Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 107 (2016)
Heft: 9

Artikel: Performances de télécommunication CPL-G3 sur le réseau basse tension
Autor: Mauron, Gaël
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857188

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BRANCHE **SMART METERING**

Performances de télécommunication CPL-G3 sur le réseau basse tension

Évaluation et identification des facteurs d'influences

Au cours des prochaines années, l'ensemble des compteurs électriques traditionnels vont être remplacés par des compteurs dits « intelligents ». Ces compteurs, aussi communément appelés smart meters, permettront de communiquer de l'information. Il sera, entre autre, possible de les relever à distance et, dans ce cas, le gestionnaire de réseau (GRD) n'aura plus à convenir d'un rendez-vous avec le client lorsque le compteur se situe à l'intérieur d'un logement. Ce type de compteur permettra aussi d'offrir au client un meilleur suivi de sa consommation et ainsi répondre aux objectifs de la Stratégie énergétique 2050 en termes d'efficience énergétique. Pour les GRD, l'enjeu est de permettre aux compteurs de communiquer de manière fiable et à moindre coût.

Gaël Mauron

Pour prendre le tournant du smart metering, les GRD se sont tout naturellement intéressés à la technologie CPL (Courant Porteur en Ligne) qui permet de construire un réseau de télécommunication en utilisant les câbles du réseau électrique comme médium physique pour la transmission de données. Cette technologie octroierait aux GRD une indépendance non négligeable face aux opérateurs de télécommunication traditionnels et leur éviterait par la même occasion la construction coûteuse d'une infrastructure de télécommunication dédiée.

L'architecture généralement retenue comprend des concentrateurs de données, habituellement situés dans les stations de transformation, qui communiquent en CPL avec les compteurs interconnectés via les câbles électriques du réseau de distribution basse tension (BT), comme illustré en figure 1.

Quel CPL choisir ?

Il existe deux grandes familles de CPL, le CPL à large bande et le CPL à bande étroite. Le CPL à large bande utilise des fréquences porteuses s'échelonnant de 2 à 30 MHz. S'il offre un important débit de transfert de données, allant jusqu'à 200 Mbit/s, il ne permet pas de transmission de données sur de longues distances. Le CPL à bande étroite utilise quant à lui des fréquences porteuses s'échelonnant de 10 à 500 kHz. Il affiche un débit plus modeste, de l'ordre de 100 kbit/s, mais permet de couvrir des distances de plusieurs centaines de mètres.

Les compteurs intelligents échangeront des données de l'ordre de quelques centaines de kbits par jour et par appareil sur des distances de transmission de plusieurs centaines de mètres. Le CPL à bande étroite semble donc être la famille la plus adéquate au champ d'application des GRD.

Une étude [1] du Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich et de l'IEEE confirme cette conclusion en comparant les différents standards de télécommunications destinés aux smart metering. Elle montre que le standard CPL-G3, qui fait partie de la famille CPL à bande étroite, couvre au mieux les besoins actuels en termes de débits et robustesse de transmission, tout en garantissant un standard ouvert.

Ce standard est normalisé par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) sous la référence G.9903, dont la dernière édition est parue le 22 février 2014 [2]. Cette norme décrit la couche 1 du modèle OSI, appelée couche physique, qui comprend les mécanismes de choix des bandes de fréquence, des types de modulation, des puissances d'émission et du masquage de groupes de fréquences porteuses. Quant à la couche de liaison, couche 2 du modèle OSI, elle décrit, entre autres, les mécanismes d'envois, de connexion/déconnexion et les fonctions de routage.

La norme G.9903 permet des débits de données utiles compris entre 5 et 30 kbit/s sur la bande Cenelec-A (9 à 95 kHz) et entre 20 et 130 kbit/s sur la bande FCC-1 (150 à 500 kHz). En Europe et en Suisse, la bande Cenelec-A peut être utilisée sans restriction particulière par les GRD (EN 50065-1). A contrario, la bande FCC-1 ne peut, pour sa part, être utilisée que sous certaines conditions [3].

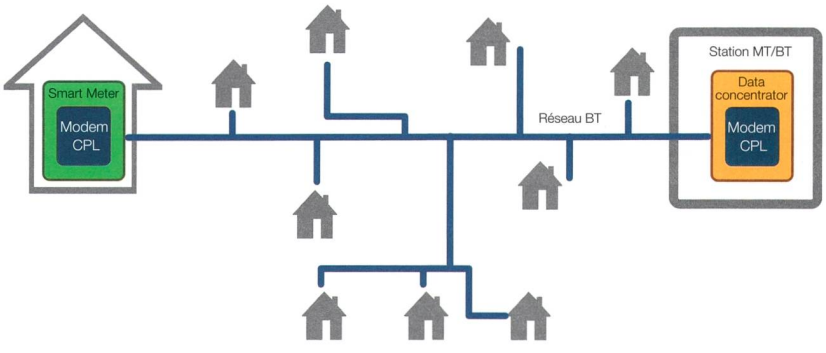

Figure 1 Exemple d'architecture d'un réseau CPL sur le réseau BT pour un projet smart metering.

BRANCHE **SMART METERING**

GRDs	Nom du site	Environnement	N° de la liaison	Longueur de liaison (m)	Nombre de tronçons	Type de câble	Longueur des tronçons (m)
Groupe E	Corcelles	Industriel	B	115	1	GKN 3x25/25	115
			A	195	1	TT-CLT 4x120	195
SIL	Athénée	Urbain	A	70	2	PPBT 3x95/50	55
						PPBT 3x95/50	15
			C	80	1	PPBT 3x95/50	80
			B	180	7	PPBT 3x95/50	54
						PPBT 3x95/50	6
						PPBT 3x95/50	52
						PPBT 3x95/50	21
						PPBT 3x95/50	28
						PPBT 3x95/50	9
						PPBT 3x95/50	10
RE	Yverdon - le Bey	Industriel	B	124	1	T Cu rm 4x25	124
			C	83	1	GKN-K Cu rm 3x50/50	63
			A	197	1	T Al se 4x240	197
	Vuiteboeuf	Rural	B	84	1	GKN-K Cu rm 3x16/16	84
			C	85	2	X Al se 4x150	15
						Canadien Cu 8	70
			A	161	1	X Al se 4x150	161

Tableau 1 Description des sites de mesure et des liaisons à mesurer.

Les débits de données dépendent de la largeur de bande, du nombre de fréquences porteuses et du type de modulation. C'est le rapport signal sur bruit au niveau du récepteur qui détermine le type de modulation utilisable, soit par ordre de débit de données croissant, le ROBO mode puis BPSK, QPSK et finalement 8PSK. Plus le nombre de fréquences porteuses est important, plus le système sera performant en termes de débit de données et de robustesse. La bande Cenelec-A comporte 36 porteuses et la bande FCC-1 72 porteuses. Afin d'améliorer encore la robustesse du système, le standard comprend un code correcteur Reed-Solomon utilisant la redondance et le sur-échantillonnage. Le but de ces mécanismes est de détecter et de corriger les erreurs dans les données reçues, dans un milieu perturbé et lorsque les conditions de transmission sont fortement dégradées.

Une évaluation menée en conditions réelles

Afin de déterminer si le standard CPL-G3 est conforme à nos attentes, des mesures dans des conditions réelles d'utilisation ont été entreprises sur des liaisons représentatives du réseau BT. Le but était d'évaluer les performances de télécommunication CPL-G3 [1)] pratiquement atteignables au niveau de la couche physique. Il s'agissait aussi de mettre en évidence les facteurs pouvant influencer les performances CPL-G3 de façon prépondérante.

Afin d'obtenir des résultats de qualité, Romande Energie, Groupe E, SIL et SIG ont mandaté la société ACN (Advanced Communications Networks S.A.), spécialiste dans le domaine des réseaux et des technologies de télécommunication, pour mener à bien ces mesures. Cette société, basée à Neuchâtel, est membre depuis plusieurs années de différentes organisations de normalisation dans le domaine des télécommunications, possède une expertise scientifique et pratique et jouit d'une renommée internationale.

Les liaisons à mesurer ont été sélectionnées en tenant compte de trois caractéristiques : longueur, nombre de tron-

1.1 Description des connexions	
1.1.1 Connexion A	
Longueur (m)	161
Type de câble	Al se 4x150 Profile : X
Année d'installation	1984
Connexion	Site 1 à Site 3
1.1.2 Connexion B	
Longueur (m)	94
Type de câble	Cu rm 3x16/16 Profile : GKN-K (Ceander)
Année d'installation	2007
Connexion	Site 2 à Site 4
1.1.3 Connexion C	
Longueur (m)	94
Type de câble 1er tronçon	Cu rm 3x16/16 Profile: GKN-K (Ceander)
Année d'installation 1er tronçon	2007
Type de câble 2ème tronçon	Al se 4x150, Profile: X
Année d'installation 2ème tronçon	1984
Connexion	Site 1 à Site 5

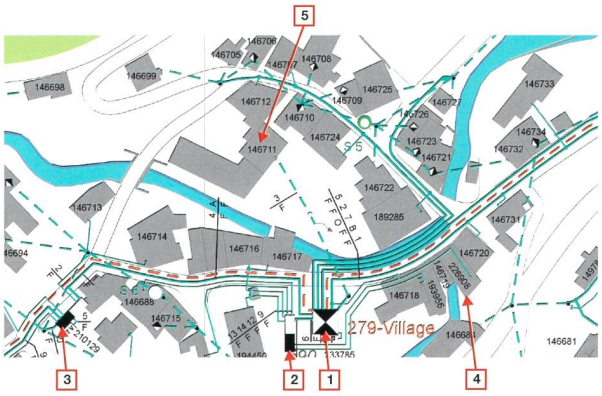

Figure 2 Exemple de description d'un site (Vuiteboeuf).

BRANCHE **SMART METERING**

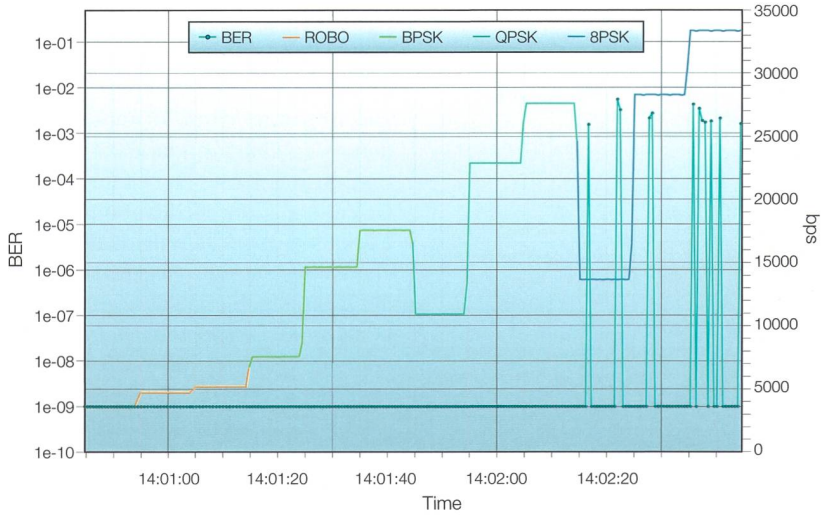

Figure 3 Exemple de mesure du débit et taux d'erreur selon le type de modulation sur une liaison point-à-point.

çons et types de câbles. Nous voulions, en effet, que ces liaisons soient les plus représentatives possible des configurations existantes dans le réseau BT, de façon à déterminer l'impact de chacune de ces caractéristiques sur les performances de télécommunication CPL-G3.

Les sites ont, quant à eux, été sélectionnés en fonction de leur potentiel de perturbation lié à l'environnement. Nous avons déterminé trois types d'environnement : l'environnement « rural », caractérisé par une faible densité de charges connectées et donc potentiellement peu perturbé, l'environnement « industriel/banlieue » ayant une densité moyenne de charges connectées et donc potentiellement plus perturbé et, enfin, l'environnement « urbain » très dense en charges connectées et potentiellement très perturbé. Les sites et leurs caractéristiques sont répertoriés dans le **tableau 1**. À titre d'exemple, la **figure 2** décrit géographiquement le site de Vuiteboeuf qui présente les caractéristiques principales de chaque liaison soumise à nos mesures.

Méthodes et résultats de mesure

Dans un premier temps, l'analyse visait à déterminer les performances de télécommunication sur des liaisons dites « point à point » au moyen de deux modems CPL-G3 placés chacun à une extrémité et jouant tour à tour le rôle d'émetteur et de récepteur (communication bidirectionnelle). Cette méthode avait pour but d'évaluer les débits de données atteignables sur la couche 1 du modèle OSI « couche physique » et non la performance liée aux mécanismes de connexion/déconnexion ou de routage définis dans la couche 2 du modèle OSI « couche de liaison ». Les mesures ont été effectuées sur les trois phases coïncidentes (L1⇔L1, L2⇔L2, L3⇔L3), dans les deux sens et sur les bandes de fréquence Cenelec-A et FCC-1. La **figure 3** illustre une mesure. Le débit de données atteint ainsi que le taux d'erreur y sont représentés en fonction du temps et du type de modulation utilisée.

Les résultats de mesure obtenus sont résumés dans le **tableau 2**. Les couleurs allant du rouge au vert en passant par le jaune et l'orange représentent le niveau de performance en termes de débit, ceci sur les deux bandes de fréquence testées.

Les cases de couleur verte affichent les débits les plus élevés réalisables en CPL-G3 sur chacune des bandes de fréquence avec une modulation 8PSK. Ces débits sont possibles lorsque l'atténuation du signal et le niveau de perturbations sont faibles au niveau du récepteur. En jaune, ce sont les modulations QPSK ou BPSK qui sont utilisées car le rapport signal sur bruit au niveau du récepteur est moins favorable. Il en résulte un débit inférieur. Les débits visibles dans les cases oranges ont été atteints avec la modulation ROBO. Cette modulation est plus robuste et donc moins sensible à une mauvaise qualité de liaison et aux perturbations, de sorte qu'un très faible débit de données reste néanmoins possible. En rouge, aucune connexion et aucun transfert de données n'a été possible.

Ensuite, nous avons mesuré les liaisons choisies en termes d'atténuation et de bruit en fonction de la fréquence. À l'aide d'un générateur de signaux et d'un analyseur de réseau (voir **figure 4**), nous avons effectué, pour chaque liaison, une mesure d'atténuation du signal entre le point d'émission et de réception (voir **figure 5**) ainsi qu'une mesure de bruit au niveau du récepteur (voir **figure 6**), ceci sur toute la bande de fréquence utilisée par le CPL-G3. Nous avons pu visualiser de manière plus fine le profil d'atténuation en fonction de la fréquence et le profil de bruit au niveau du récepteur. Ceci a permis d'évaluer le rapport signal/bruit à partir duquel aucune communication CPL-G3 n'était possible.

Lors de nos mesures, une liaison particulière, sur laquelle la communication était très mauvaise, voire impossible, a été découverte. Afin de déterminer si ces difficultés de communication étaient permanentes, une mesure complémentaire a été réalisée, à l'aide des modems CPL-G3, sur une période de 9 jours et uniquement sur la phase L1. Ceci a permis de vérifier si une connexion était tout de même possible à des moments différents du jour ou de la nuit. Ces mesures ont mis en évidence que les performances de télécommunication sont généralement

Site	Liaison	Cenelec-A (kbit/s)	FCC-1 (kbit/s)
Corcelles	A	5	20
	B	33	130
Yverdon	A	17	130
	B	17	117
	C	5	130
Vuiteboeuf	A	15	80
	B	33	130
	C	15	117
Lausanne	A	5	80
	B	5	30
	C	0	30

Tableau 2 Débit de données utile atteignable sur la couche physique en kbit/s.

BRANCHE **SMART METERING**

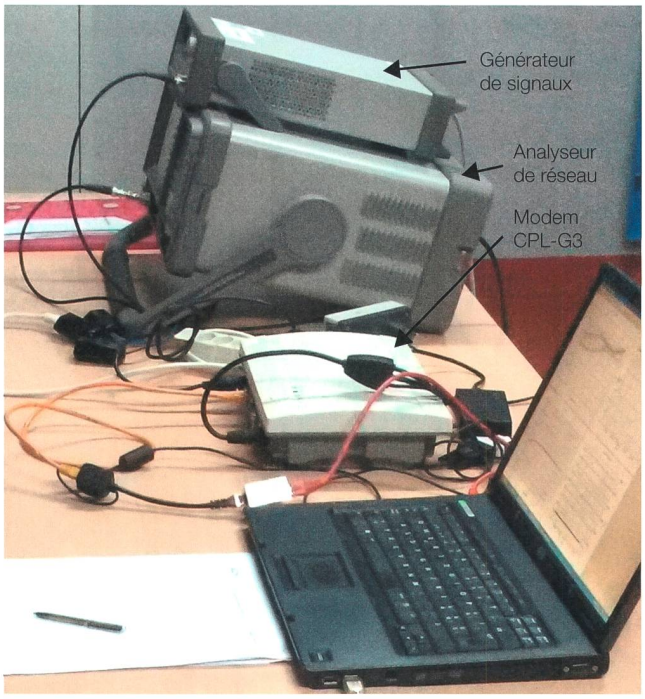

Figure 4 Place de mesure.

meilleures la nuit que le jour et meilleures les jours de weekend que ceux de semaine. Ces différences de performance sont plus marquées dans les basses fréquences (Cenelec-A) que dans les hautes fréquences (FCC-1).

Pour terminer, des mesures sur les liens A et B du site Athénée (voir tableau 1) visant à quantifier l'influence de la non-coïncidence des phases d'émission et de réception (transmission par diaphonie) ont été réalisées avec les modems CPL-G3, en permutant les phases d'émission et de réception. Il en ressort que, sur la bande Cenelec-A, les atténuations dues à la diaphonie ne permettent pas le transfert de données lorsque les phases sont non-coïncidentes, alors qu'une communication est possible lorsque les phases sont coïncidentes. Sur la bande FCC-1, l'atténuation par diaphonie est plus importante. Dans cette bande, sur les deux liaisons testées, les débits de données atteignables diminuent nettement (130 => 20 kbit/s) lorsque les phases d'émission et de réception sont non-coïncidentes.

Les principaux facteurs influençant les performances

Les caractéristiques physiques du réseau électrique n'influencent pas de manière significative les performances de télécommunication. En effet, la longueur des liaisons, de l'ordre d'une centaine de mètres, le type de câble ainsi que le nombre de tronçons n'atténuent les signaux que de quelques dB. En conclusion, le rapport signal/bruit au niveau du récepteur et donc peu dégradé par ces éléments et n'a qu'un impact minime sur la baisse du débit.

Par contre, les charges connectées au réseau électrique influencent de manière significative les performances de télécommunications CPL-G3. L'impédance des charges connectées et les perturbations qu'elles génèrent peuvent détériorer le rapport signal/bruit au niveau du récepteur jusqu'à plusieurs dizaines de dB. Les performances de télécommunication sur les liaisons se trouvant dans un environnement défavorable peuvent ainsi être dégradées de manière significative, à tel point qu'une connexion, comme dans le cas de la liaison C du site Athénée (voir tableau 1), devient impossible. On peut en déduire que le risque de rencontrer des problèmes de télécommunication CPL-G3 est vraisemblablement plus important dans des zones urbaines, denses en charges, que dans des zones rurales, peu denses en charges.

L'atténuation par diaphonie dépend, elle aussi, majoritairement des charges connectées au réseau électrique et moins des types de câbles ou de leurs longueurs. Dans le cas d'un déploiement d'appareils communiquant en CPL-G3 sans repérage préalable de la coïncidence des phases d'émissions et de réception, les performances de télécommunication CPL-G3, en termes de débit, seront diminuées et varieront au cours du temps, ceci en fonction des charges connectées au réseau.

La bande de fréquence FCC-1 est plus large et moins bruitée que la bande Cenelec-A. Sur cette première bande, les performances CPL-G3 en termes de débit utile sont 4 à 26 fois meilleures que sur la bande Cenelec-A. Dans le cas de la liaison C du site Athénée, des transmissions de données ont même pu être effectuées alors qu'aucune connexion n'a pu être établie sur la bande Cenelec-A. Dès lors, il devrait être envisagé, dans la mesure du possible, d'utiliser la bande FCC-1 de manière généralisée ou au cas par cas.

Ces mesures ont permis de mettre en évidence les facteurs d'influence prépondérants et démontrent la nécessité de poursuivre les essais sur des sites dits «critiques» (urbains) avec un ensemble dense de compteurs interconnectés. Le but sera, dans cette phase, d'évaluer les performances liées aux mécanismes de

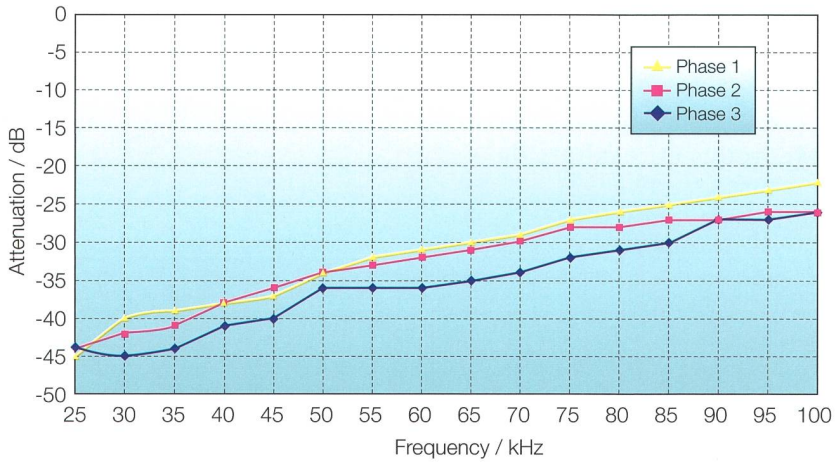

Figure 5 Illustration d'une mesure d'atténuation du canal en fonction de la fréquence.

BRANCHE **SMART METERING**

Figures: Romande Energie

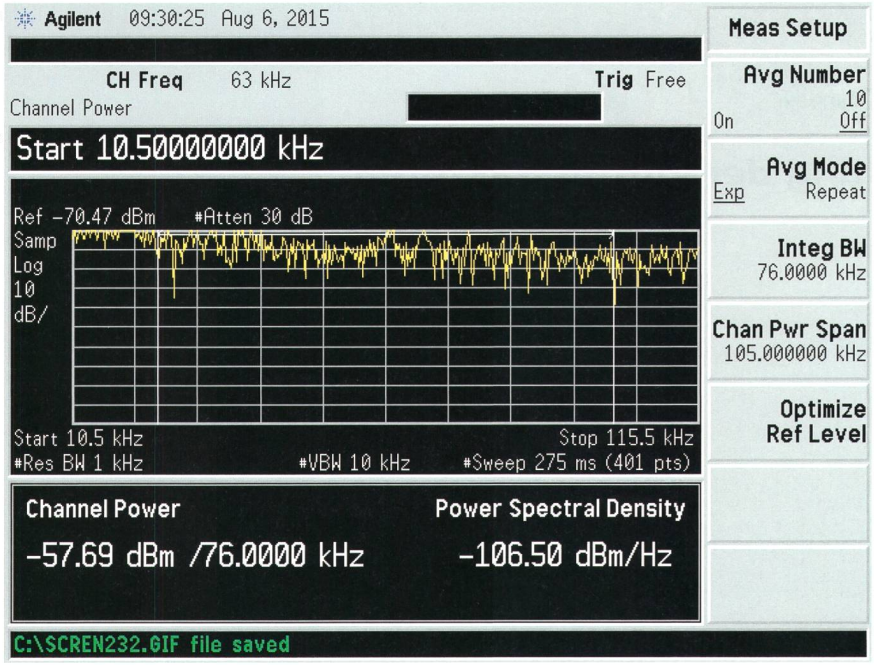

Figure 6 Illustration de la mesure de bruit effectuée avec l'analyseur de réseau au niveau du récepteur.

connexion/déconnexion ou de routage définis dans la couche 2 du modèle OSI «couche de liaison». De plus, ces tests, planifiés tout prochainement, nous permettront d'identifier les mesures à prendre lors d'un déploiement à grande échelle, pour respecter au mieux la coïncidence des phases et effectuer la suppression des équipements client générant un niveau de perturbation hors norme (clean-up).

Lien

www.romande-energie.ch

Références

[1] Smart meter communication standards in Europe – a comparison, 24.11.2014, Sabine Erlinghage, Bill Lichtensteiger and Jochen Markard, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich and IEEE, available online www.sciencedirect.com

[2] G.9903: Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for G3-PLC networks, 22.02.2014, UIT

[3] PTA 5.1 RS 784.101.21, 11.08.2015, OFCOM Prescriptions techniques et administratives concernant les installations de télécommunication filaires utilisant la technologie des courants porteurs en ligne (technologie CPL) dans le cadre de services de télécommunication et de réseaux privés s'étendant sur plusieurs bâtiments non contigus. Prescriptions techniques et administratives pour le PLC (SR784.101.21-5.1)

Auteur

Gaël Mauron est ingénieur HES en Télécommunication, oriententation transmission et traitement du signal, diplômé de la HEIG-VD à Yverdon-les-Bains en 2006. Depuis novembre 2014, il est responsable de l'étude de faisabilité technique pour la partie télécommunication du projet SmartMetering lancé par Romande Energie.

Romande Energie, 1110 Morges
Gael.mauron@romande-energie.ch

[1] Le débit de données atteignable entre un émetteur et un récepteur représente l'unique critère de performance évalué.

Anzeige