés pour observer la forme des signaux et des relevés fréquentiels ont permis d'illustrer leur occupation spectrale.

Enfin, les niveaux de champs relevés ont été moyennés sur 6 minutes, en application du décret n°2002-775 sur les valeurs limites d'exposition aux ondes électromagnétiques qui préconise de réaliser cette moyenne temporelle.

Les niveaux de puissance des équipements étant relativement faibles et les émissions très discontinues, les niveaux crêtes ont également été enregistrés, à titre informatif.

- **Essai de mesure de champ électromagnétique sur site sous accréditation technique**

Le Centre de Contrôle International de l'ANFR est accrédité par le COFRAC (accréditation n°1-2151) pour réaliser des mesures de champs électromagnétiques sur site. Des prestations de mesure de champ électromagnétique *in situ* ont donc été effectuées sous accréditation COFRAC suivant le protocole de mesure de l'Agence nationale des fréquences DR15-3 du 31 mai 2011 pour vérifier la conformité aux valeurs limites d'exposition définies dans le décret n°2002-775 du 3 mai 2002.

Deux cas de mesures sont possibles dans le protocole ANFR DR15-3. Le « Cas A » fournit une évaluation globale de l'exposition avec un résultat couvrant toutes les sources et toutes les fréquences. Le « Cas B » fournit une évaluation détaillée de l'exposition avec un ensemble de valeurs de champs pour des sources, des fréquences ou des sous-bandes de fréquences.

Des mesures selon le Cas A et le Cas B ont été réalisés pour mesurer le niveau de champ électromagnétique à proximité d'un compteur et à proximité de la passerelle.

- **Mesures sur site sur 24h**

Un logiciel d'acquisition des données a été développé pour permettre l'enregistrement sur de longues durées (plus de 24h) des émissions des équipements sous test. Les valeurs RMS moyennées sur 6 minutes sont enregistrées toutes les 6 minutes et les valeurs crêtes sont enregistrées toutes les secondes lorsque le compteur est en émission et toutes les 6 minutes sinon.

Pour les modules intégrés aux compteurs, la mesure est centrée sur la fréquence 169,44375 MHz avec une largeur de bande de 10 MHz qui couvre très largement l'amplitude spectrale du signal émis par le compteur.

4. Caractéristiques techniques des compteurs

4.1. Description des compteurs

Le compteur est placé à une hauteur de 1,50 m dans un environnement dégagé et la sonde est placée à 1 m du compteur, à la même hauteur, comme illustré sur la Figure 7. La distance de 1 mètre a été choisie en application de la norme de mesure EN 50492 afin de se trouver à une distance où la mesure du champ électrique est suffisante pour caractériser le niveau d'exposition.



Figure 7 : disposition de l'antenne de mesure et du module sur le compteur d'eau

L'analyseur de spectre permet d'afficher la signature en fréquence du signal (cf. Figure 8). La fréquence centrale apparaît conforme aux données techniques (cf. Figure 3) c'est-à-dire 169,44375 MHz. La largeur spectrale du signal est de 12,5 kHz.

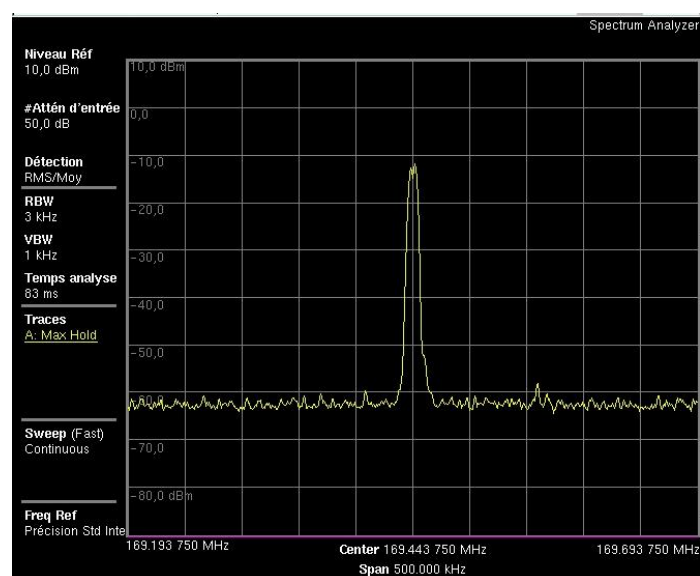


Figure 8 : analyse spectrale du signal émis par le compteur

Le SRM 3006 permet d'illustrer la signature temporelle du signal. La durée d'une impulsion est de 120 ms (cf. Figure 9).

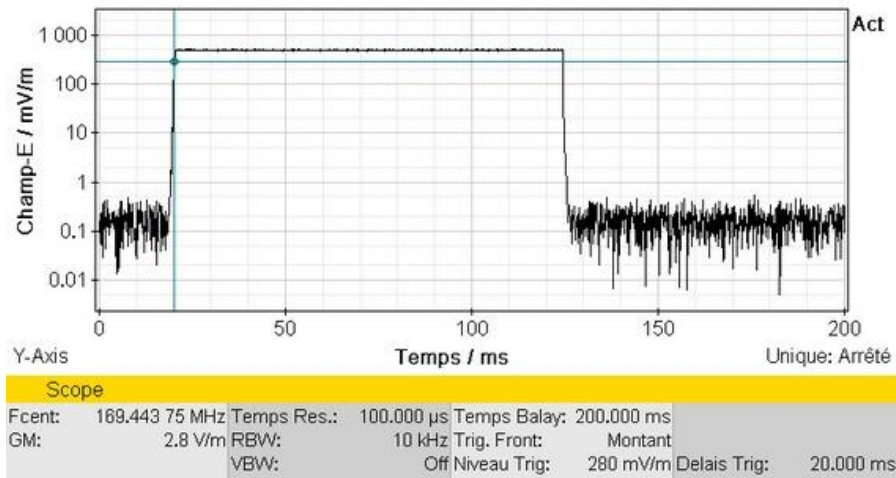


Figure 9 : analyse temporelle du signal émis par le compteur

Les trames-tests déclenchées par le PDA de maintenance se composent de 3 impulsions de 120 ms chacune (cf. Figure 10).

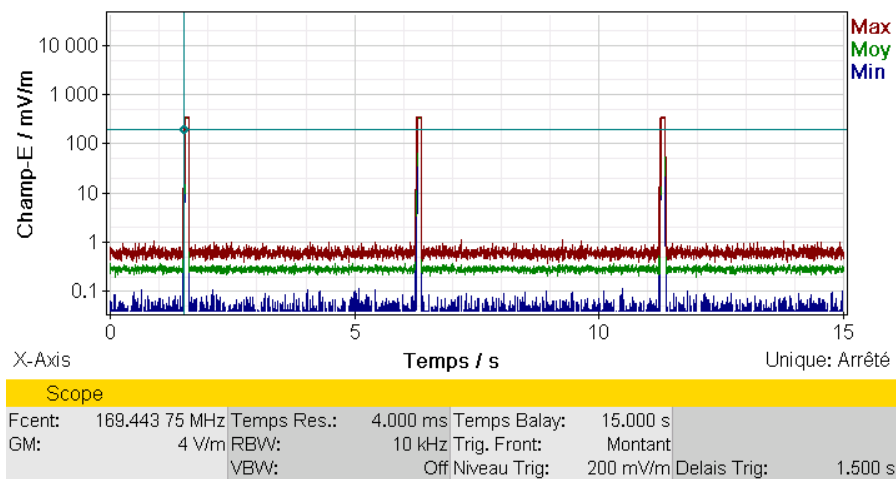


Figure 10 : analyse temporelle d'une trame test déclenchée par le PDA de maintenance et composée de 3 impulsions de 120 ms

Les 3 impulsions sont émises à des intervalles différents selon les compteurs (cf. Tableau 1).

	Impulsion 1 (s)	Impulsion 2 (s)	Impulsion 3 (s)
SAPPEL 1	0	+ 6,3	+ 11,3
SAPPEL 2	0	+ 6,1	+ 9,8
SAPPEL déporté	0	+ 4,3	+ 5,8
ITRON 1	0	+26,5	+ 47,6
ITRON 2	0	+ 26,5	+ 47,5

Tableau 1 : intervalles des impulsions selon les compteurs après la première impulsion

En fonctionnement réel, les trames se composent d'une ou deux impulsions (cf. Figure 11).

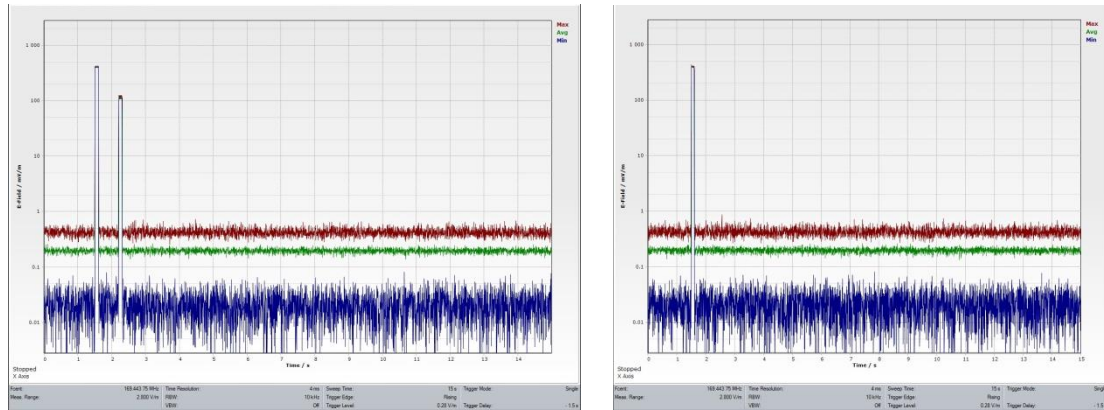


Figure 11 : analyse temporelle d'une trame en fonctionnement réel composée d'1 ou 2 impulsions de 120 ms

4.2. Mesures comparatives des différents compteurs

Afin de choisir le compteur sur lequel une analyse plus poussée sera réalisée, des mesures du niveau de champ-crête sont réalisées à 1 mètre de chacun des 5 compteurs.

Ces niveaux varient entre 0,5 V/m et 1 V/m (cf. Figure 12).

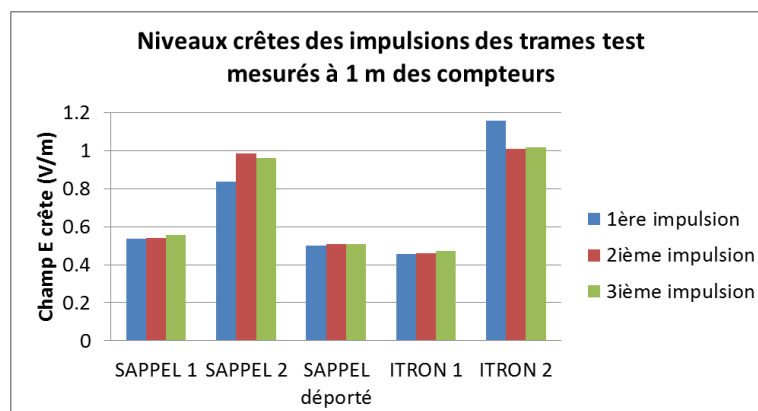


Figure 12 : comparaison des niveaux de champs crêtes mesurés à 1 mètre des 5 compteurs

L'analyse plus détaillée sera donc menée sur le compteur ITRON émettant le niveau de champ crête le plus élevé (identifiant ITRON 2, numéro de série N/HEX : D11DE4C0 – G).

4.3. Mesures d'isotropie et à différentes distances du compteur ITRON N/HEX : D11DE4C0 – G

Afin de mieux caractériser les niveaux de champs émis par ce compteur, des mesures d'isotropie et en fonction de la distance ont été réalisées.

Les quatre mesures de champ crête réalisées autour du compteur ne montrent pas de direction privilégiée de rayonnement (cf. Figure 13) : le compteur émet donc son signal de manière omnidirectionnelle.

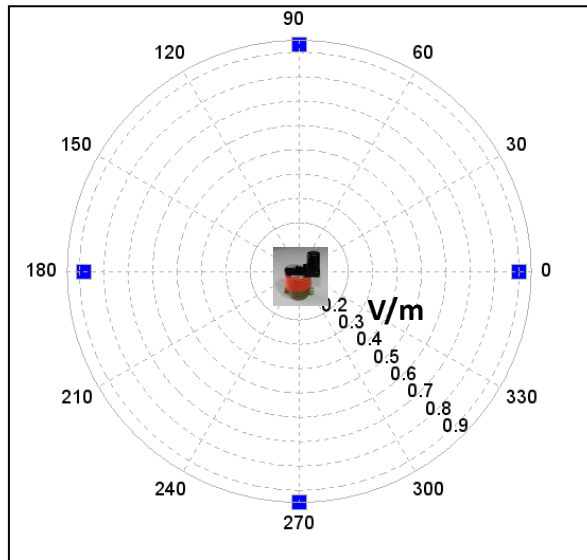


Figure 13 : mesure d'isotropie du rayonnement du compteur Itron 2

Afin d'illustrer la décroissance rapide du champ en fonction de la distance, des mesures à différentes distances ont été réalisées (0,25; 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 et 3 m). La Figure 14 illustre la décroissance en inverse de la distance du niveau crête.

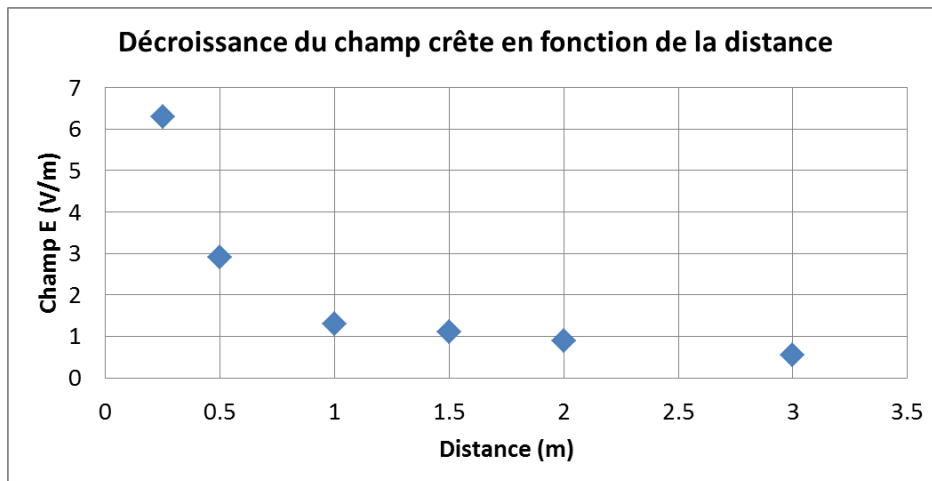


Figure 14 : décroissance du champ-crête maximal émis par le compteur Itron 2 en fonction de la distance

5. Essai COFRAC de mesure de champ électromagnétique *in situ*

Un essai COFRAC de mesure de champ électromagnétique *in situ* selon le protocole ANFR DR15-3 du 31 mai 2011 a été réalisé en extérieur à proximité du compteur Itron 2 (Figure 15). Le Cas A et le Cas B du protocole ont été réalisés. Conformément au protocole de mesure ANFR DR15-3, une moyenne spatiale sur 3 hauteurs (1,10m, 1,50m et 1,70m) est réalisée ainsi qu'une moyenne temporelle sur un maximum de 6 minutes. Une trame test est déclenchée à l'aide du PDA.



Figure 15 : configuration de la mesure COFRAC sur le compteur Itron 2

Les résultats de mesure du Cas A sont indiqués dans le Tableau 2. Ces résultats, moyennés sur 6 minutes, sont en dessous du seuil de sensibilité de la sonde qui est de 0,38 V/m. Les émissions du compteur étant très brèves, la moyenne temporelle fait fortement baisser la moyenne des niveaux de champs mesurés.

Hauteur	Champ électrique moyen
1,7 m	0,13 V/m
1,5 m	0,14 V/m
1,1 m	0,17 V/m
Moyenne spatiale	< seuil sensibilité

Tableau 2 : résultat de la mesure large bande du Cas A du protocole de mesure ANFR DR 15-3

Le niveau de champ, obtenu au cas A, sans tenir compte des incertitudes, étant inférieurs à 6 V/m, la conformité du niveau d'exposition au champ électromagnétique dans la bande 100 kHz – 6 GHz vis-à-vis du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 est donc déclarée.

Une mesure hors accréditation dans la bande de fréquence d'émission du compteur a été réalisée. Le Tableau 3 indique les niveaux de champs électriques moyens sur 6 minutes et crête mesurés à 1 m de l'antenne pour 3 hauteurs à la fréquence de 169,44375 MHz avec une largeur de bande de 10 MHz qui couvre largement la bande de fréquence du signal émis par le compteur.

Hauteur	Champ électrique moyen	Champ électrique crête
1,7 m	0,04 V/m	1,12 V/m
1,5 m	0,05 V/m	1,10 V/m
1,1 m	0,04 V/m	1,22 V/m
Moyenne spatiale	< seuil sensibilité	1,15 V/m

Tableau 3 : résultat complémentaire de l'émission du compteur hors accréditation

Les valeurs crêtes mesurées sont en accord avec les niveaux mesurés en laboratoire sur ce compteur (cf. Figure 12).

Les niveaux mesurés demeurent très faibles comparés à la valeur limite réglementaire qui est de 28 V/m à la fréquence d'émission du compteur.

6. Mesure sur 24h

6.1. En laboratoire

La sonde est placée à un mètre du compteur Itron 2. Un enregistrement en continu pendant plusieurs jours a été réalisé pendant lequel 1002 relevés temporels ont été enregistrés.

Ces enregistrements permettent de montrer l'occupation temporelle du signal émis par le compteur. Les émissions ne sont pas permanentes : la plupart du temps le compteur n'émet pas. Comme prévu, les relevés ont bien montré la transmission de 6 trames de comptage par jour (une toutes les 4 heures) et de deux trames de monitoring émises avec un intervalle de 12 heures peu de temps après 2 des trames de comptages. La Figure 16 montre le relevé d'une journée type. Les relevés temporels sont très reproductibles d'un jour à l'autre. Lors de cette acquisition, les trames de comptages sont envoyées vers minuit, 4h, 8h, midi, 16h et 20h.

En termes de niveaux de champ, les niveaux crêtes maximum à 1m du compteur varient entre 1 et 2 V/m.

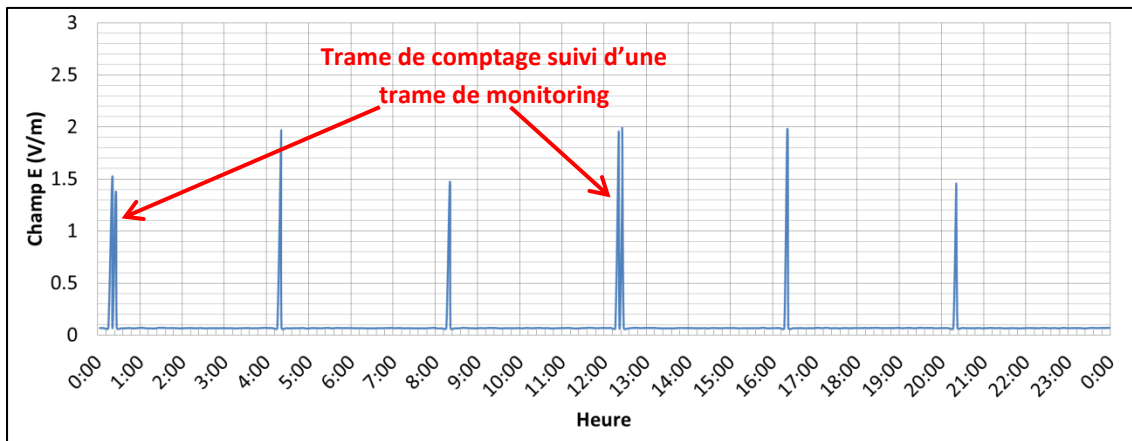


Figure 16 : Relevé temporel de niveaux de champ crête émis par le compteur Itron2 mesurés à 1 mètre sur une journée entière

Les niveaux RMS moyennés sur 6 minutes sont bien plus bas car les durées de transmission sont très courtes. Ils sont inférieurs à 0,05 V/m comme illustré sur la Figure 17 pour la même journée.

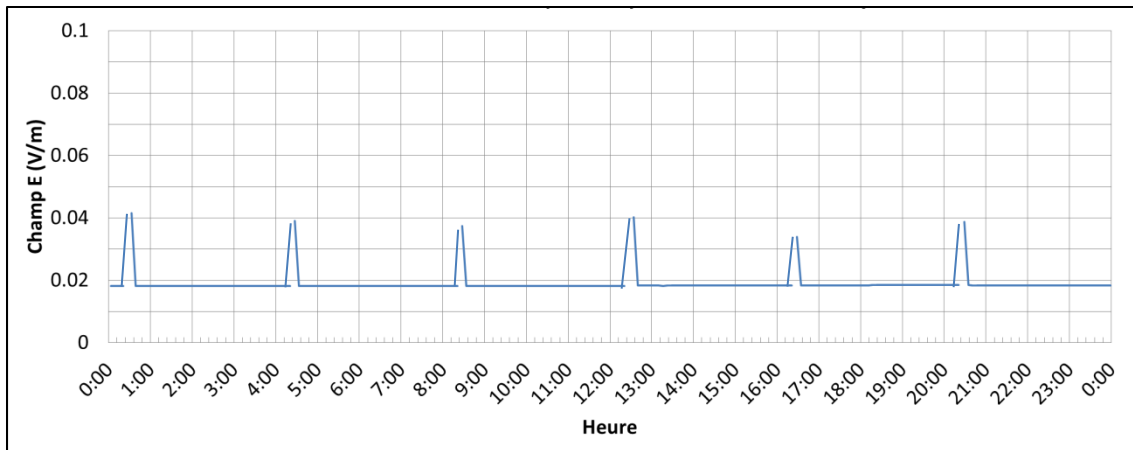


Figure 17 : relevé temporel des niveaux de champ RMS émis par le compteur Itron2 mesurés à 1m du compteur sur la même journée

Un deuxième enregistrement de quelques jours a été réalisé pour analyser l’influence de l’utilisation du PDA.

Lors de ce deuxième enregistrement, le PDA de maintenance a été utilisé pour forcer 2 trames-test à 18h23 et 18h36 (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les niveaux de champ relevés sont similaires à ceux relevés lors du premier enregistrement, c’est-à-dire entre 1 et 2 V/m pour les niveaux de champ crêtes maximum mesurés à 1 m du compteur. La Figure 19 est un agrandissement sur l’heure où le PDA a été utilisé pour déclencher les trames-test.

Il n’y a pas de différence significative entre le niveau de champ crête maximal émis lors d’une trame de comptage et celui émis lors d’une trame-test. Ce niveau crête varie entre 1 et 2 V/m.

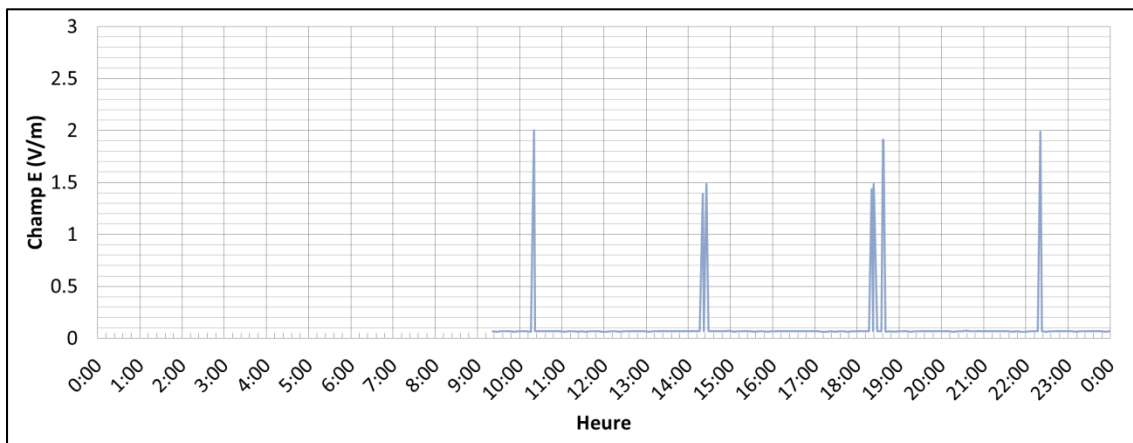


Figure 18 : relevé temporel de niveaux de champ crête émis par le compteur Itron2 avec déclenchement de trames test à 18h23 et 18h36

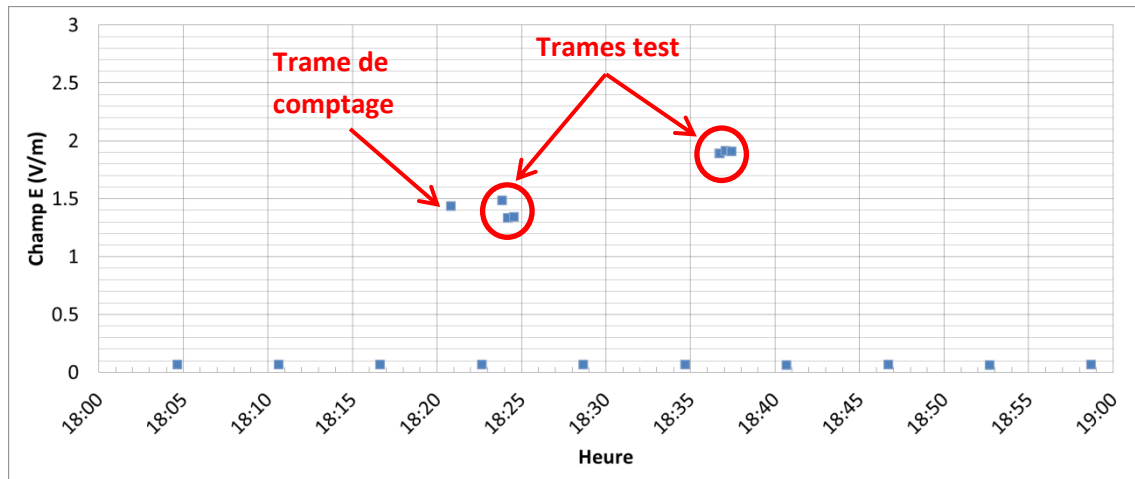


Figure 19 : zoom du relevé temporel autour des déclenchements de trames test par le PDA de maintenance à 18h23 et 18h36

Cependant, la trame test est composée de 3 impulsions alors que la trame de comptage n'en compte qu'une. La valeur moyenne sur 6 minutes se trouve légèrement impactée par cette différence (cf. Figure 20).

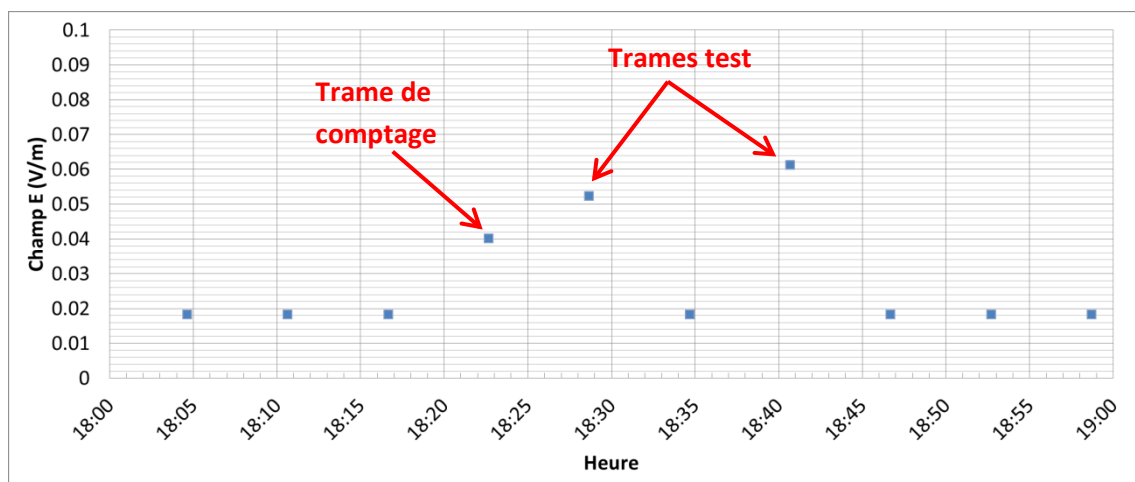


Figure 20 : niveaux de champs moyens sur 6 minutes mesurés autour des déclenchements de trames test par le PDA de maintenance à 18h23 et 18h36 et d'un trame de comptage à 18h21.

6.2. In situ

6.2.1. Configuration

En situation réelle, le compteur est souvent installé soit en extérieur, soit en intérieur dans un environnement en général exigü (comme une salle de bain ou des toilettes). L'objet de la mesure in situ était de réaliser une mesure à proximité du compteur dans son environnement réel et également dans une pièce où les personnes séjournent durablement (du type chambre ou salon).

L'essai a donc nécessité deux chaînes de mesures pour réaliser simultanément les enregistrements à proximité du compteur et dans le lieu de vie.

Le site choisi est une maison en rez-de-chaussée à Rambouillet. Le compteur de marque SAPPÉL est installé dans la buanderie à 75 cm du sol contre un mur. La première chaîne de mesure est donc installée à 1 m en face du compteur à la même hauteur (cf. Figure 21).

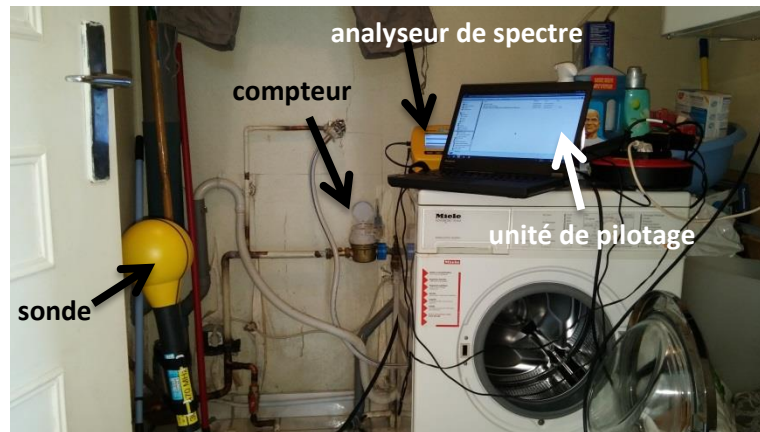


Figure 21 : installation de la chaîne de mesure à proximité du compteur d'eau chez un particulier

La buanderie est mitoyenne avec le salon où la deuxième chaîne de mesures est installée de façon à ne pas gêner l'occupant de la maison.

La sonde de mesure est placée à 1,10 m de hauteur, qui est une des hauteurs prévues dans le protocole de mesure de champ électromagnétique *in situ* de l'ANFR et qui est représentative d'une personne assise à table ou dans le canapé vu la situation de la sonde de mesure (cf. Figure 22).



Figure 22 : installation de la chaîne de mesure dans un lieu où les personnes séjournent durablement

La sonde de mesure se trouve à une distance approximative de 4,25 m du compteur d'eau (cf. Figure 23).

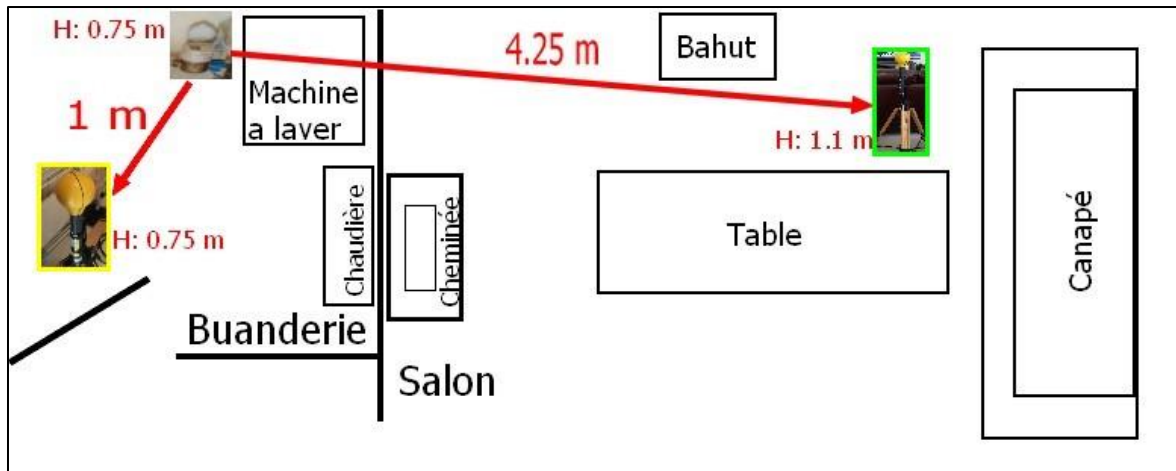


Figure 23 : plan d'installation des deux chaînes de mesure

6.2.2. Résultats des mesures sur 24h

Comme en laboratoire, les valeurs de champ électrique crêtes maximales et les valeurs de champ moyennées sur 6 minutes sont enregistrées. Les enregistrements ont porté sur 48 heures.

La Figure 24 illustre les niveaux de champ crêtes relevés simultanément dans la buanderie à 1 m du compteur et dans le salon derrière un mur et à un plus de 4 m du compteur. Dans la buanderie, les niveaux sont conformes à ceux observés en laboratoire, c'est-à-dire des niveaux-crêtes autour de 1,2 V/m dans ce cas-là. Le compteur est réglé pour transmettre 4 fois par jour vers midi, 18 h, minuit et 6 h.

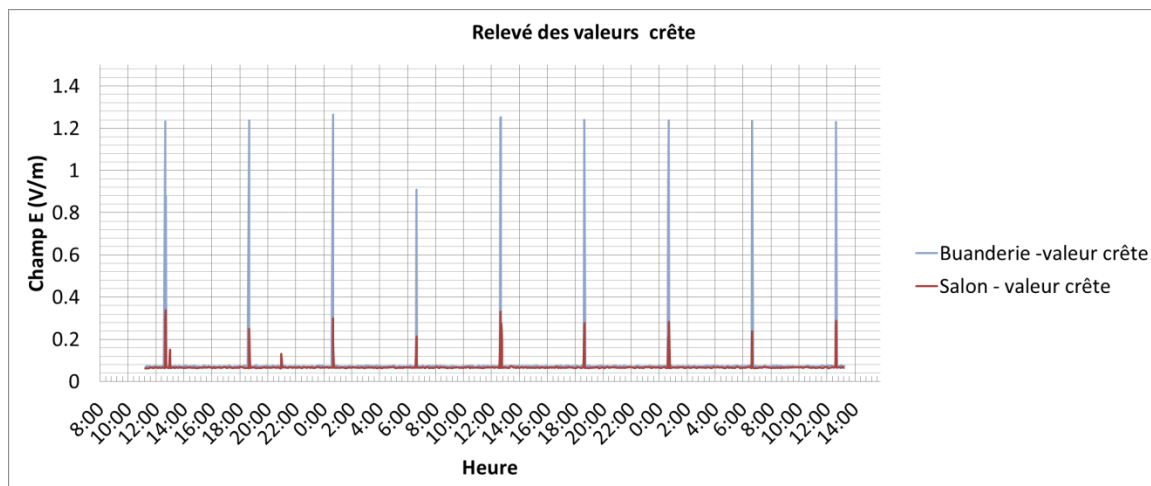


Figure 24 : relevés des niveaux de champ électrique crête dans la buanderie et dans le salon sur 48 heures.

Dans le salon, à un peu plus de 4 m du compteur, le niveau de champ crête est très fortement atténué et ressort autour de 0,3 V/m (cf. Figure 24). Cette atténuation est principalement due à la distance : le champ électrique est inversement proportionnel à la distance ; donc si on multiplie par 4 la distance (en passant de 1 m à 4 m du compteur), le champ se trouve divisé par 4 (en passant de 1,2 V/m à 0,3 V/m). L'atténuation par une simple cloison à la fréquence de 169 MHz est très faible.

Distance	1m	4m	Rapport x4
Champ électrique crête	~1,2 V/m	~0,3 V/m	Rapport 1/4

Tableau 4 : atténuation du champ électrique émis par le compteur en fonction de la distance

Dans les enregistrements effectués dans le salon, 2 émissions parasites ont été relevées vers 13 h et 21 h à des niveaux-crêtes très faibles autour de 0,1 V/m.

Conformément à ce qui était attendu, les niveaux de champ moyenné sur 6 minutes sont très faibles, entre 0,03 et 0,04 V/m dans la buanderie à 1 m du salon (cf. Figure 25).

Les niveaux mesurés sont très faibles comparés à la valeur limite réglementaire qui est de 28 V/m à la fréquence d'émission du compteur.

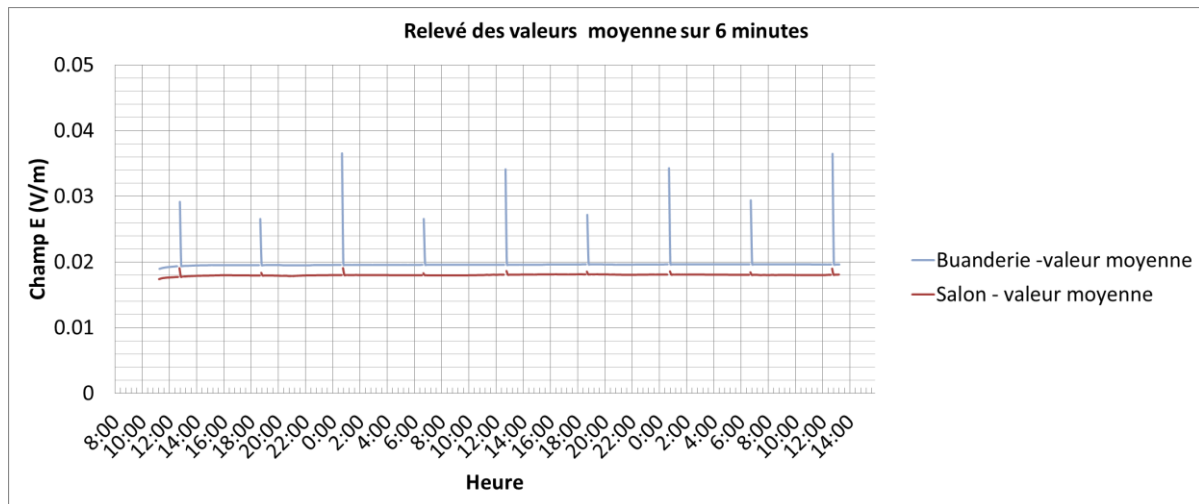


Figure 25 : relevés des niveaux de champ électrique moyennés sur 6 minutes dans la buanderie et dans le salon sur 48 heures.

6.2.3. Mesure de champ électromagnétique in situ accrédité COFRAC

Pour compléter l'analyse du site retenu, une mesure de champ électromagnétique *in situ* a été effectuée suivant le protocole de l'Agence nationale des fréquences sous accréditation COFRAC à l'emplacement de la sonde de mesure de l'enregistrement du salon (cf. Figure 26).



Figure 26 : emplacement du lieu de la mesure de champ électromagnétique in situ COFRAC

L'analyse globale du champ (cas A du protocole de mesure) a révélé des niveaux de champs mesurés à la sonde large bande très faibles en-dessous du seuil de sensibilité de l'appareil de mesures (cf. Tableau 5).

Hauteur	Champ électrique moyen
1,7 m	0,09 V/m
1,5 m	0,17 V/m
1,1 m	0,15 V/m
Moyenne spatiale	< seuil sensibilité

Tableau 5 : résultat de la mesure large bande du Cas A du protocole de mesure ANFR DR 15-3

Les résultats de l'analyse détaillée en fréquence se trouvent dans le rapport de mesure COFRAC.