

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

Mai 2020

Synthèse

Ce rapport étudie l'exposition aux ondes radioélectriques émises par les émetteurs VHF 169 MHz installés sur les compteurs d'eau Saur. Ces émetteurs permettent d'assurer un service de télérelève en transmettant les index de consommation par radio. Leurs caractéristiques techniques ont été étudiées et sont présentées dans ce rapport. L'analyse a porté sur une gamme de trois modules émetteurs fournis par Saur.

Les émetteurs transmettent par défaut quatre trames journalières. Les trames sont émises à des horaires aléatoires et durent moins d'une demi-seconde : la plupart du temps, le compteur n'émet pas. Le protocole de mesure de l'Agence nationale des fréquences DR15-4 s'applique et 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 d'exposition sont particulièrement faibles (inférieurs ou égaux à 0,15 V/m).

Selon le module, pendant les brèves émissions, le niveau de champ maximal instantané mesuré à 50 centimètres en face varie entre 1,8 V/m et 3,2 V/m.

Les niveaux d'exposition mesurés sont donc très faibles comparés à la valeur limite réglementaire qui est de 28 V/m aux fréquences utilisées par les modules équipant les compteurs Saur.

Pour analyser le comportement des émetteurs dans la durée, un logiciel d'acquisition a été développé pour enregistrer les valeurs mesurées sur de longues périodes (typiquement plusieurs jours).

Ce logiciel a été utilisé en laboratoire pour enregistrer les niveaux d'exposition à proximité du compteur. Les enregistrements sur 24 heures ont permis de constater l'envoi des 4 relevés journaliers à des horaires aléatoires et ont confirmé que les niveaux d'exposition étaient très faibles.

Table des matières

1. Contexte	3
2. Réglementation en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétique.....	4
3. Description des équipements testés et des moyens de mesures	5
3.1. Description de la composante VHF (compteur)	5
3.2. Conditions d'accès au spectre	6
3.3. Installation et maintenance	7
3.4. Moyens de mesures	8
4. Caractéristiques radioélectriques des modules	10
4.1. Description des émissions radioélectriques des modules	10
4.2. Mesures d'isotropie et à différentes distances des modules	11
5. Essai COFRAC de mesure de champ électromagnétique <i>in situ</i>	13
6. Mesure sur 24h.....	16
7. Conclusion	18
Annexe 1 : signatures fréquentielles des signaux émis selon le canal	19
Annexe 2 : signatures temporelles des signaux transmis lors de l'envoi d'une trame contenant 3, 13 ou 25 index.	20
Annexe 3 : horaires d'envoi des trames enregistrées sur deux jours consécutifs.	23

1. Contexte

Ce rapport étudie l'exposition aux ondes radioélectriques émises par les émetteurs VHF installés sur les compteurs d'eau déployés par Saur. Cette télérelève repose sur une technologie radio mise en œuvre dans la bande VHF, sur des fréquences proches de 169 MHz.

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



Figure 1 : principe de la chaîne communicante de la solution technique de télérelève retenue par Saur – source Saur

Ce rapport technique décrit les résultats des différents essais réalisés sur les modules radio équipant les compteurs d'eau Saur.

Le chapitre 2 rappelle la réglementation française 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 mesure, sous accréditation COFRAC, de champs électromagnétiques réalisés sur site à proximité d'un compteur Saur. Le chapitre 6 présente les résultats des mesures réalisées sur 24 heures en laboratoire.

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

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 limites 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 Saur (169 – 169,475 MHz), la valeur-limite en champ électrique est de 28 V/m.

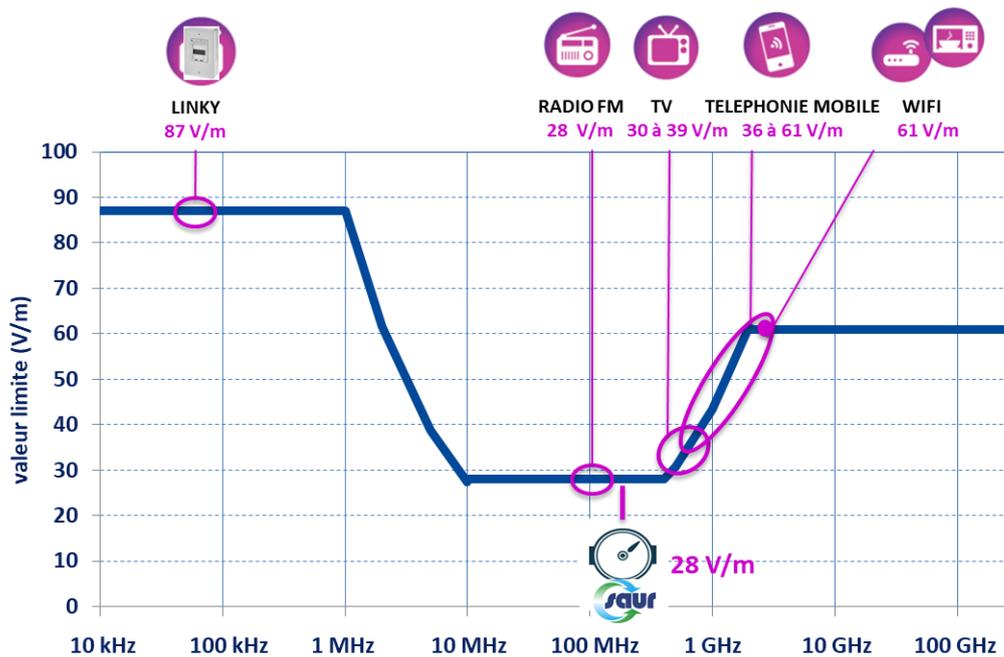


Figure 2 : valeurs limites-réglementaires fixées par le décret du 3 mai 2002 en champ électrique (exprimé en V/m)

En application de la norme NF EN 62479:2010², les modules radio utilisé par Saur sont considérés comme conformes en mesure au contact (0 mm) vis-à-vis des valeurs limites réglementaires puisque leurs émetteurs VHF ont une puissance moyenne maximale inférieure à 20 mW.

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

² NF EN 62479 :2010 « Évaluation de la conformité des appareils électriques et électroniques de faible puissance aux restrictions de base concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques (10 MHz - 300 GHz) »

3. Description des équipements testés et des moyens de mesures

3.1. Description de la composante VHF (compteur)

Il s'agit de modules de communication installés directement sur les compteurs d'eau fonctionnant dans la bande de fréquence 169,4 – 169,475 MHz. Les compteurs d'eau n'étant pas reliés à une source d'alimentation, ils fonctionnent grâce à une batterie, prévue pour une durée d'utilisation de 15 ans. Cette bande de fréquences se compose de 6 sous-porteuses de 12,5 kHz de largeur :

- Canal 0 : Fréquence centrale 169,40625 MHz ;
- Canal 1 : Fréquence centrale 169,41875 MHz ;
- Canal 2 : Fréquence centrale 169,43125 MHz ;
- Canal 3 : Fréquence centrale 169,44375 MHz ;
- Canal 4 : Fréquence centrale 169,45625 MHz ;
- Canal 5 : Fréquence centrale 169,46875 MHz.

Par défaut, les modules radio montés sur les compteurs d'eau utilisent le canal 2 dont la fréquence centrale est 169,43125 MHz. Si le niveau de bruit dans ce canal s'avère trop élevé, un autre canal peut être utilisé.

Sur la bande 169 MHz, la spécification de Saur, pour la puissance isotrope rayonnée équivalente, est entre 18,5 dBm (70 mW) et 21,5 dBm (140 mW). Cependant, l'environnement, et par exemple la proximité du compteur lui-même, peut modifier le diagramme de rayonnement. Enfin, les émissions ne sont pas permanentes, la puissance maximale moyenne sur 6 min est inférieure à 20 mW.

Le relevé journalier est programmé par défaut quatre fois par jour pour assurer une redondance des informations. Les trames transmises contiennent un index absolu et 11 index relatifs journaliers. Chacune de ces trames de relevés est envoyée aléatoirement pendant l'une des tranches horaires suivantes en heure UTC³

- minuit – 5 h ;
- 5 h – 10 h ;
- 10 h – 15 h ;
- 15 h – 20 h.

La tranche horaire de 20 h UTC à minuit UTC est réservée à l'éventuelle maintenance des compteurs.

Une trame de supervision est envoyée une fois par semaine et des trames supplémentaires peuvent être envoyées en cas d'alarme.

Le relevé journalier des index peut être reprogrammé jusqu'à un maximum de 255 envois par jour.

³ L'heure UTC (Universal Time Coordinated), en français Temps Universel Coordonné, est l'heure de référence internationale. 15 h UTC correspond en France à 16 h (heure d'hiver) ou 17 h (heure d'été).

L'analyse a porté sur trois modules radio, fournis par Saur, et installés sur un compteur d'eau:

Marque du module	Numéro de série du module	Modèle du compteur	Photo
HONEYWELL	F011835300239	TPR 11	
MADDALENA	3424078416520523	ARROW antenne longue	
MADDALENA	3424078418072002	ARROW antenne courte	

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 télérelève. Cette bande de fréquence est allouée à l'usage exclusif de l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (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'existe 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 télérelève rentrent dans la catégorie des

équipements de localisation, suivi et acquisition de données (section II de cette Annexe 7). La Figure 3 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.⁴. Le coefficient d'utilisation ne doit pas dépasser 10 %, ce qui signifie que, sur une heure, l'appareil doit émettre moins de 10 % du temps, soit moins de 6 minutes par heure 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 dB μ A/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 3 : 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 TRNBF s'appuie sur la réglementation européenne, 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).

3.3. Installation et maintenance

La mise en service (installation) ou mise hors service (désinstallation) des modules transmetteurs est réalisée au moyen d'un smartphone équipée de l'application dédiée Kerlink Wirgrid NFC qui permet de communiquer avec les modules en utilisant la technologie NFC⁵ (cf. Figure 4).



Figure 4 : smartphone équipé de l'application Kerlink Wirgrid NFC permettant de paramétrer les modules

L'application permet également de réaliser des diagnostics permettant de tester la connectivité des modules et de modifier le paramétrage d'envois des trames d'index. La configuration nominale des

⁴ Puissance apparente rayonnée, c'est-à-dire le produit de la puissance fournie à l'antenne par son gain.

⁵ *Near Field Communication*

modules est un envoi des index quatre fois par jour. Afin de pouvoir réaliser plus facilement des mesures d'exposition lors de ces transmissions, ce nombre d'envois journalier a été fixé à sa valeur maximale soit 255 fois par jour, ce qui correspond à un envoi toutes les 5 minutes environ.

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 associé à une sonde 3 axes isotrope EF 0691 sont utilisés (cf. Figure 5). Cet appareil de mesure permet d'évaluer le niveau de champ électrique total sur une large bande de fréquence allant de 100 kHz à 6 GHz.



Figure 5 : 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 5) 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 modules 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 d'effectuer 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'ANFR DR15-4 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 DR 15-4. 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 équipé d'un module radio.

- **Mesures sur site sur 24h**

Un logiciel d'acquisition des données a été développé pour permettre l'enregistrement sur de longues durées (plus de 24 h) des émissions des équipements sous test. Les valeurs RMS moyennées sur 6 minutes et les valeurs crêtes sont mesurées toutes les secondes. Les valeurs RMS moyennées sont enregistrées toutes les 6 minutes et les valeurs crêtes sont enregistrées toutes les secondes lorsque le compteur est en émission. La mesure est centrée sur la fréquence d'émission du compteur, mesurée au préalable à l'aide du smartphone équipée de l'application Kerlink Wirgrid NFC, avec une largeur de bande de 12,5 kHz.

4. Caractéristiques radioélectriques des modules

4.1. Description des émissions radioélectriques des modules

L'analyseur de spectre permet d'afficher la réponse en fréquence du signal (cf. Figure 6 pour le module Maddalena Arrow avec l'antenne courte). L'Annexe 1 présente les résultats fréquentiels des trois modules en test. Les fréquences centrales apparaissent conformes aux données techniques c'est-à-dire comprises entre 169,4 et 169,475 MHz. La largeur spectrale du signal est de 12,5 kHz.

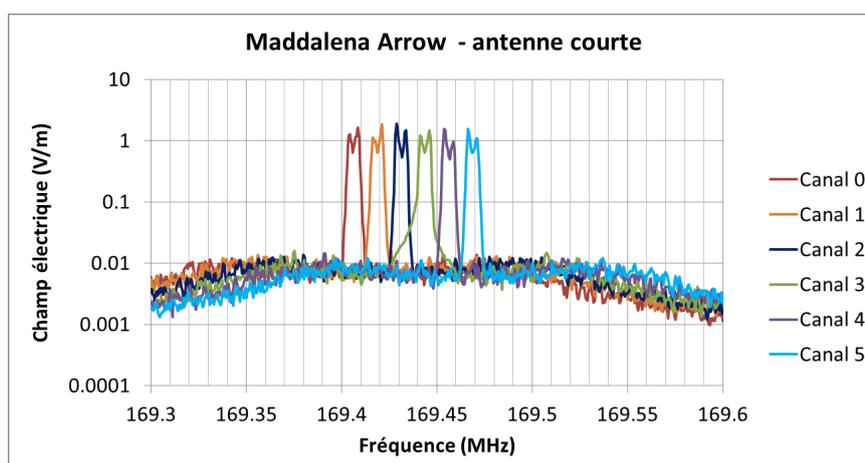


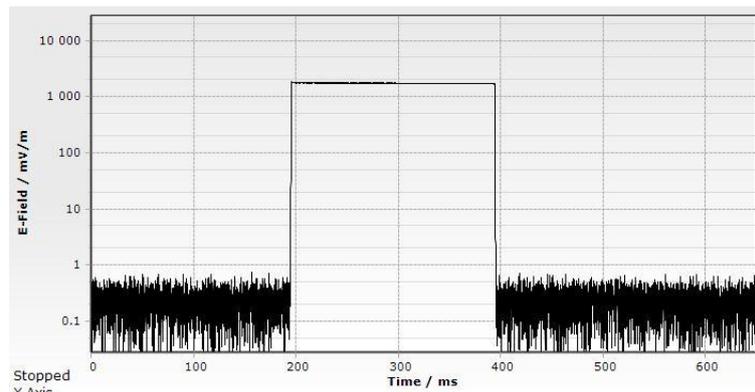
Figure 6 : signatures fréquentielles des signaux émis selon le canal choisi pour le module Maddalena Arrow avec l'antenne courte

Par défaut, les trames de relevés permettent de transmettre 12 index et mais il est possible d'augmenter ce nombre d'index par trame jusqu'à 25 ou de le réduire.

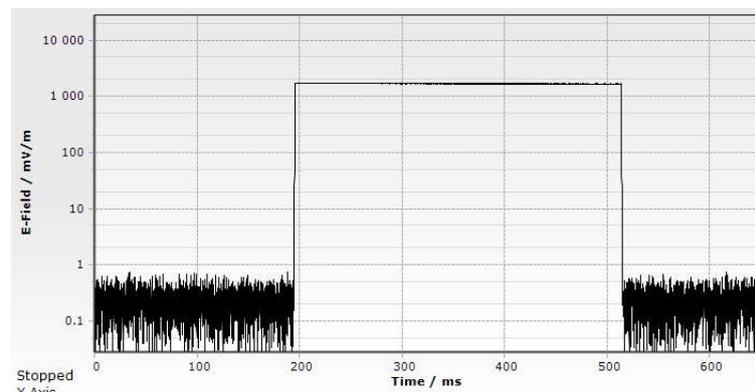
Le Tableau 1 indique les durées d'envoi des trames de relevés pour les 3 modules sous test et pour différents nombres d'index par trame. L'émission pour envoyer une trame est donc très courte : elle dure moins d'une demi-seconde, même pour transmettre 25 index.

Nombre d'index par trame	Honeywell TPR 11	Maddalena arrow antenne courte	Maddalena arrow antenne longue
3	218 ms	218 ms	198 ms
13	318 ms	325 ms	318 ms
25	357 ms	365 ms	357 ms

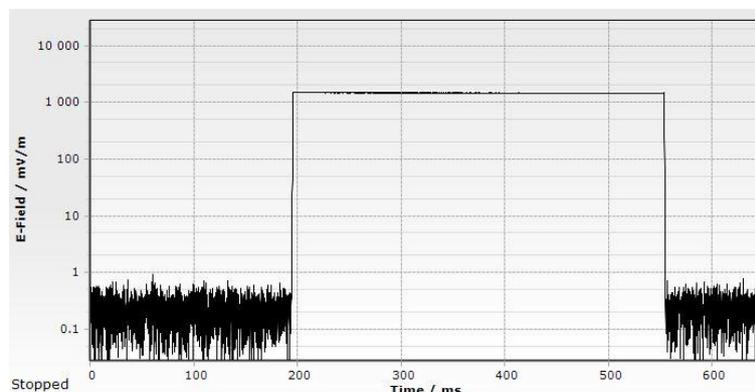
Tableau 1 : durée de transmission d'une trame de relevés en fonction du nombre d'index qu'elle contient.



(a) Trame contenant 3 index



(b) Trame contenant 13 index



(c) Trame contenant 25 index

Figure 7 : signatures temporelles du signal transmis par le module Honeywell TPR11 lors de l'envoi d'une trame de relevés contenant 3, 13 ou 25 index.

La signature temporelle (cf. Figure 7) apparaît quasiment identique pour les 3 modules testés mais la durée de la trame dépend du nombre d'index qu'elle comporte. L'Annexe 2 présente les signatures temporelles des trois modules en test.

4.2. Mesures d'isotropie et à différentes distances des modules

Pour réaliser l'analyse des niveaux de champ émis par les modules, le paramétrage nominal a été utilisé, c'est-à-dire le choix du canal 2 pour la fréquence d'émission et des trames de relevés

contenant 13 index. Les niveaux de champ électrique sont évalués dans le mode d'exploitation « *level recorder* » de l'appareil de mesure Narda SRM-3006 sur la fréquence d'émission du module avec une largeur de bande de 12,5 kHz.

Les modules n'ont pas de direction privilégiée de rayonnement comme l'indique la Figure 8, qui illustre les niveaux de champ électrique mesurés à hauteur des modules à 50 centimètres sur leurs 4 côtés : les modules émettent donc leurs signaux de manière omnidirectionnelle.

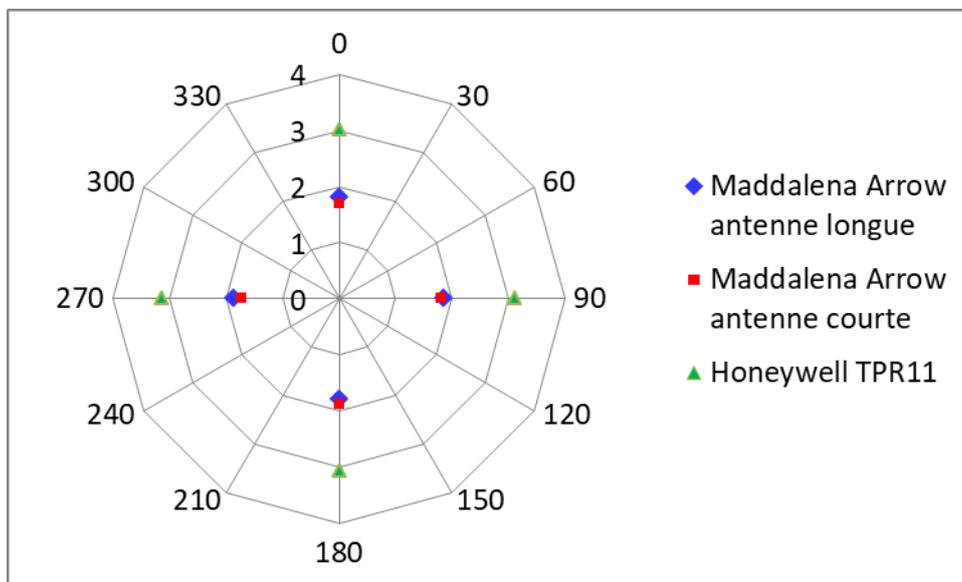


Figure 8 : niveaux de champ électrique crête mesurés dans les 4 directions principales autour des modules dans un plan horizontal

Afin d'illustrer la décroissance rapide du champ en fonction de la distance, des mesures à différentes distances ont été réalisées (0,25 m ; 0,5 m ; 1 m ; 2 m et 3 m). La Figure 9 illustre la décroissance, proportionnelle à l'inverse de la distance, des niveaux de champ électrique crête mesurés en face des modules.

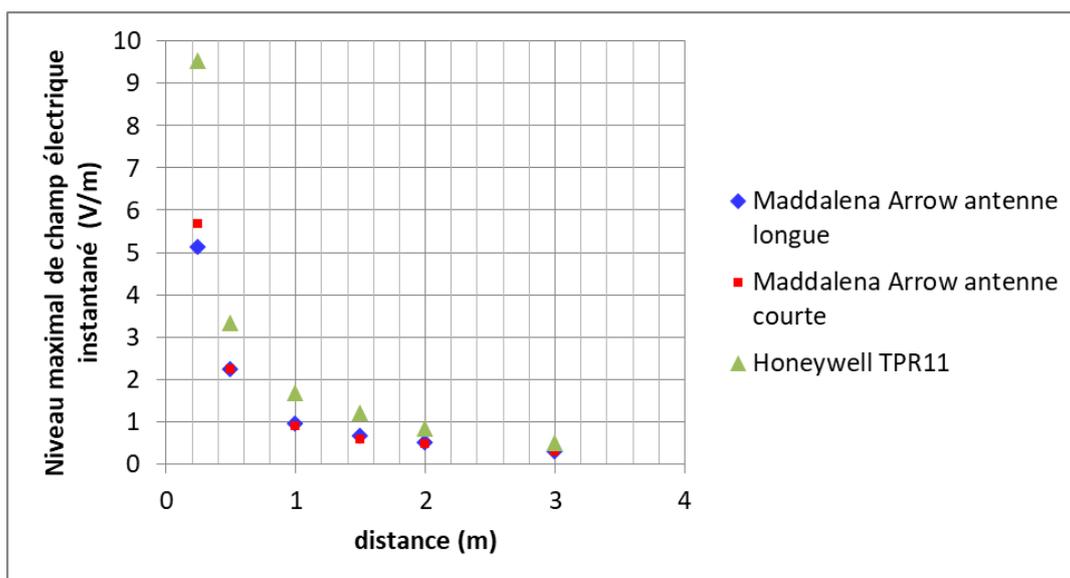


Figure 9 : décroissance des niveaux de champ électrique crête émis par les modules en fonction de la distance

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

Un essai sous accréditation COFRAC de mesure de l'exposition électromagnétique *in situ* selon le protocole ANFR DR15-4 du 28 août 2017 a été réalisé à une distance de deux mètres de chacun des trois modules sous test (Figure 10). Le Cas A et le Cas B du protocole ont été réalisés. Conformément au protocole de mesure ANFR DR15-4, une moyenne spatiale sur 3 hauteurs (1,10 m, 1,50 m et 1,70 m) est réalisée ainsi qu'une moyenne temporelle sur un maximum de 6 minutes.



Figure 10 : configuration de la mesure COFRAC sur le compteur Honeywell TPR11

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

Hauteur	Honeywell TPR11 Champ électrique moyen	Maddalena Arrow antenne longue Champ électrique moyen	Maddalena Arrow antenne courte Champ électrique moyen
1,7 m	0,14 V/m	0,13 V/m	0,13 V/m
1,5 m	0,16 V/m	0,12 V/m	0,11 V/m
1,1 m	0,16 V/m	0,13 V/m	0,12 V/m
Moyenne spatiale	0,15 V/m*	0,13 V/m*	0,12 V/m*

*Niveau inférieur au seuil de sensibilité de la sonde (0,38 V/m)

Tableau 2 : résultats des mesures large bande des Cas A du protocole de mesure ANFR DR 15-4

Pour prononcer la conformité, les résultats des mesures sont directement comparés aux valeurs limites. Les niveaux de champ, obtenus au cas A, 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 pour les trois modules sous test.

Une mesure complémentaire dans la bande de fréquence d'émission des modules a été réalisée à 50 cm en face des compteurs. La Figure 11 illustre les signatures fréquentielles relevées lors des essais COFRAC des trois modules testés.

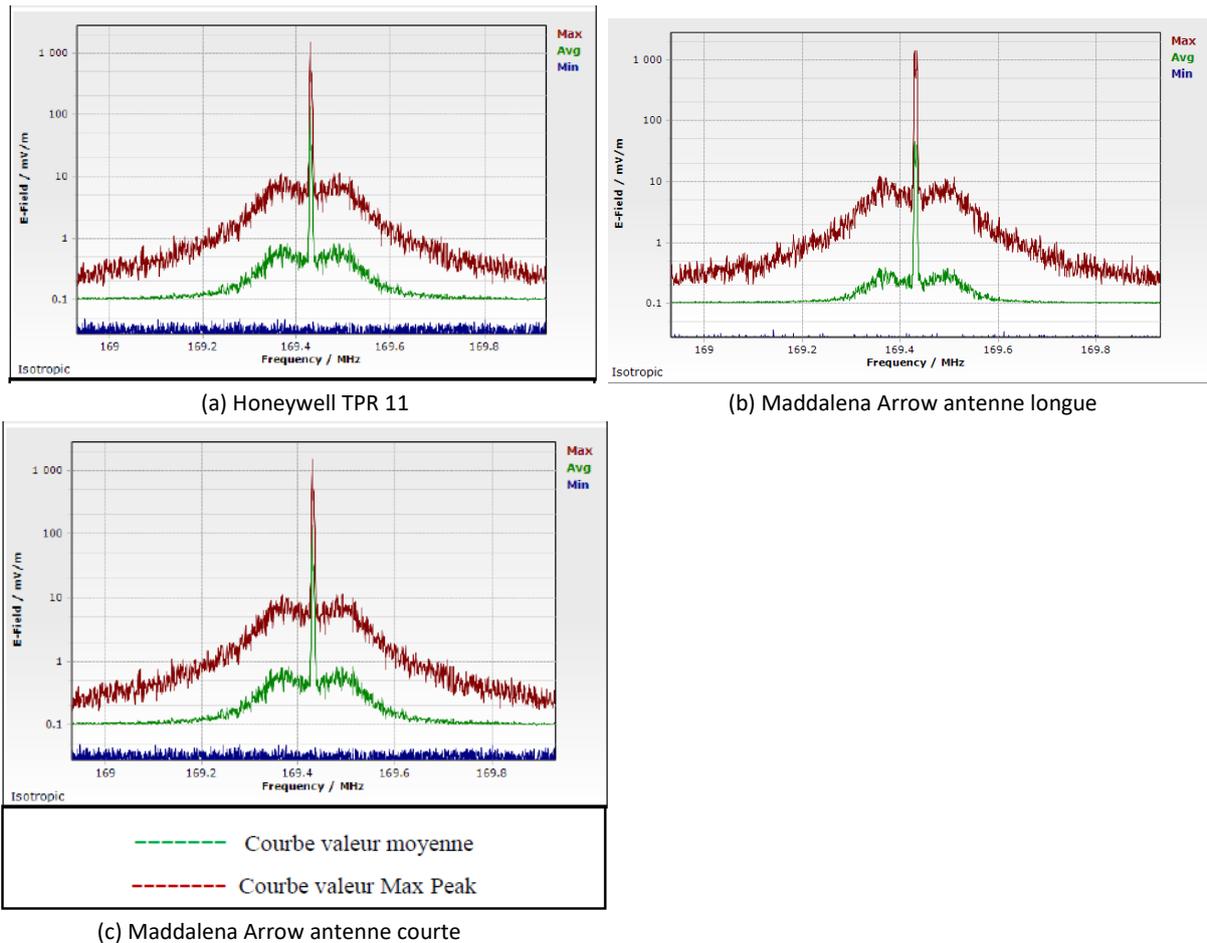


Figure 11 : analyse spectrale des émissions des modules testés relevés lors des essais COFRAC

Le Tableau 3 indique les niveaux de champs électriques moyens sur 6 minutes et les niveaux maximaux (niveaux crête) mesurés à 50 cm en face des modules sur une bande de fréquence de 12,5 kHz de large pour couvrir entièrement la bande d'émission des modules.

	Honeywell TPR11 Champ électrique moyen	Maddalena Arrow antenne longue Champ électrique moyen	Maddalena Arrow antenne courte Champ électrique moyen
Champ électrique moyen sur 6 minutes	0,12 V/m	0,07 V/m	0,06 V/m
Champ électrique maximal	3,24 V/m	1,75 V/m	1,85 V/m

Tableau 3 : résultats complémentaires des niveaux de champs à 50 cm en face des modules dans leur bande de fréquence d'émission

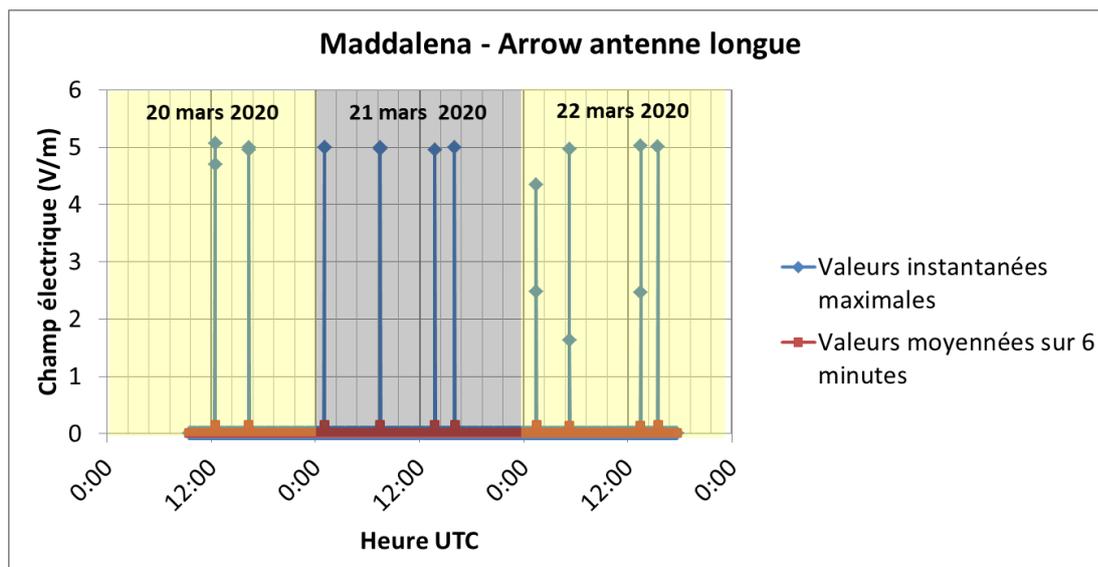
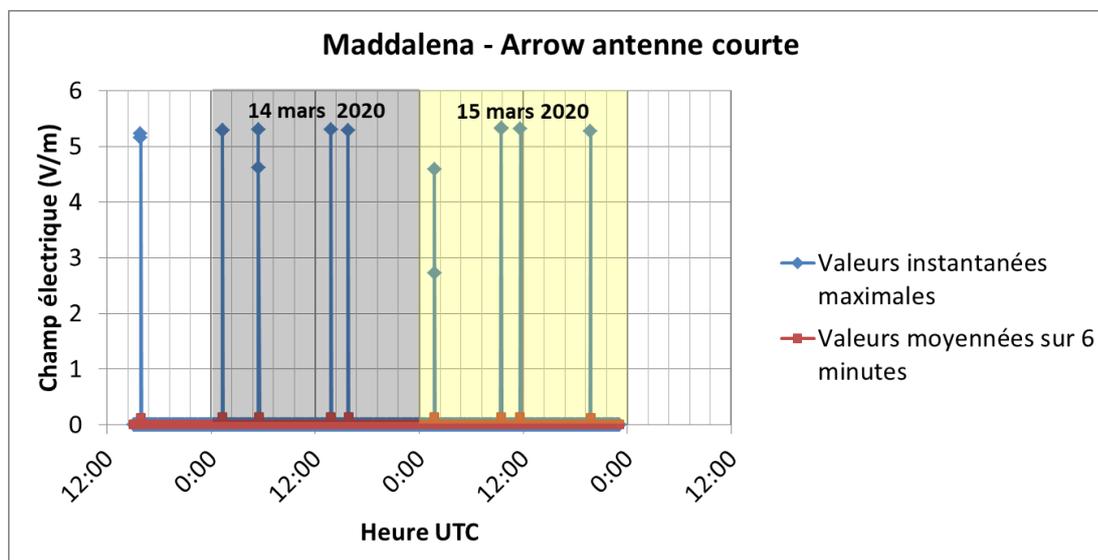
Les niveaux mesurés demeurent très faibles comparés à la valeur limite réglementaire, qui est de 28 V/m à la fréquence d'émission des modules.

6. Mesure sur 24h

La sonde est placée à 25 centimètres des modules. Des enregistrements en continu pendant plusieurs jours ont été réalisés pour chacun des trois modules sous test.

Ces enregistrements permettent de montrer l'occupation temporelle des signaux émis par les modules. Les émissions ne sont pas permanentes, la plupart du temps les modules n'émettent pas.

Comme prévu par la programmation, les relevés ont bien montré la transmission de 4 trames de comptage par jour envoyée de façon aléatoire. La Figure 12 montre les relevés des trois compteurs sur deux ou trois jours et illustrent bien le fait que les envois de trame se font à des horaires à l'aléatoires dans des plages horaires d'envoi définies par Saur (minuit UTC – 5h UTC ; 5h UTC – 10h UTC ; 10h UTC – 15h UTC ; 15h UTC – 20h UTC). Les horaires précis relevés lors de ces observations sont fournis en Annexe 3.



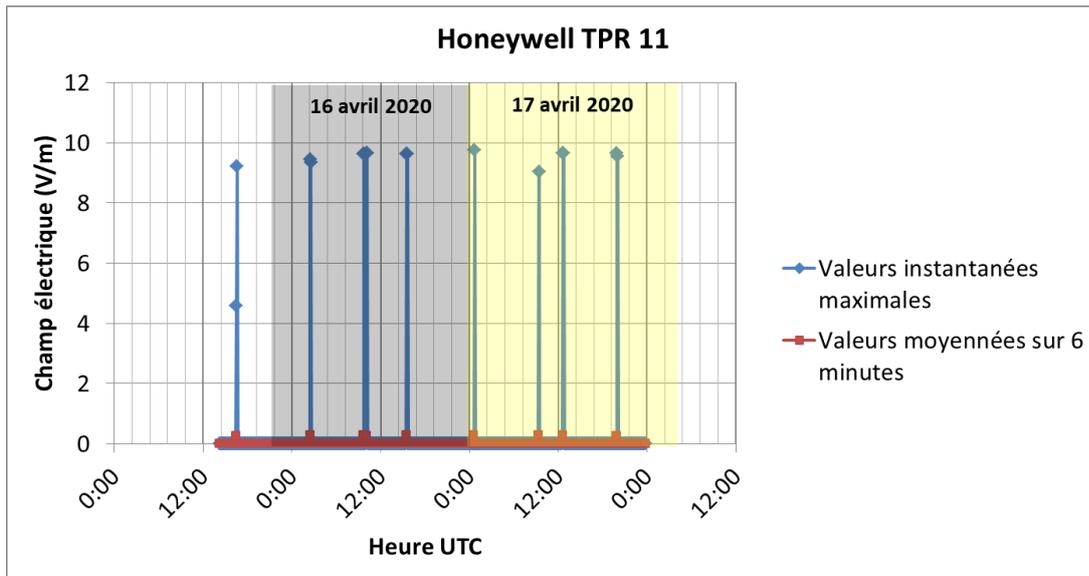


Figure 12 : relevés des niveaux de champ instantané maximal et moyenné sur 6 minutes à 25 cm des compteurs sur une durée d'au moins 2 jours.

7. Conclusion

Ce rapport a porté sur l'analyse de l'exposition créée par trois modules radio prévus pour être montés sur des compteurs d'eau Saur. Ces modules sont destinés à mettre en place une solution de télérelève permettant d'envoyer automatiquement les relevés de consommation d'eau.

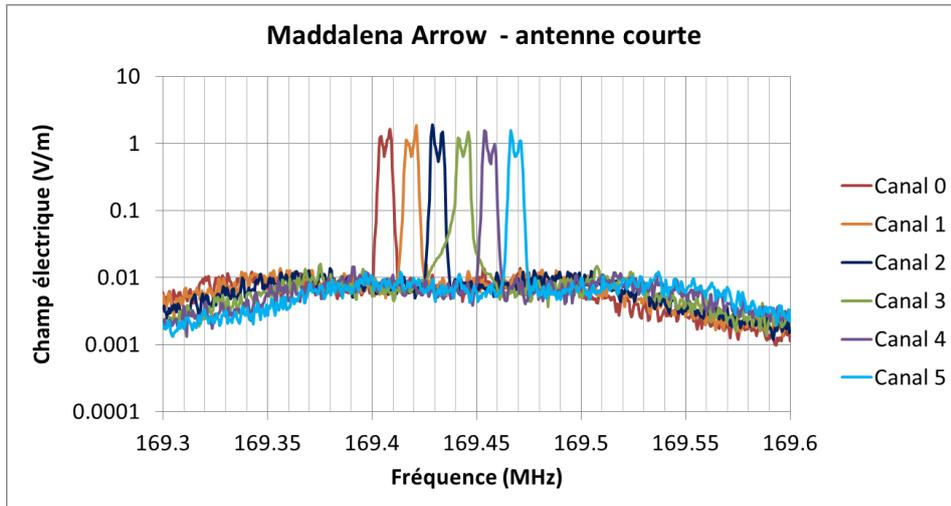
Les modules sont programmés pour envoyer les trames contenant les relevés de consommation quatre fois par jour. La durée d'envoi d'une trame est inférieure à une demi-seconde. Des enregistrements des niveaux de champ mesurés à proximité des compteurs, sur deux à trois jours, ont permis de constater que, la plupart du temps, les modules équipant les compteurs d'eau Saur n'émettent pas.

Les essais de mesure de champ électromagnétique sur site sous accréditation technique ont établi que les niveaux d'exposition sont bien conformes à la réglementation en vigueur. Les niveaux d'exposition mesurés sont inférieurs ou égaux à 0,15 V/m, ce qui est très inférieur à la valeur limite réglementaire, qui est de 28 V/m dans la bande de fréquence utilisée par les modules.

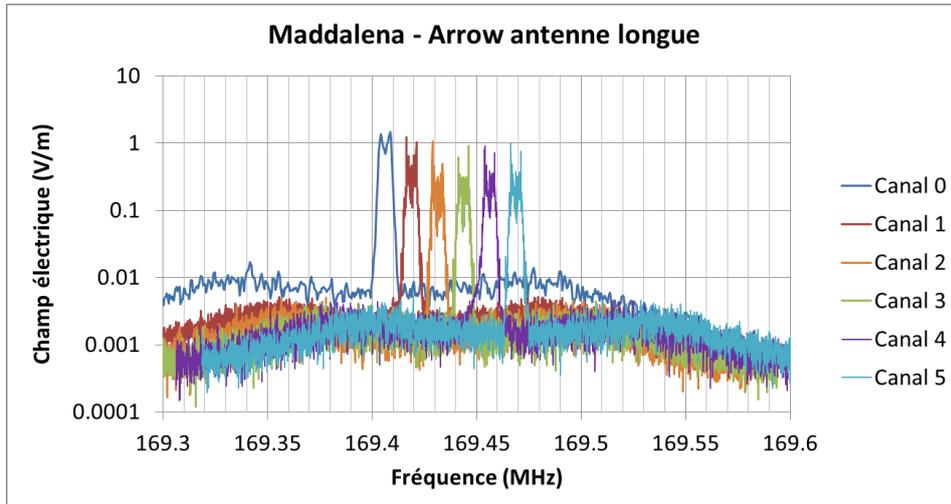
A 50 centimètres des modules, des niveaux de champ instantané maximal de 2 à 3 V/m ont été mesurés selon les modules. Des mesures réalisées à différentes distances de l'antenne ont montré que ces niveaux de champ instantané maximal décroissent rapidement avec la distance.

Annexe 1 : signatures fréquentielles des signaux émis selon le canal

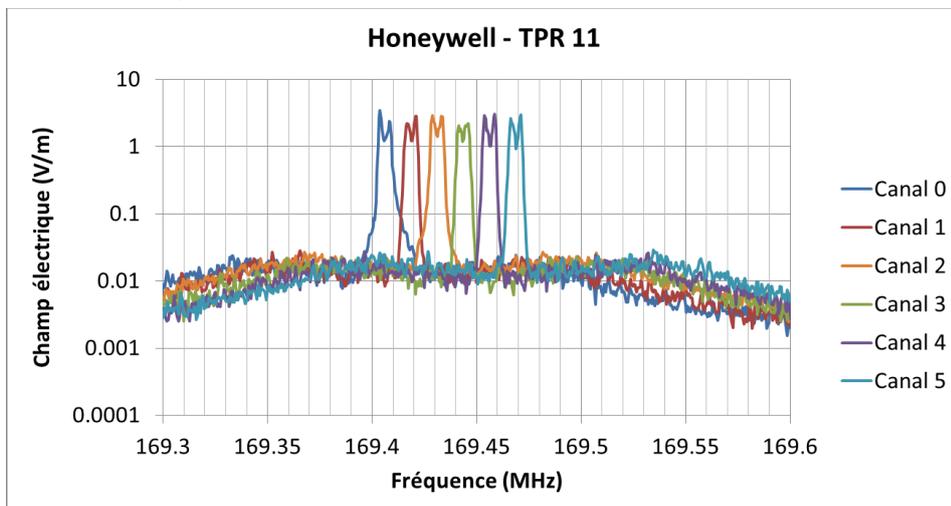
Module Maddalena Arrow avec antenne courte :



Module Maddalena Arrow avec antenne longue :

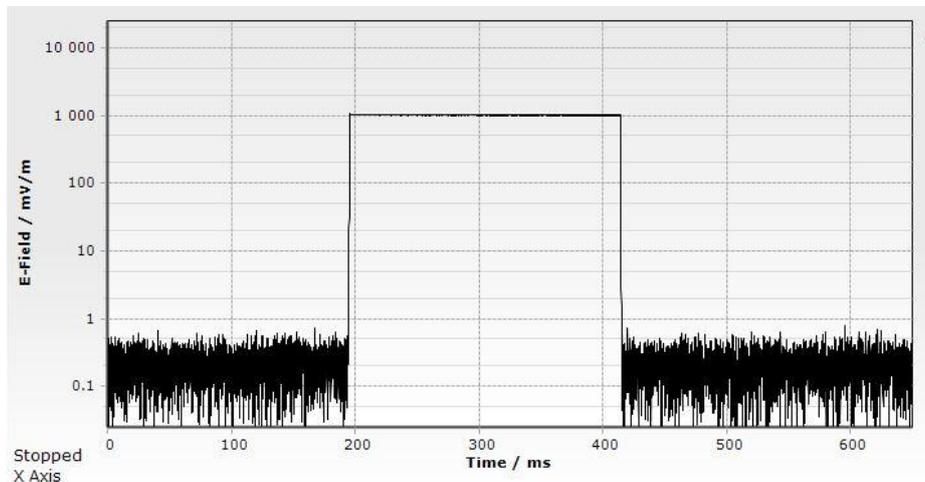


Module Honeywell TPR 11 :

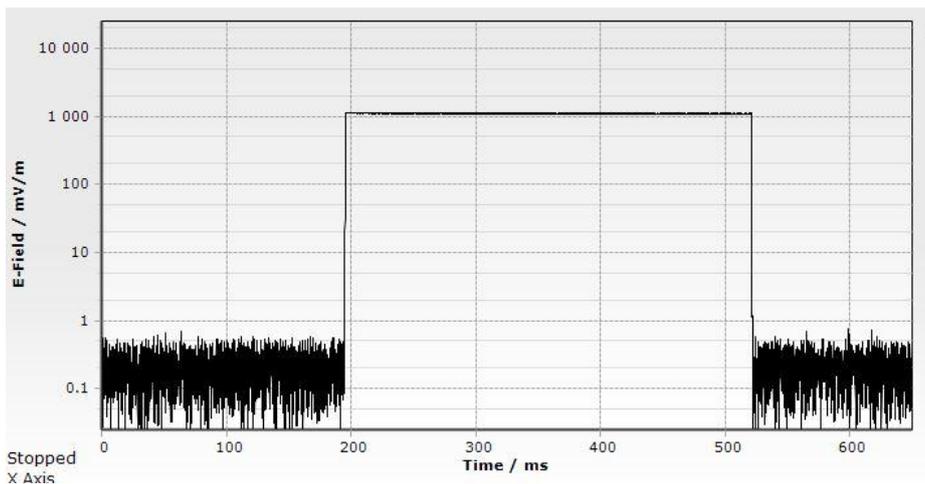


Annexe 2 : signatures temporelles des signaux transmis lors de l'envoi d'une trame contenant 3, 13 ou 25 index.

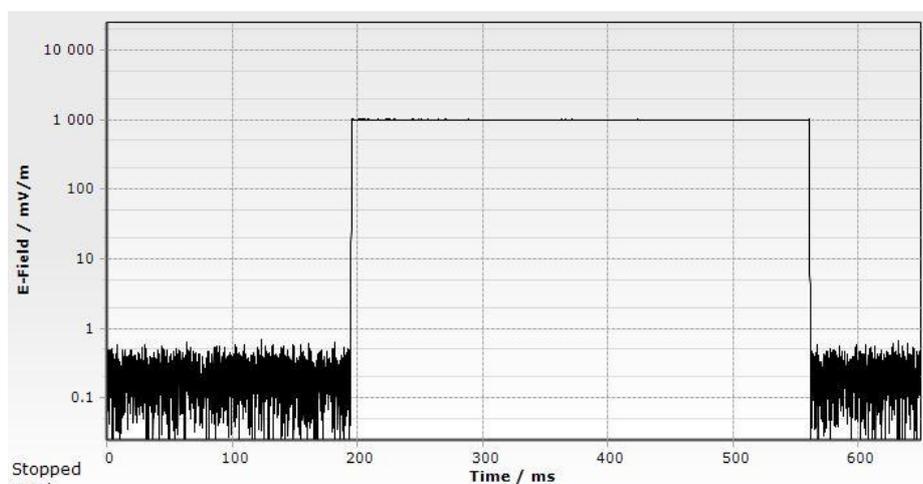
- **Module Maddalena Arrow avec antenne courte**



(a) Trame avec 3 index

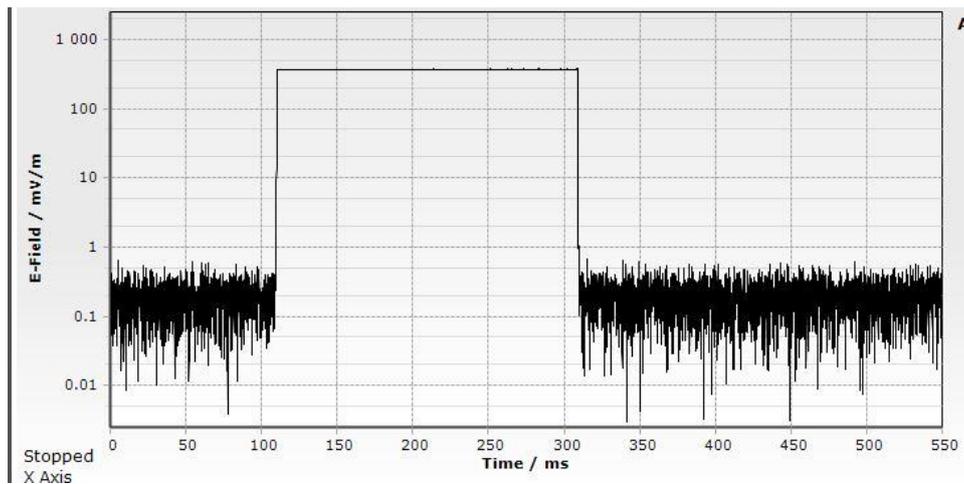


(b) Trame avec 13 index

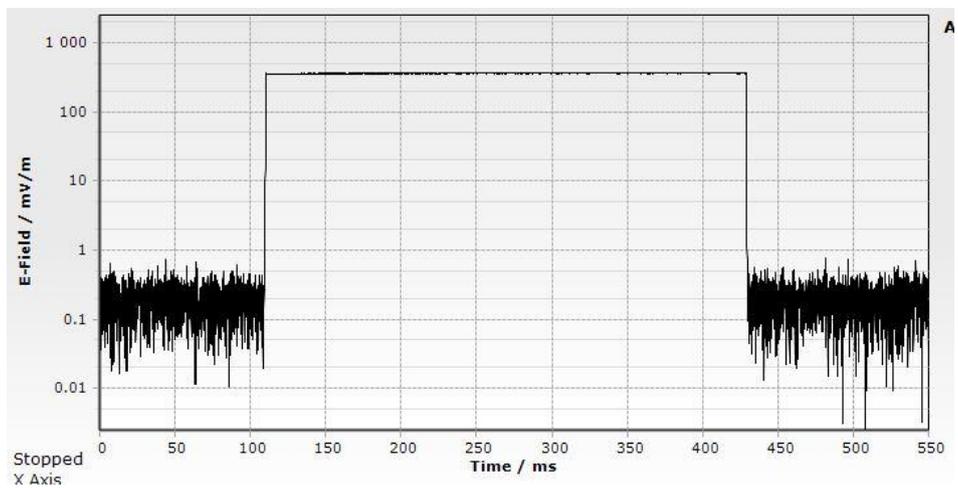


(c) Trame avec 25 index

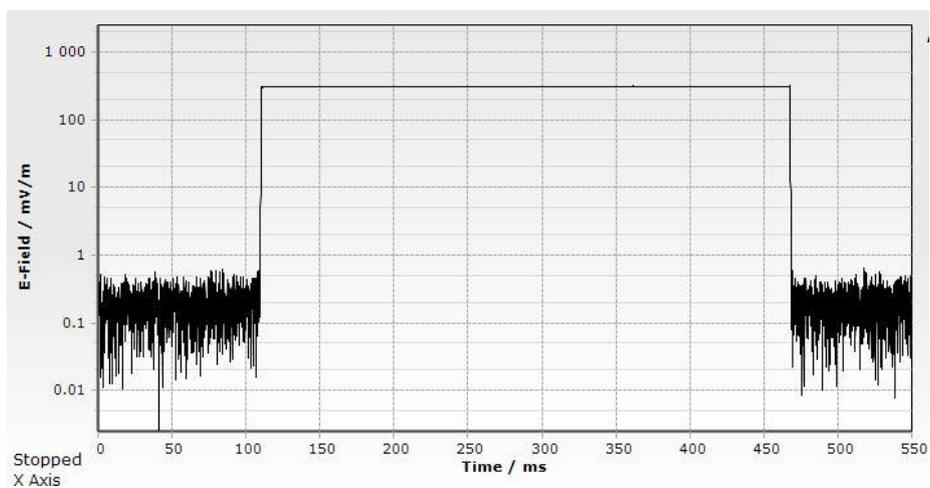
- **Module Maddalena Arrow avec antenne longue**



(a) Trame avec 3 index

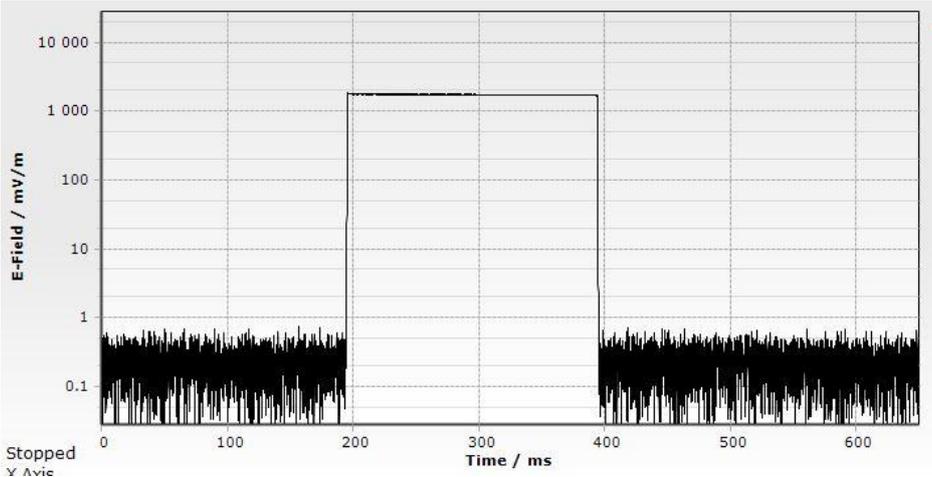


(b) Trame avec 13 index

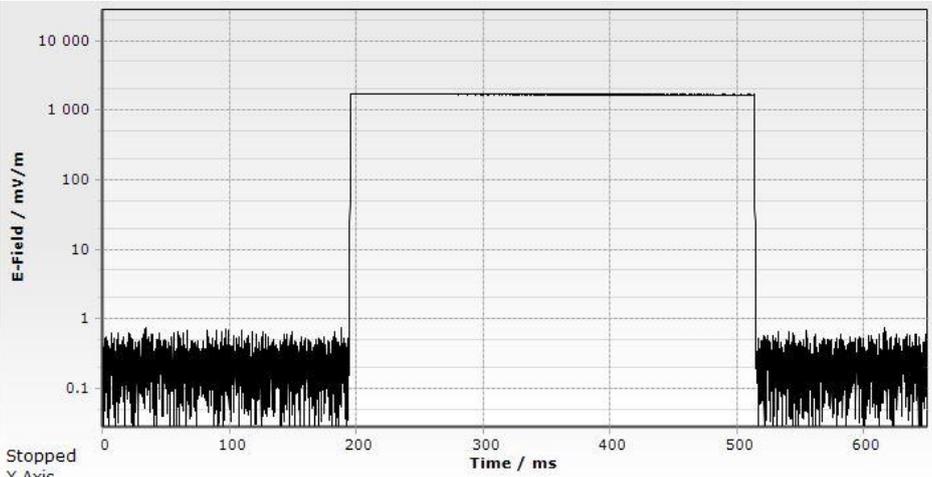


(c) Trame avec 25 index

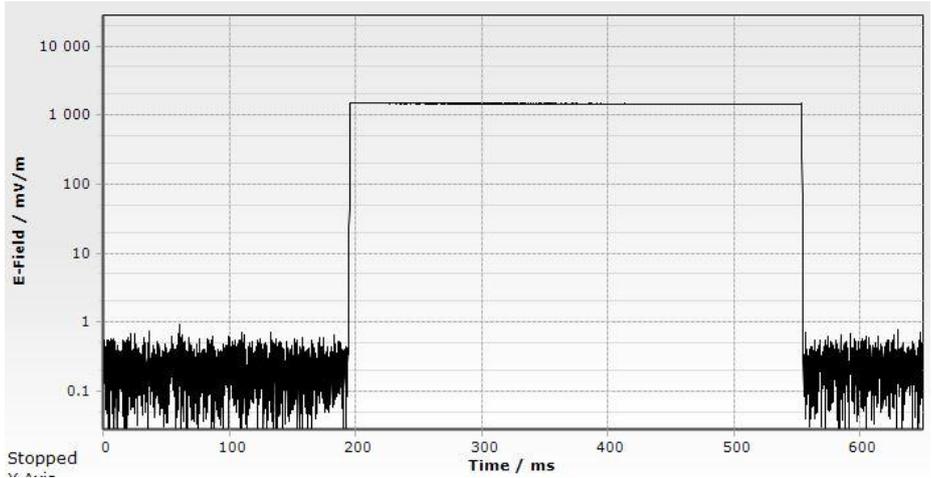
- **Module Honeywell TPR 11**



(a) Trame contenant 3 index



(b) Trame contenant 13 index



(c) Trame contenant 25 index

Annexe 3 : horaires en heure UTC d'envoi des trames enregistrées sur deux jours consécutifs.

		Minuit – 5h	5h – 10h	10h-15	15h – 20h
Maddalena Arrow Antenne courte	14/03/2020	01:19:17	05:28:05	13:50:06	15:47:11
	15/03/2020	01:47:00	09:28:47	11:40:13	19:47:11
Maddalena Arrow antenne longue	21/03/2020	01:04:17	07:26:24	13:46:28	16:01:01
	22/03/2020	01:26:40	05:17:43	13:32:02	15:30:06
Honeywell TPR 11	16/04/2020	02:28:00	09:40:16	10:00:20	15:24:50
	17/04/2020	00:30:52	09:13:38	12:31:45	19:56:02