

Pour **R**assembler, **I**nformer et **A**gir sur les **R**isques liés aux **T**echnologies **E**lectro**M**agnétiques

11 avril 2017

Compteurs communicants Linky : Analyse des transmissions CPL-G1

Jusqu'au ce jour, aucune instance officielle et encore moins le principal responsable ENEDIS n'a publié d'information précise sur les signaux CPL transitant sur le réseaux électrique « intelligents ».

Nous avons donc souhaité en savoir plus sur cette nouvelle pollution. Est-elle rarement présente sur le réseau comme le prétendait ENEDIS/ERDF, ou omniprésente ?

Nous connaissons déjà l'exposition aux ondes électromagnétiques issues de ces signaux (conférer rapport ANSES, ANFR, INERIS), nous souhaitions en savoir plus sur leur récurrence. En effet entre des émissions sporadiques et permanentes, il y a une vraie différence sur nos organismes, particulièrement pour les personnes électrosensibles.

Nous avons effectué l'enregistrement des signaux grâce à un adaptateur espion CPL conçu spécifiquement pour répondre à nos besoins. Il récupère les signaux via une prise du réseau électrique. Il laisse passer les signaux de la bande 5khz-120khz soit les CPL « domestiques » ainsi que les bandes réservées aux smartgrids CENELEC A et B. A l'aide d'une analyse spectrale (FFT), il est possible de différencier les fréquences trouvées. Un deuxième filtre a été ajouté pour filtrer fortement d'éventuels CPL informatiques (1.6 à 30 MHz) et éviter un repliement spectral. Une vigilance particulière a été portée lors de sa calibration.

Le signal issu de l'adaptateur est connecté à un enregistreur capable de numériser en continu à une fréquence élevée et pendant de très longue durée. Concernant la fréquence d'échantillonnage, un compromis a été fait pour éviter de générer de trop gros fichiers et ne pas alourdir les temps de chargement dans le logiciel : soit 1.5Mhz (3Mo/seconde).

Nous nous sommes rendus dans un appartement situé au sein d'une copropriété de petits immeubles de 4 étages, à Palaiseau. Nous préférons ne pas donner l'adresse exacte.

Au premier étage de l'immeuble, 3 compteurs sont situés sur le palier en colonne montante : 2 du fabricant Landys+Gyr, un de Itron (l'appartement en question). Notre appareil était connecté à environ 2m de cette colonne à l'intérieur de l'appartement et très proche du tableau électrique.

Un enregistrement d'environ une heure a été réalisé le 31 mars de 15h10 à 16h36. L'objectif principal n'est pas de donner systématiquement l'amplitude des signaux mesurés, mais d'essayer de les caractériser temporellement. Nous avons eu bien difficultés à synthétiser sous quelques captures une heure d'enregistrement : on distingue bien des phénomènes cycliques mais toutefois aux récurrences « aléatoire » dans le temps.

En raison de contraintes techniques, l'adaptateur divise par 3 l'amplitude des signaux CPL présents sur la ligne électrique. Si vous lisez celles-ci sur les captures, les valeurs doivent être multipliées par 3. Les amplitudes sont indiquées en crête à crête – peak to peak. (Vpp)

Nous remercions le collectif Stop Linky Nord Essonne pour son implication dans cette démarche.

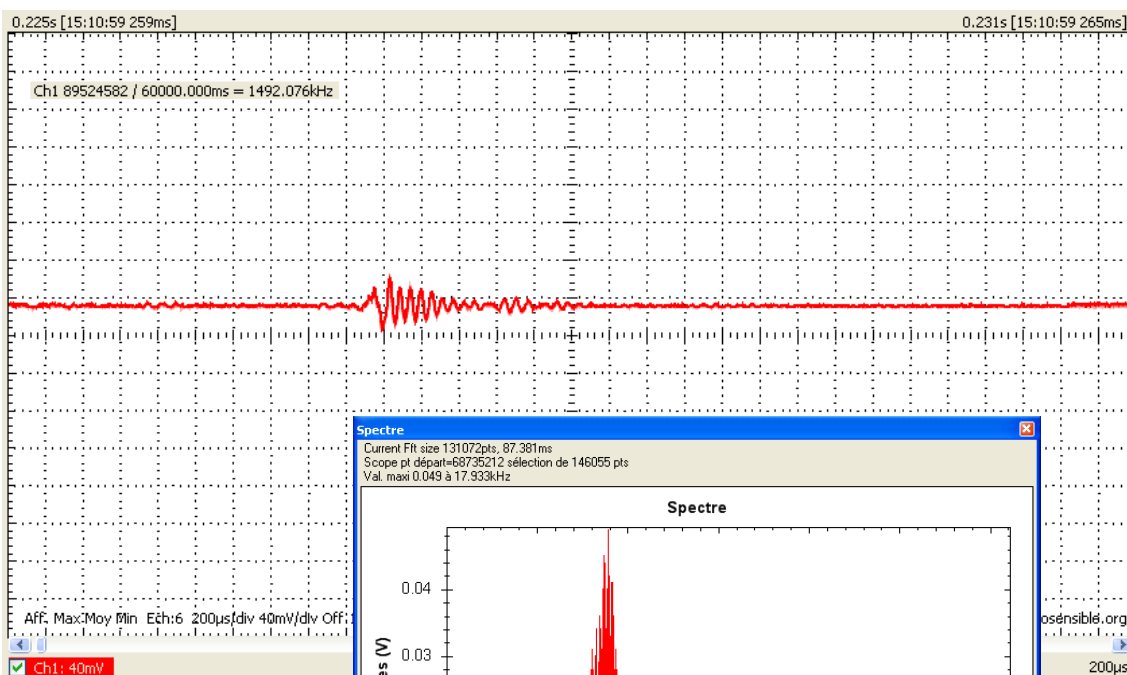
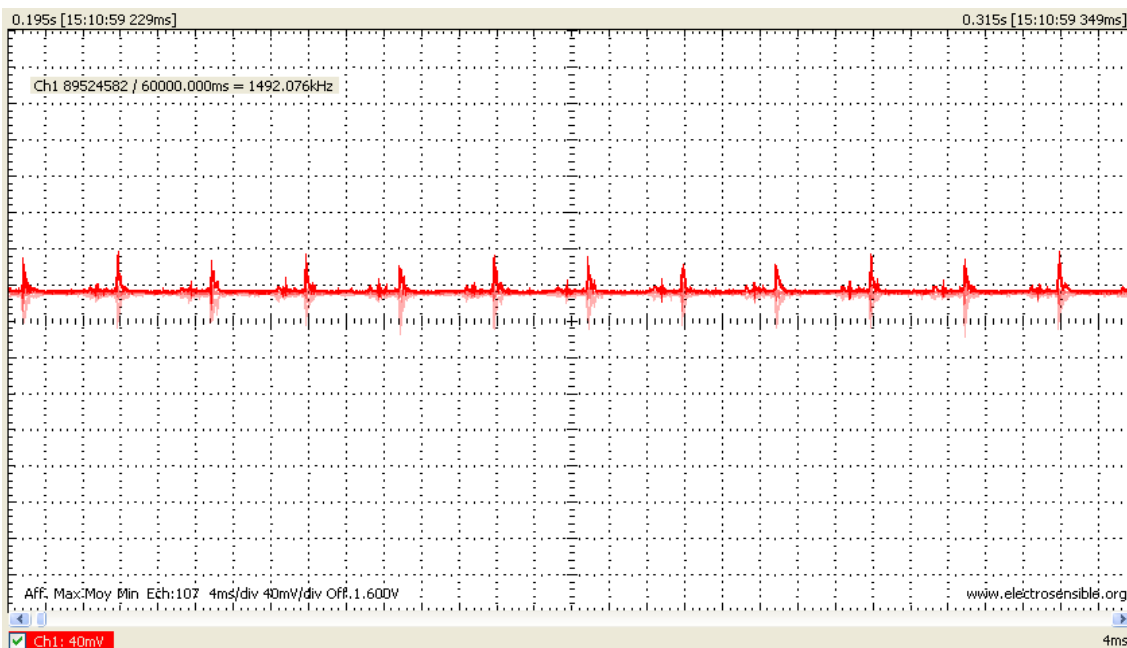


Caractérisation du bruit de fond

Bien que nous ayons pris le soin de couper les appareils de l'appartement mesuré, un bruit de fond probablement issu d'un appareil du voisinage est présent tout au long de l'enregistrement.

Il s'agit d'un signal apparaissant à chaque passage par zéro du secteur 50hz soit 10ms. A l'analyse spectrale, on note une raie à environ 18kHz. L'amplitude est variable, mais se situe entre 150 et 200mVpp. Ce phénomène dure moins d'une milliseconde et bien moins long qu'une transmission CPL. La mesure de l'amplitude des transmissions CPL n'est donc pas problématique. Nous avons constaté que le bruit s'ajoute ou se soustrait à l'ensemble du signal. Les amplitudes relevées sur des bases de temps large doivent être considérées à $\pm 100\text{mV}$.

Pour s'affranchir de ce bruit, il aurait été pratique de pouvoir filtrer très étroitement la bande réservée aux compteurs Linky CENELEC A : 35 kHz à 91 kHz.



Premiers constats

A une amplitude à peine supérieure au bruit de fond, des signaux CPL G1 sont omniprésents. Une salve de 8 pulses se répète très régulièrement. L'intervalle entre deux salves est de l'ordre de la seconde par moments ou de la dizaine de secondes à d'autres moments. La capture ci-dessous montre que certaines salves sont significatives en amplitude (au moins 6 carreaux de haut crête à crête). Mais on voit également qu'il y en a de nombreuses à des niveaux bien plus faibles (1 carreau). Finalement on a bien des difficultés à trouver des moments d'inactivité (absence de fréquences 63 et 74 kHz).

On considère comme salve une suite de pulses ayant une amplitude semblable.

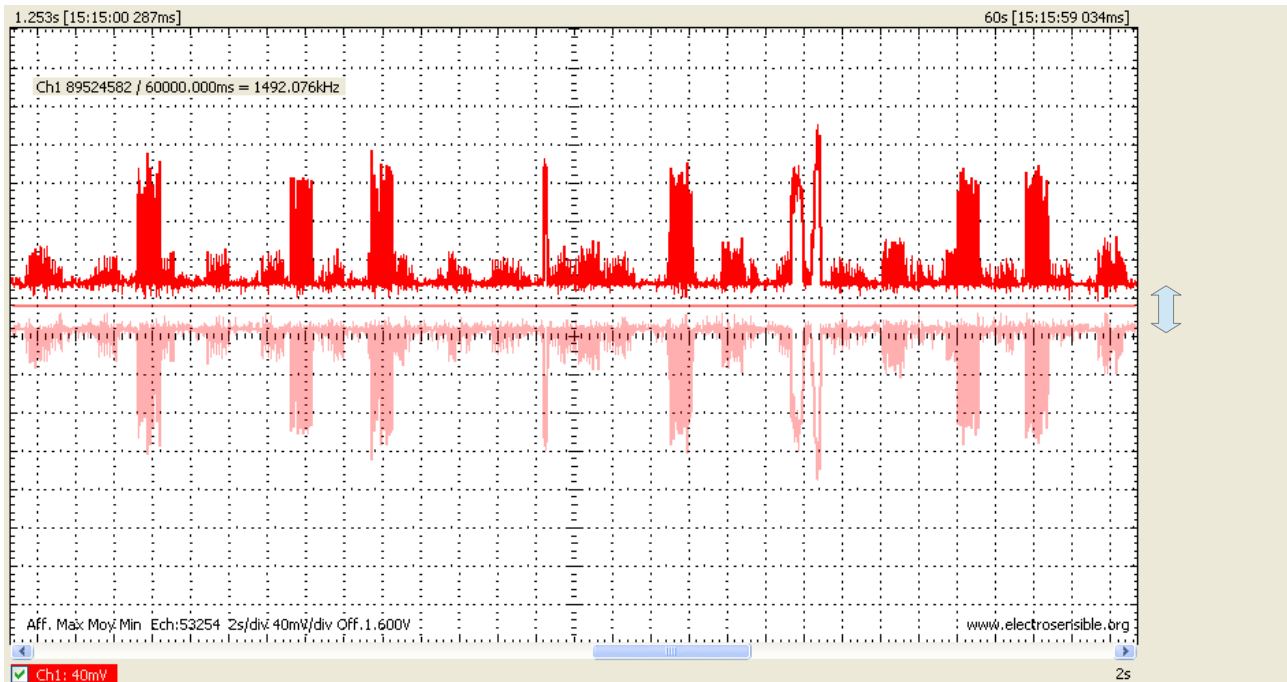


Illustration 1: Un extrait d'une minute, vue d'ensemble

Le logiciel utilise une technique d'affichage par fenêtrage qui laisse apparaître la valeur maximale, minimale et la moyenne pour un pixel en abscisse.

A la base de temps ci-dessus, le bruit de fond apparaît bien et se situe entre les extrémités de la flèche.

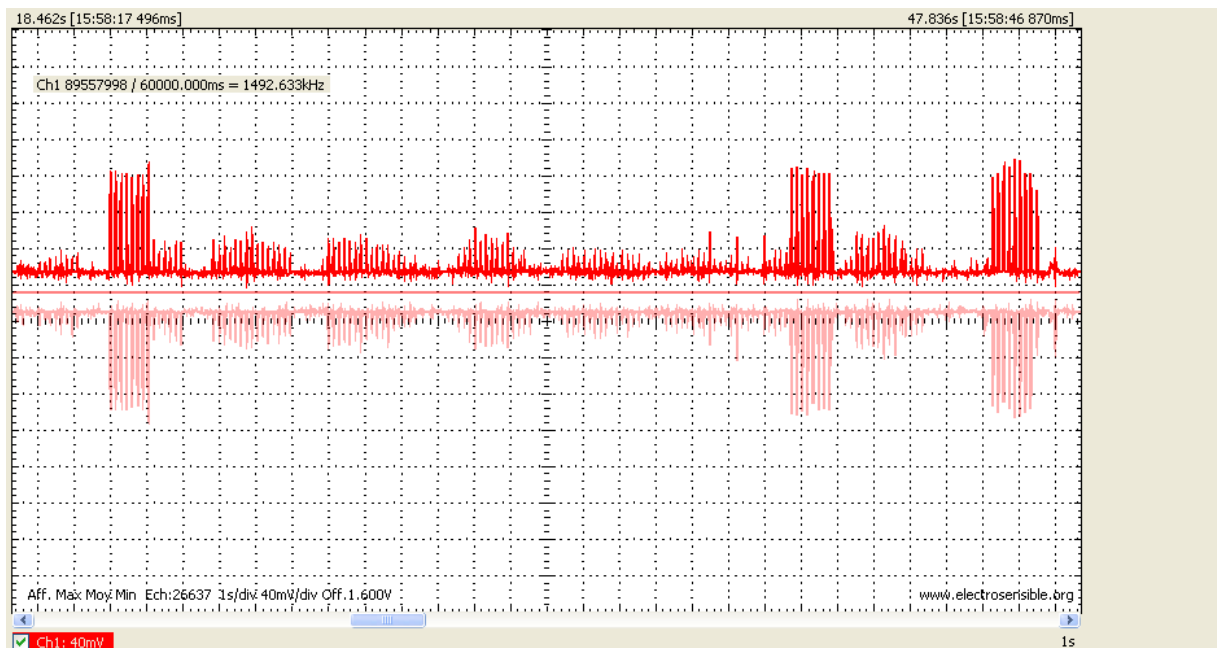


Illustration 2: Une base de temps d'une seconde laisse apparaître les salves

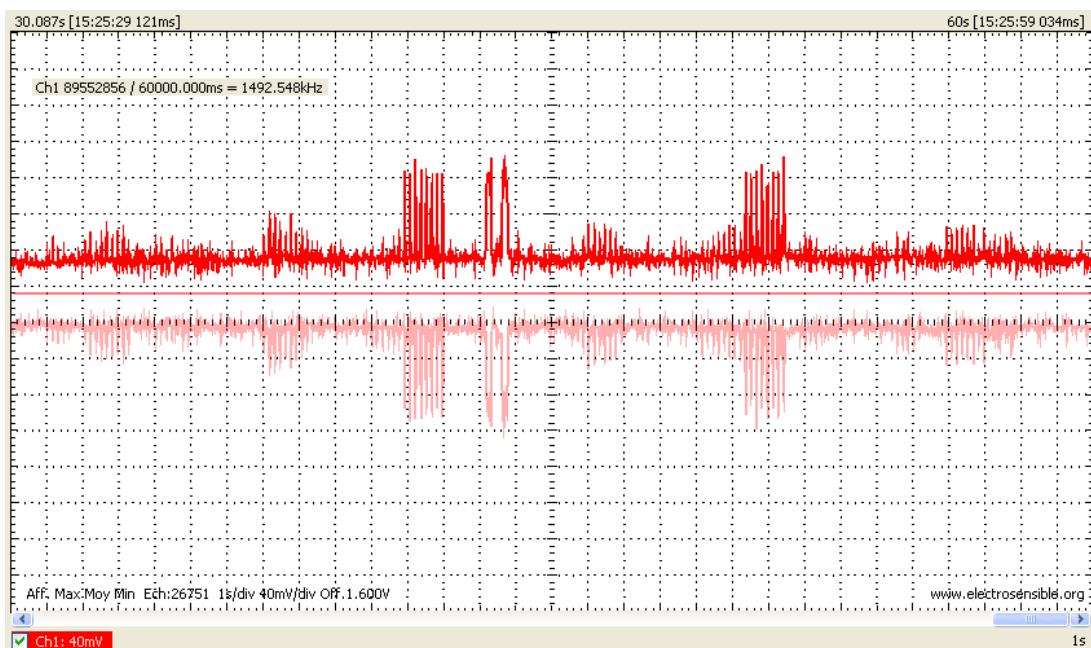


Illustration 3: Un autre extrait

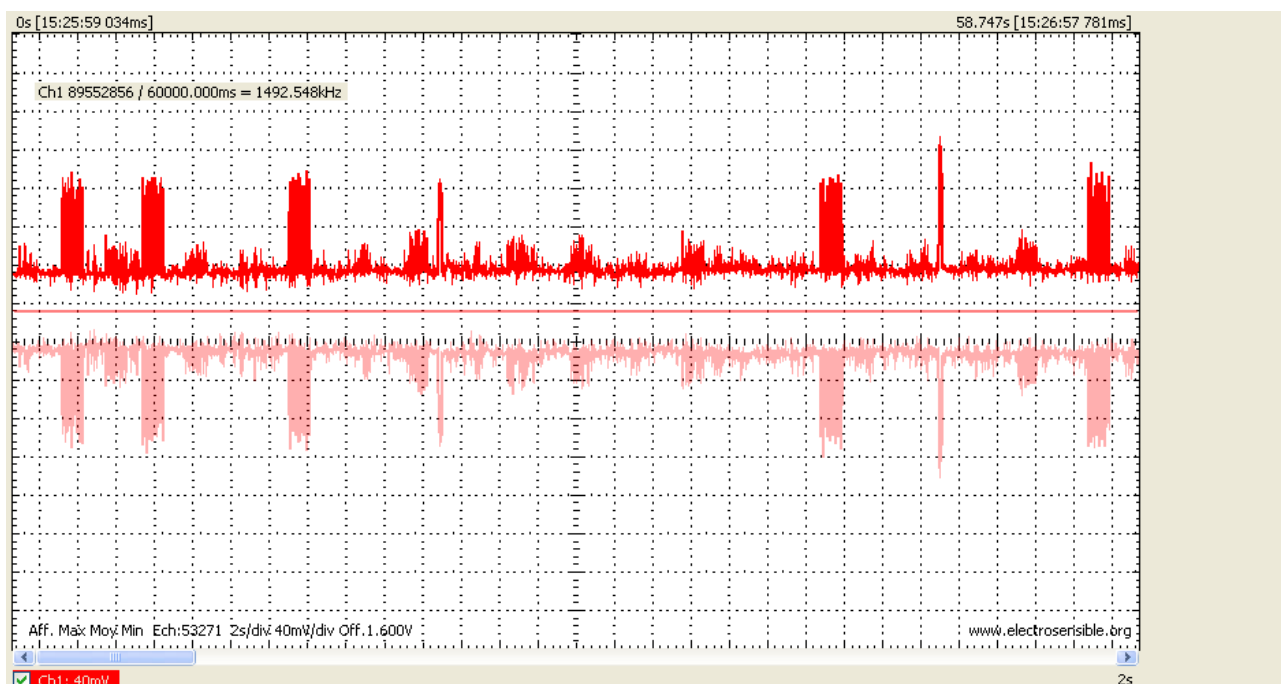


Illustration 4: Un autre extrait

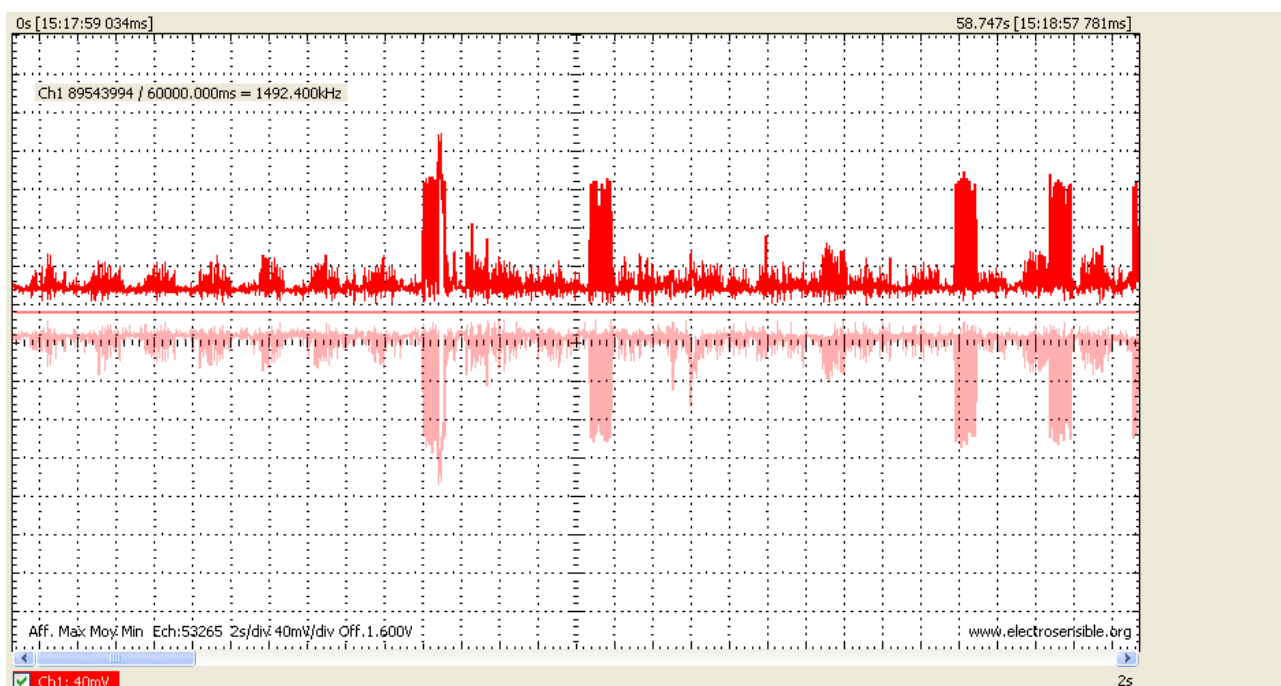


Illustration 5: Le 1er tiers (à gauche), n'est pas du bruit de fond, mais des salves à des niveaux plus faibles!

Détails des salves de faibles amplitudes

L'analyse spectrale des pulses (par une sélection soigneuse des échantillons) montre qu'il s'agit de signaux CPL G1.

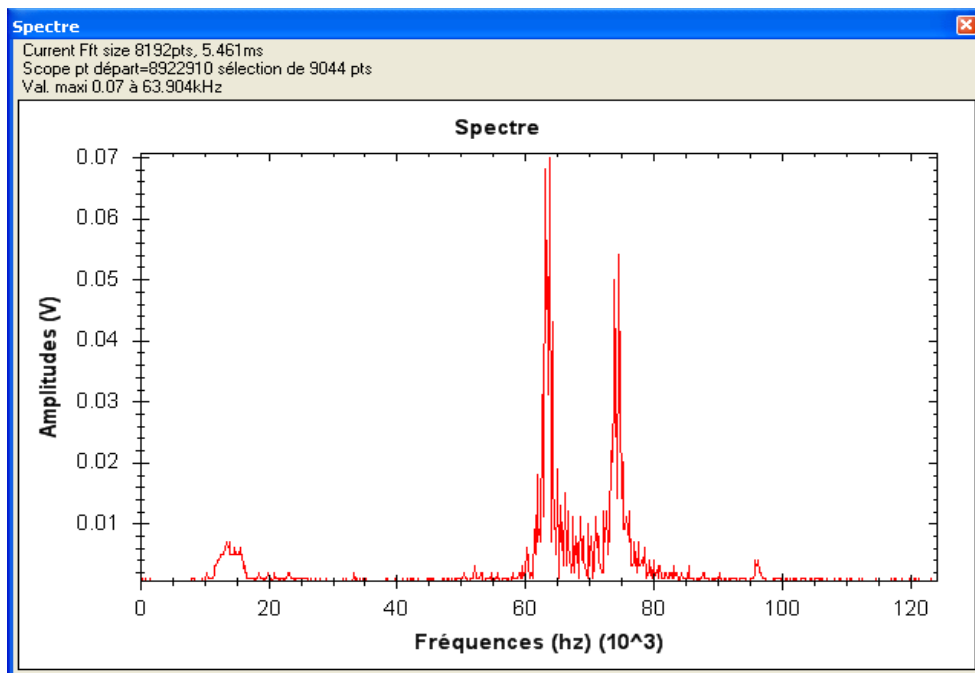


Illustration 6: Analyse spectrale du bruit de fond

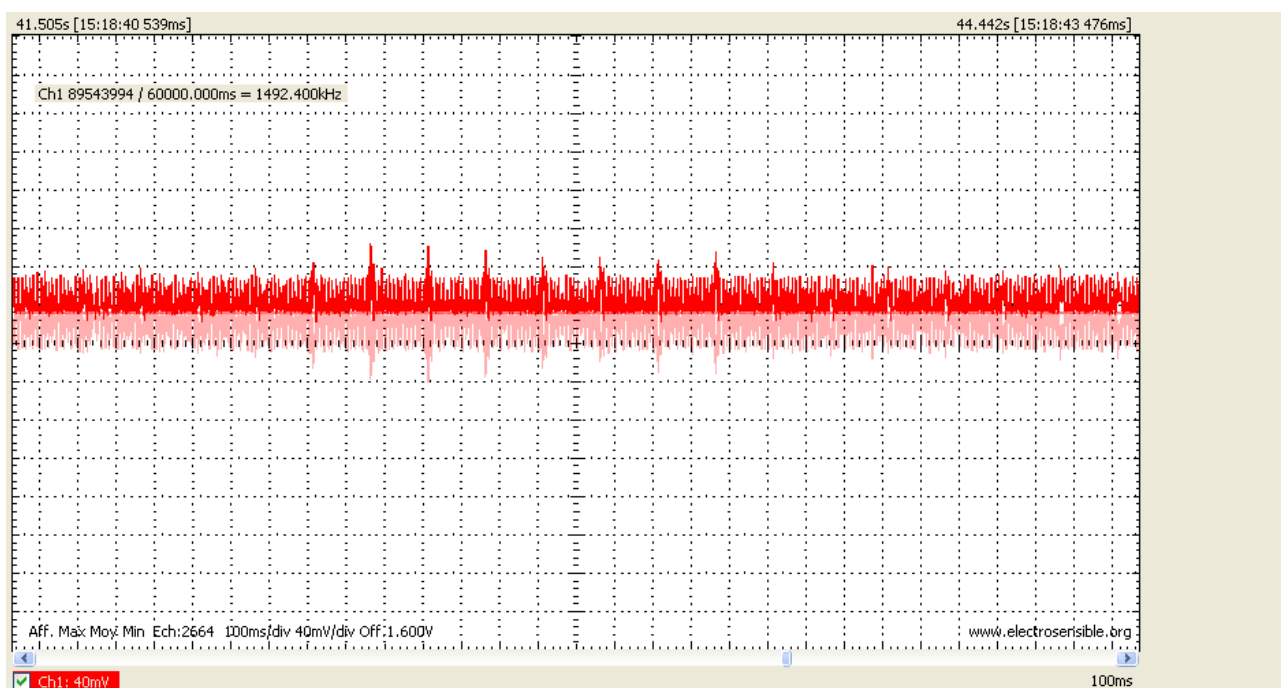


Illustration 7: Capture d'une salve dans le bruit de fond

A ce stade, une question cruciale se pose. Quelle est l'origine de ces échanges de faibles niveaux. Nous supposons qu'il s'agit du concentrateur qui interroge constamment les compteurs. **Si c'est le cas, la présence d'un concentrateur jouxtant une habitation pourrait-il être aussi exposant que le compteur qu'elle possède ?** Ce point devra être approfondi.

Détails des pulses composant les salves

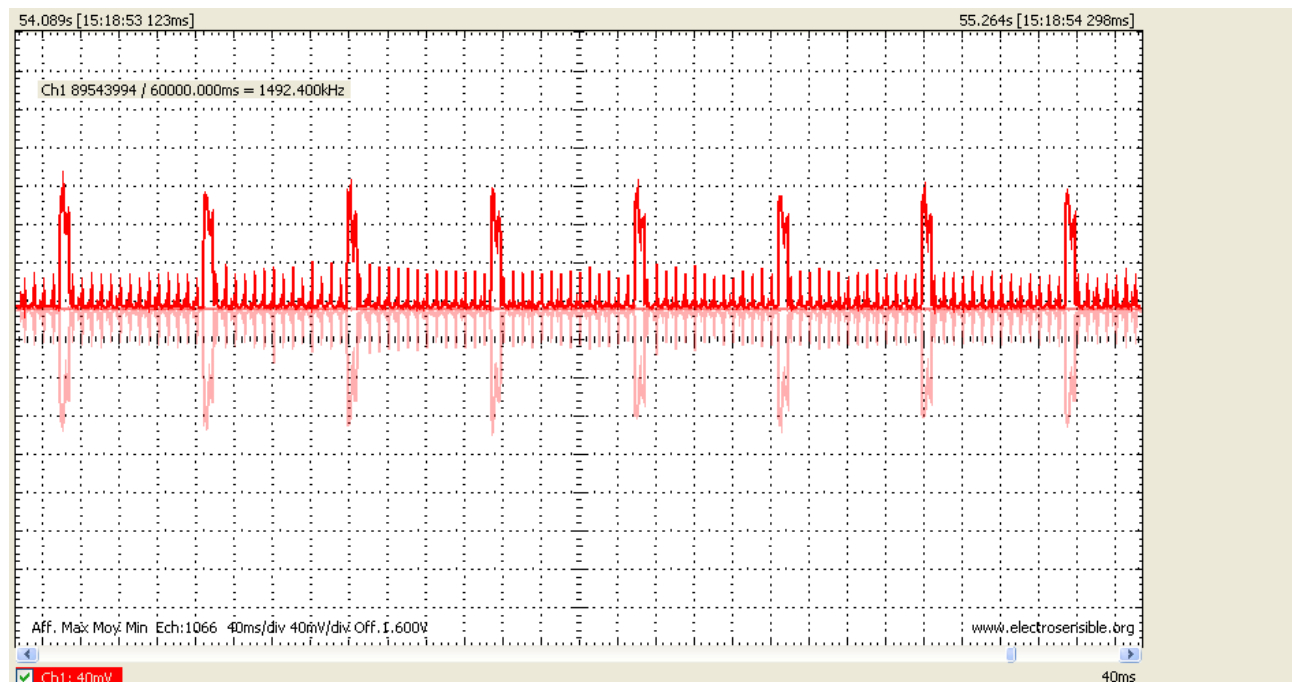


Illustration 8: Les 8 pulses

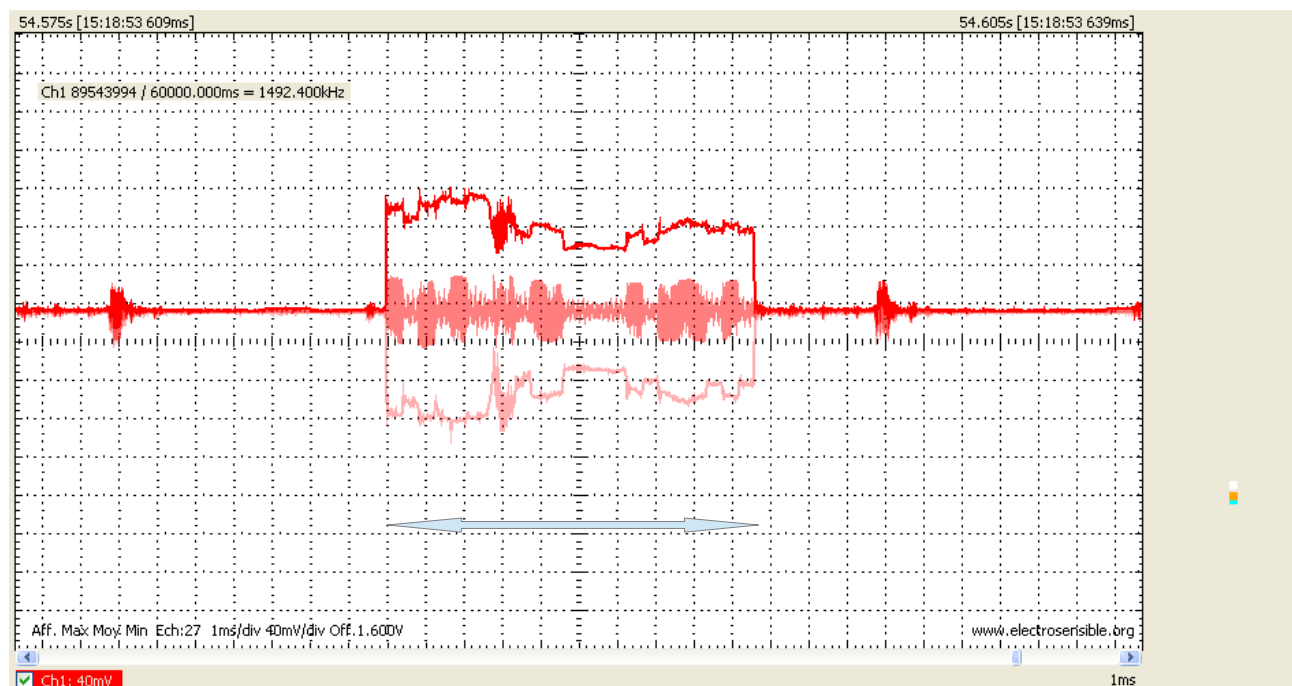


Illustration 9: Une pulse, durée : environ 9.6ms

Ci-dessous, on distingue une pulse d'une durée d'environ 9.6ms. Nous avons constaté que le temps entre deux pulses est très souvent de 140ms. Soit une période de 150ms ou une fréquence de 6.6Hz. Une suite de 8 pulses représente $7 \times 150 + 9.6$ ms soit environ 1.059 secondes.

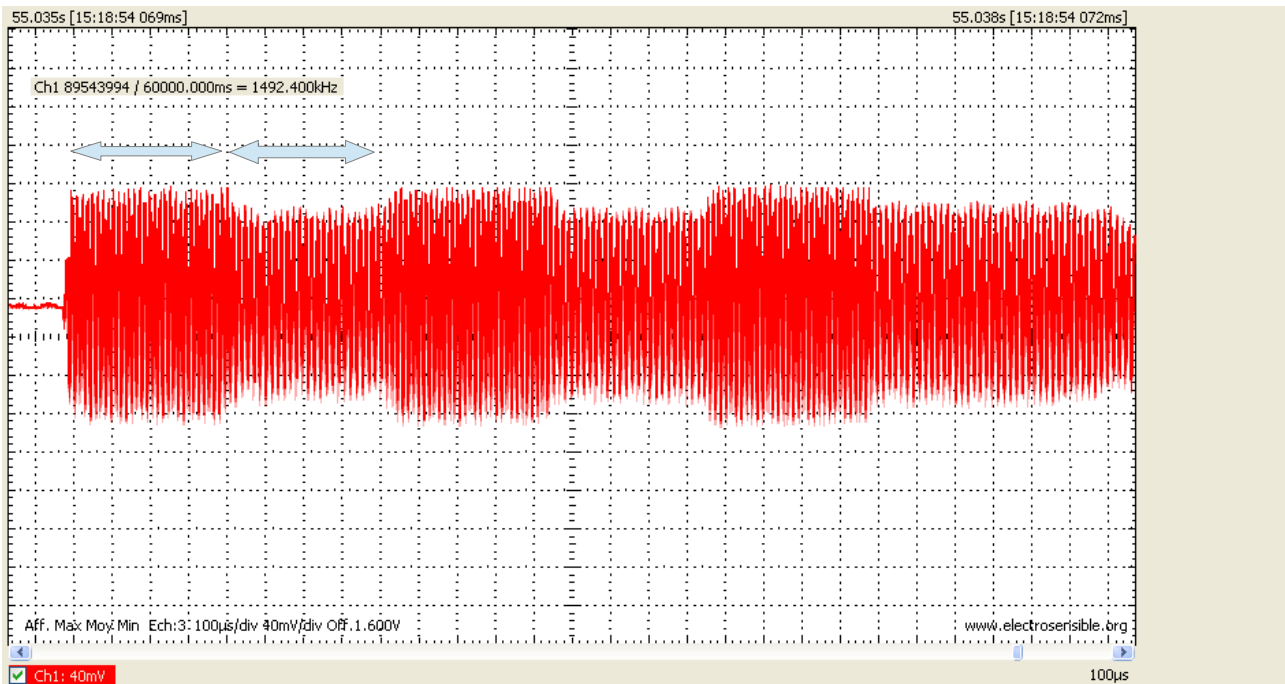


Illustration 10: La modulation FSK

En zoomant, on voit apparaître la modulation FSK. L'encodage des données se succède bit par bit. Une porteuse est ainsi utilisée pour coder le bit « 0 » et l'autre pour coder le bit « 1 ». 63,3kHz ou 74kHz.

Une série peut être suivie d'un silence rarement long (entre 1 et 15 secondes), ou d'une autre d'une amplitude différente. La puissance du signal s'affaiblit avec la distance. Soit l'expéditeur des données n'est pas le même pour la 1ere et la 2eme salve, soit il existe une régulation de puissance ?

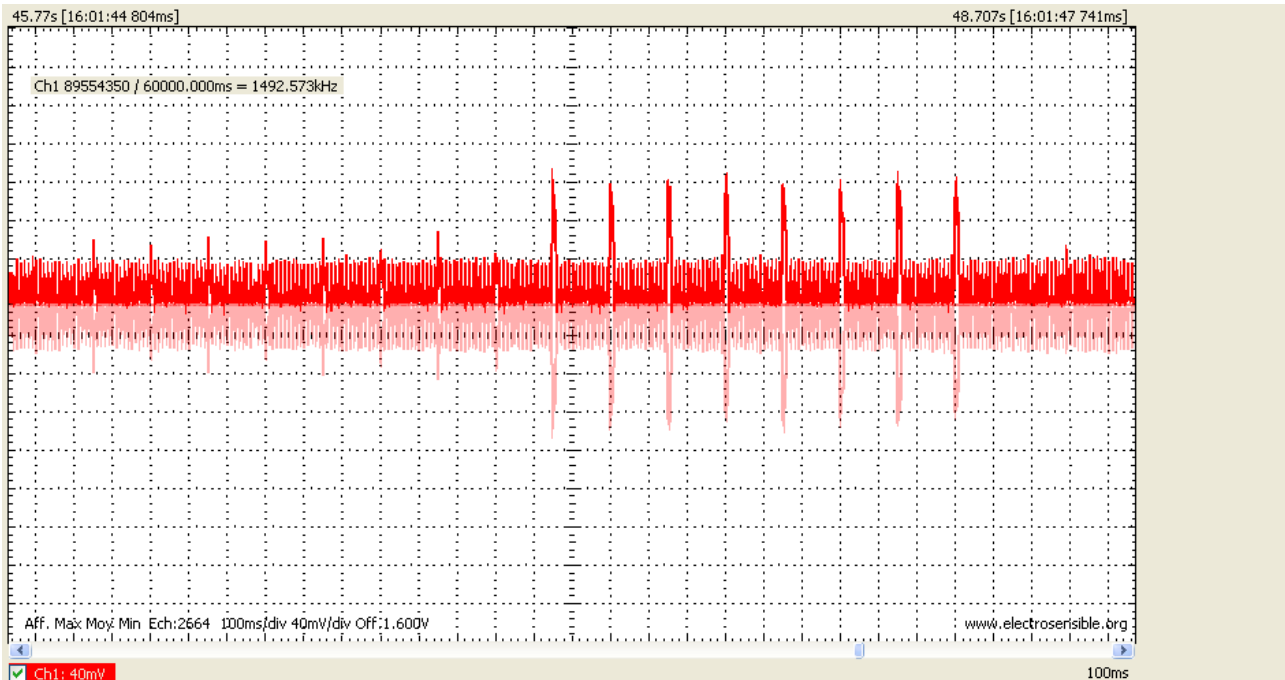


Illustration 11: 8 + 8

Autres type de transmissions

Nous avons quelques fois des transmissions différentes ou plus longues :

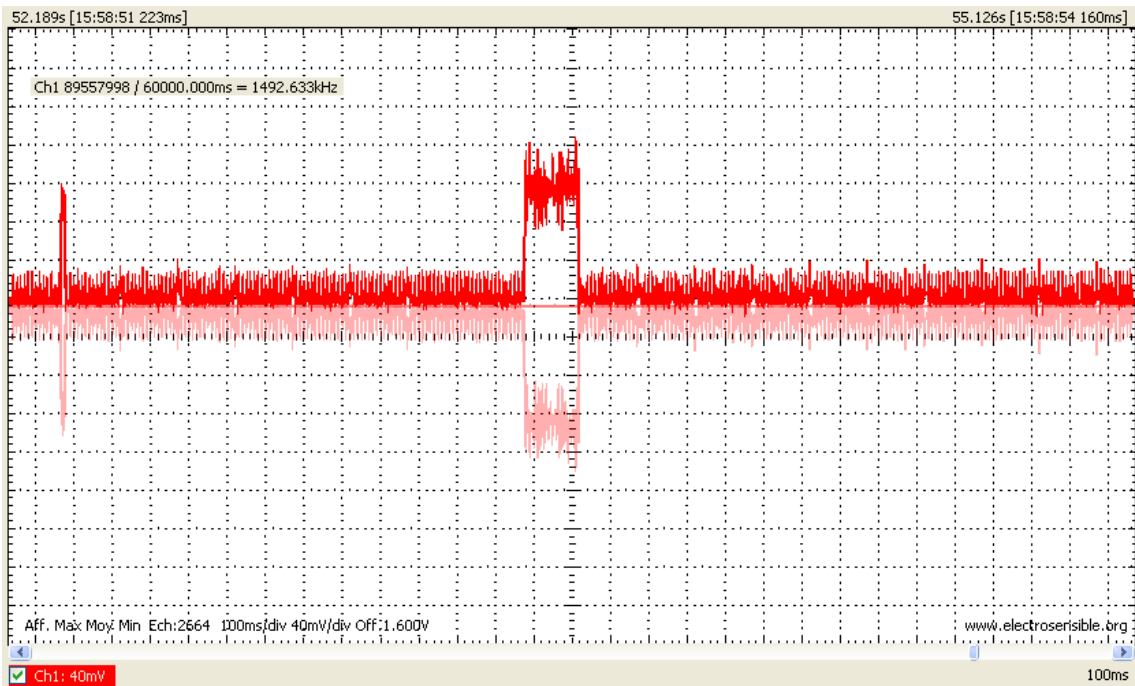


Illustration 12: Une pulse de 140ms

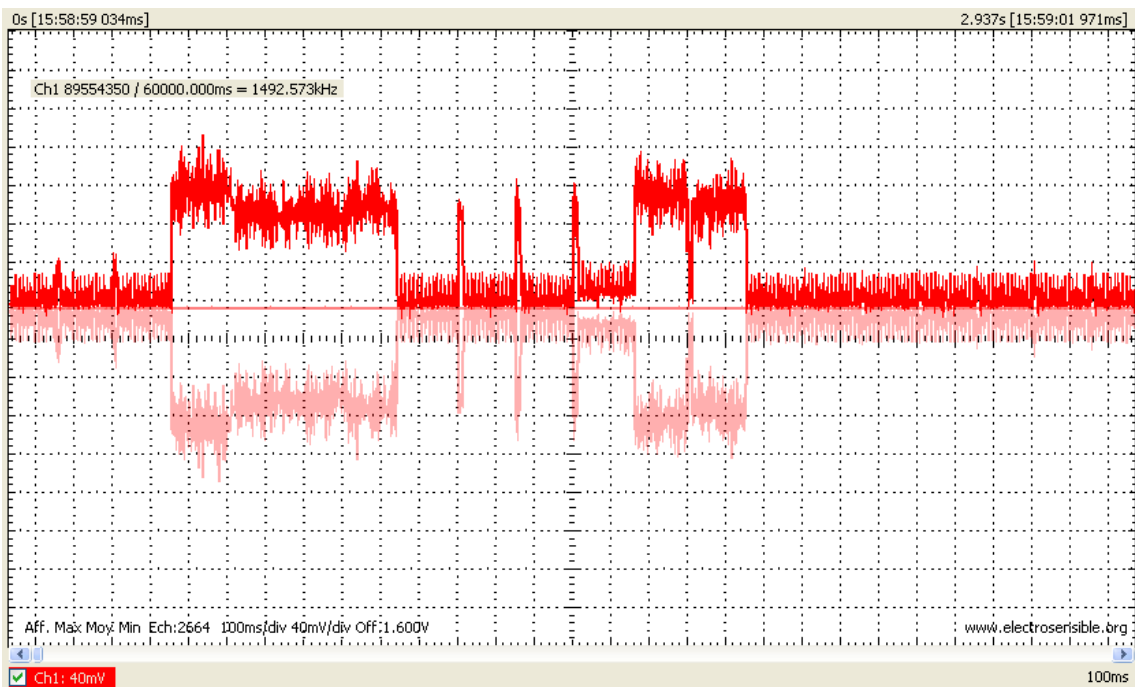


Illustration 13: La durée de l'ensemble est d'environ 1.5sec

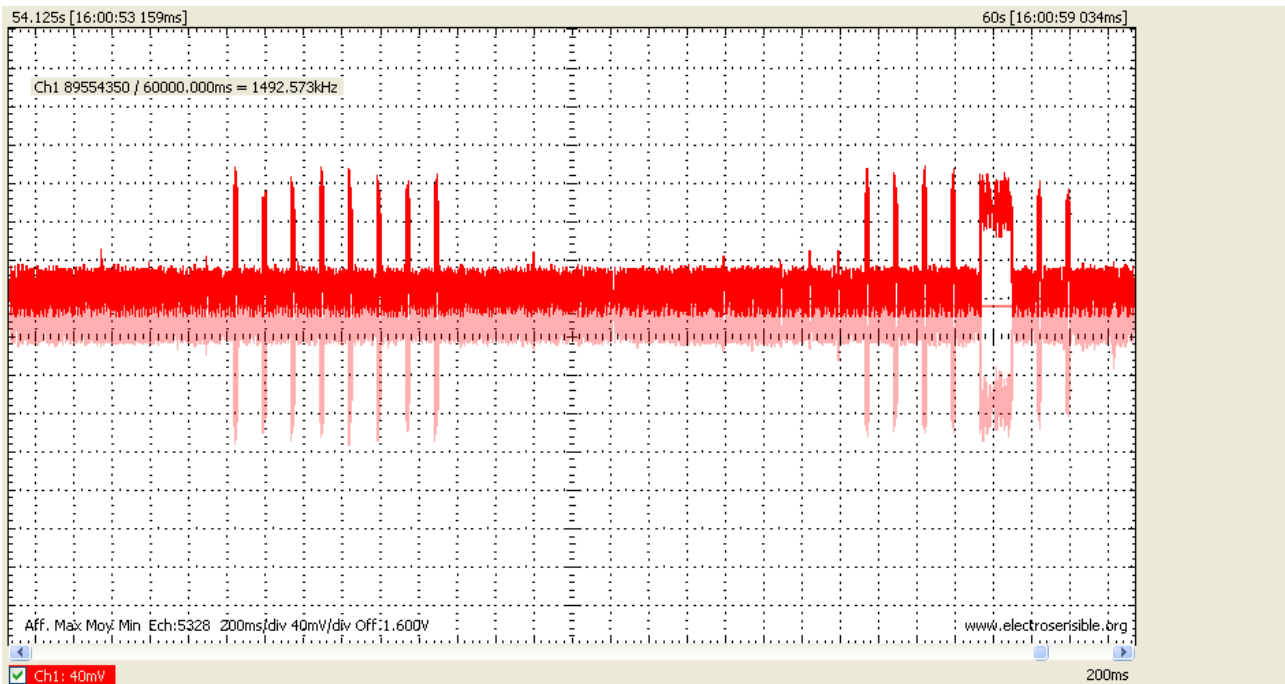


Illustration 14: Une pulse de moins, mais une autre plus longue

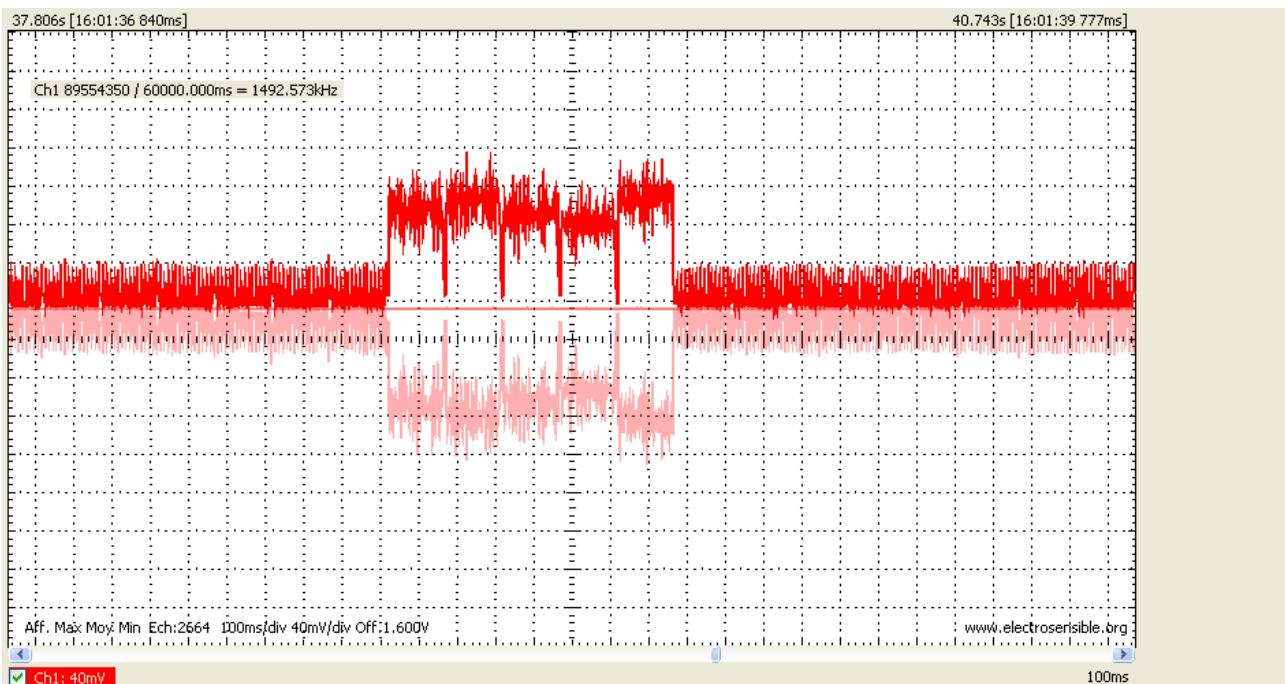


Illustration 15: Autre cas

Dans ces transmissions, il y a notamment le cas où un compteur maître d'une grappe renvoie des données aux concentrateur (à sa demande). L'analyse de ce cas ne nous serait possible que si nous avions plus de détails sur le fonctionnement des grappes.

Amplitudes

Il ne nous a pas été possible de donner l'amplitude de la salve la plus élevée pour toute la durée de l'enregistrement, car des phénomènes transitoires très brefs viennent s'ajouter au signal. Il s'agit par exemple d'appels de courant liés à la mise en service d'appareils électriques. Fort heureusement, ils sont peu nombreux.

Juste pour le plaisir, voici l'évolution des valeurs maximales (par rapport au 0V) sur près d'une heure :

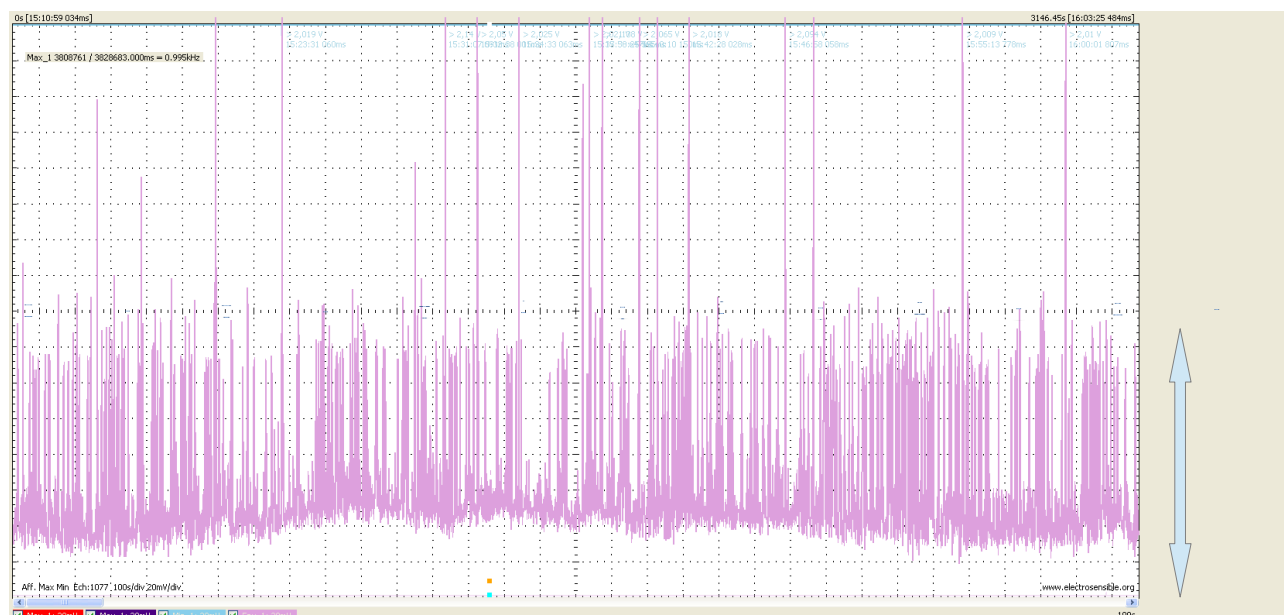


Illustration 16: Le zéro est en bas de la capture

En ordonnées, les transitoires se détachent des salves. La plus part d'entre elles dépassent très largement les niveaux CPL, et bien souvent saturent l'appareil de mesure.

De nombreuses salves se situent entre 7 à 8 carreaux ; soit environ 840 à 960mVpp. Cette représentation ne permet pas de mesurer uniquement le CPL car le bruit de fond y est inclus. Pour les captures suivantes, nous avons identifié le point le plus élevé puis analysé la pulse à l'échelle de la milliseconde pour ignorer la partie du signal bruitée en se basant sur la périodicité de celui-ci (soit le bruit précédent et suivant).

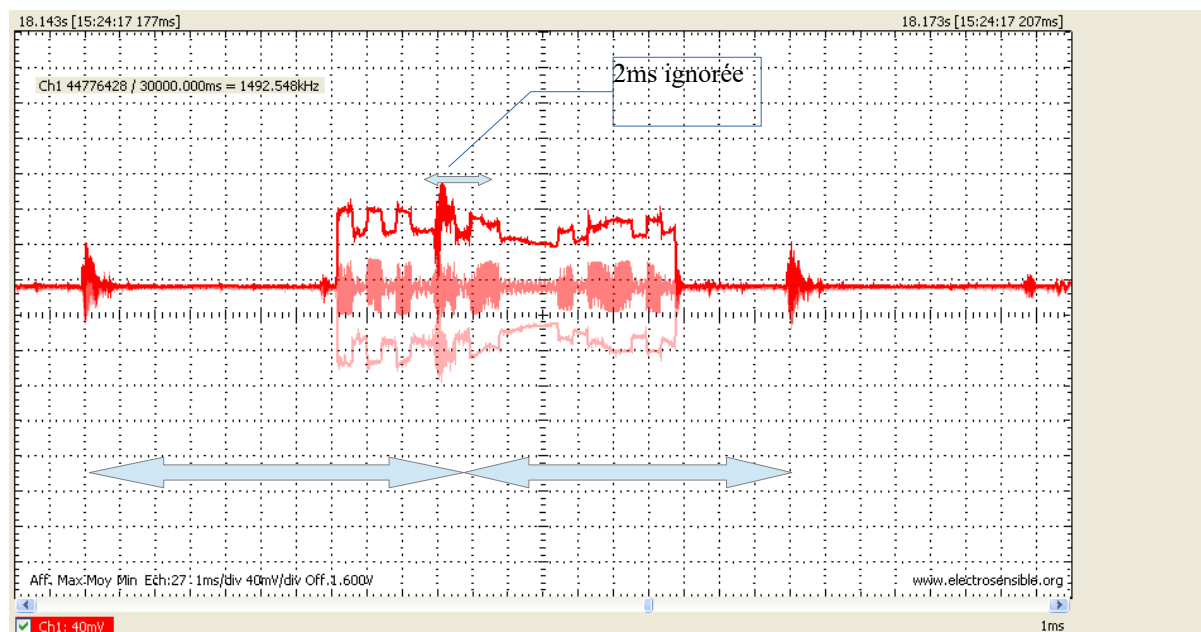


Illustration 17: Nous ne mesurons pas l'amplitude crête-crête dans le zone où le bruit de fond est présent

Voici 3 captures où nous avons pris soin d'éliminer les transitoires et le bruit de fond.

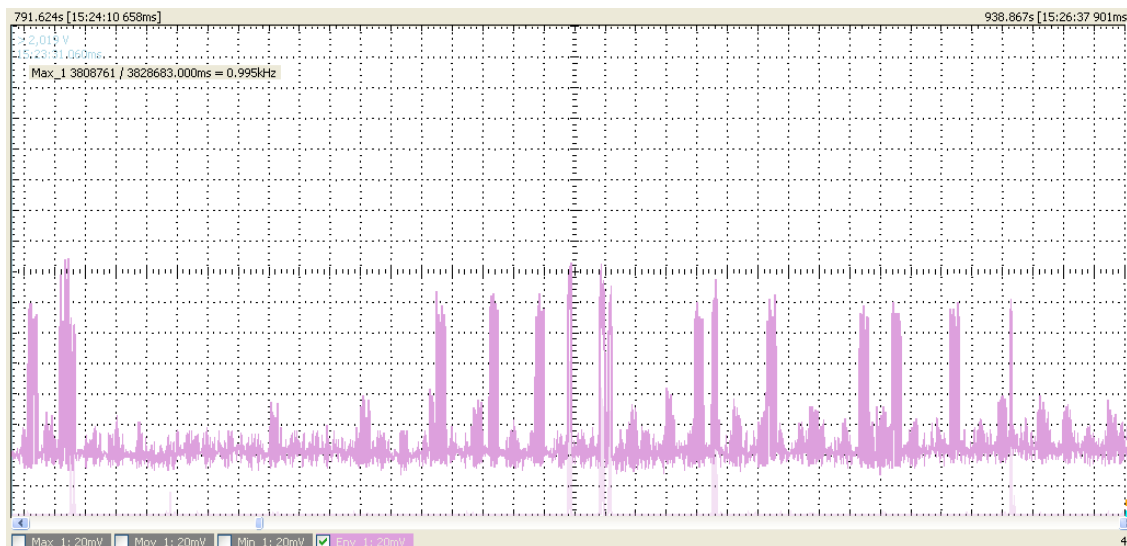


Illustration 18: 0.98Vpp maxi ; 20mV/div ; 4s/div



Illustration 19: 0.84Vpp maxi; 20mV/div ; 4s/div

Vous noterez beaucoup de sèves à environ 0.24mVpp :



Illustration 20 : 0.98Vpp maxi; 20mV/div ; 4s/div

Conclusion

Cette analyse n'a pas pour prétention d'être exhaustive concernant le fonctionnement du Linky, car l'exploitation de l'enregistrement nécessiterait beaucoup de temps d'analyse ainsi que des informations dont nous ne disposons pas sur les modalités de fonctionnement du compteur.

Cependant, nous avons montré, avec un matériel relativement simple que, dans le cadre d'un fonctionnement in situ, **la présence sur le réseau domestique des signaux G1 du compteur Linky est permanente et significative** par rapport au bruit de fond.

Ce constat va à l'encontre des discours tenus par l'opérateur ENEDIS/ERDF qui n'a eu de cesse de minimiser la question qui était légitimement posée, à savoir à quoi allons-nous être exposés toute la vie durant.

Rappelons en effet qu'ENEDIS/ERDF, après avoir affirmé que son système ne rayonnait pas a bien été contraint d'admettre l'inverse, tout en diffusant des valeurs fantaisistes et hétérogènes tant en amplitude qu'en durée (par ex. 0,0003V/m, 1 % du temps, quelques secondes la nuit...).

Notre analyse montre que dans le système tel que déployé, notamment par grappes, les expositions sont permanentes et représentent donc une exposition chronique. L'usage d'un filtre en sortie de disjoncteur semble indispensable pour les personnes électrosensibles.

D'autres travaux publiés par divers acteurs (étude EDF 2011, mesures INERIS, mesures ANFR) indiquent des niveaux d'exposition de l'ordre du volt/mètre.

Si on se réfère aux valeurs guides publiées par l'Académie européenne de médecine environnementale EUROPAEM en 2016 pour des expositions d'une durée supérieure à 4h ainsi qu'à l'expérience malheureuse des personnes déjà devenues électrosensibles, cette exposition significative est tout à fait préoccupante en matière de santé publique.

Bien des questions se posent concernant les conséquences de cette électricité sale et radiative tant les données scientifiques concernant ces gammes de fréquences manquent.

Maintenant que nous avons montré la permanence de ces émissions, il conviendrait d'en étudier de manière plus approfondie la composition temporelle et ses conséquences sur le vivant.

D'un point de vue technique, la même analyse serait à réaliser sur les signaux CPL-G3 qui sont désormais déployés à grande échelle.

Tableau 4 : Valeurs indicatives de précaution pour les champs magnétiques VLF *

Champs magnétiques VLF	Exposition de jour	Exposition de nuit	Populations sensibles
Moyenne arithmétique (AVG)	1 nT (0.01 mG)	1 nT (0.01 mG)	0.3 nT (0.003 mG)
Maximum (MAX)	10 nT (0.1 mG)	10 nT (0.1 mG)	3 nT (0.03 mG)

Tableau 5: Valeurs indicatives de précaution pour les champs électriques VLF.

Champs électriques VLF	Exposition de jour	Exposition de nuit	Populations sensibles
Moyenne arithmétique (AVG)	0.1 V/m	0.01 V/m	0.003 V/m

* VLF : gamme de fréquences de 3 kHz à 3MHz (fréquences du CPL rayonné par les compteurs Linky par exemple)

Illustration 21: Recommandations EUROPAEM pour les gammes VLF pour des expositions d'une durée supérieur à 4 h