



FONDATION D'ENTREPRISE

FEREC

Outil de localisation 3D et de classification des réseaux enterrés par radar à saut de fréquence multi-antennes

CEREMA / LOGIROAD



Lauréat de l'appel à projets 2018
« Des innovations numériques pour la conception, la
construction, l'évaluation et la maintenance des
infrastructures »

Décembre 2019

Auteurs :

JN. Gaudin (Cerema)

A. Ihamouten (Cerema)

Y. Goyat (Logiroad)

J. Tissier (ESE0)

X. Derobert (Ifsttar)

Sommaire

1	Résumé	4
2	Contexte et objectifs du projet	5
3	Description des travaux menés	7
4	Utilisation de l'aide de la Ferec dans le projet	8
5	Résultats acquis	9
6	Impact	22
6.1	Apports et retombées pour la collectivité	22
6.2	Mise en évidence du caractère collaboratif et d'intérêt général	22
6.3	Publications et autres éléments de communication auxquels le projet et ses résultats ont donné lieu	22
7	Perspectives ouvertes par le projet notamment en matière de recherche collaborative	23

1 Résumé

Le projet mené en collaboration avec l'ESEO et l'entreprise Logiroad porte sur une étude de faisabilité liée au développement d'une instrumentation radar à saut de fréquence (RSF) multi-antennes dont l'objectif est de détecter et localiser en 3D et par différentes approches inverses les réseaux de canalisation enterrés.

Des travaux préparatifs (étude bibliographique, état de l'art, caractérisation des composants) ont conduit à identifier les différentes technologies pouvant constituer notre chaîne d'instrumentation radar à sauts de fréquence (VNA, multiplexeur, antennes).

Un travail de développement exploratoire a ensuite été réalisé. Différentes architectures ont été développées autour de ces composants (avec ou sans switch électronique, avec 2 et 3 antennes) en utilisant un microcontrôleur (plateforme arduino associée à un logiciel Python) qui assure le pilotage de l'acquisition (multiplexée ou parallèle). Au travers de différents protocoles de mesure, les différentes architectures ont été évaluées en terme de stabilité et d'intégrité des signaux acquis par le VNA vis-à-vis du switch, plus particulièrement lors des phases de commutation. Une évaluation des performances en terme de vitesse d'acquisition a également été menée à travers des mesures comparatives.

Enfin, une première analyse relative aux méthodes de traitement (approches physiques ou statistiques) à associer au prototype a été conduite.

L'ensemble des résultats obtenus valide l'intérêt d'une architecture multiplexée comme solution technique RSF multi-antennes bas coût. Tous ces résultats vont être valorisés et vont permettre de poursuivre le travail de développement dans un cadre partenarial (lancement d'une thèse, création d'un LabCom ANR).

2 Contexte et objectifs du projet

2.1 Contexte du projet

Une partie du patrimoine français a été construite entre 1945 et 1975. Le vieillissement des infrastructures entraîne une perte de fonctionnalité, de disponibilité et de réduction du niveau de service qui impacte les opérateurs et les usagers, notamment pour les systèmes d'eau potable.



Figure 1. rupture de réseau de distribution de gaz à Bondy(93) ; rupture de réseau de distribution de gaz à Noisy-le-Sec (93)

Sur le plan législatif, la réglementation du travail à proximité des réseaux de canalisation s'est durcie. La réforme « anti-endommagement des réseaux » encourage fortement depuis 2012 les collectivités à réaliser un Plan de corps de rue simplifié (PCRS). De nouvelles échéances sont apparues plus récemment, plus particulièrement sur la localisation des réseaux sensibles (Gaz, électricité, éclairage public, ...) en classe A qui est fixée à 2019 pour les unités urbaines, et à 2026 pour les territoires ruraux. Ainsi, de nombreuses collectivités territoriales réfléchissent dès maintenant à un référentiel topographique très grande échelle (RTGE).

Ce constat identifie des besoins forts en auscultation et évaluation non destructive de la part de nombreux acteurs (collectivités, gestionnaires, maîtres d'ouvrages, bureaux d'études ...). La réponse à apporter doit se traduire par le développement et la mise à disposition d'outils non destructifs, basés sur la physique de l'interaction des ondes et de la matière, innovants associés à des méthodes de traitement performantes, fonctionnant à grand rendement et traitant à la fois la détection, la localisation X, Y et Z et la classification des réseaux enterrés.

2.2 Objectifs du projet

Le projet LOCA_3D s'insère dans une opération de recherche collaborative multi-partenaires plus global portée par le Cerema et la société privée Logiroad. Ainsi, depuis février 2019, les deux partenaires associent leurs forces recherche & innovation autour de la physique, du développement numérique et logiciel et de l'intelligence artificielle pour le traitement de l'information et mènent conjointement des travaux de recherche dans le cadre d'une thèse qui vise le développement d'un nouvel outil radar multi-antennes associé à des méthodes inverses pour la détection, la localisation et la classification des réseaux enterrés.

A un horizon de 3 ans, les objectifs plus globaux ciblent plus particulièrement le développement et la validation *in situ* de cette nouvelle technique d'acquisition de données pour :

- L'estimation de la permittivité complexe en fonction de la profondeur de différents sols dispersifs ;
- L'estimation du diamètre et de la profondeur des canalisations à partir de techniques d'inversion de formes d'onde des données issues du radar à sauts de fréquences (RSF) ;
- La classification des canalisations à partir de méthodes d'apprentissage supervisé. L'équipe R&D de Logiroad transposera les approches non déterministes développées pour des outils constituant le noyau de leurs offres de service vers ce nouveau domaine d'auscultation faisant appel à la technologie RSF, propriété du Cerema ;

Les objectifs du projet sur la première année se concentrent autour de l'aspect technologique et de la faisabilité, plus particulièrement sur la conception et l'évaluation d'un mini réseau prototype multi-antennes (2 à 3 antennes dans un premier temps) ultra large bande, le développement d'une première solution multiplexeur radio-fréquence (RF), l'étude de son couplage avec un analyseur de réseau vectoriel (VNA), l'ensemble constituant un premier prototype de chaîne d'instrumentation du RSF multi-antennes. Cette première étape nous permettra d'appréhender l'ensemble des verrous technologiques.

A l'issue de ces premiers travaux, une phase expérimentale sera menée en laboratoire et sur site contrôlé afin de procéder aux premières validations techniques.

Au terme de cette première année, une première réflexion sera menée sur les verrous scientifiques et les traitements associés à l'outil technologique.

3 Description des travaux menés

Le cœur du projet s'inscrit dans une étude de faisabilité d'un système de multiplexage d'antennes associé à un VNA, l'ensemble devant constituer un matériel bas coût destiné à améliorer le rendement et les performances d'un radar à sauts de fréquence classique. Ce projet s'articule suivant un ensemble d'actions dont les résultats sont reportés en section 5 de ce rapport :

1. La conception d'un radar à saut de fréquence multi-antenne : 1^{ère} phase et 2^{ème} phase

Celle-ci a couvert :

- l'état de l'art des techniques de multiplexage (principes, avantages et inconvénients) et le choix d'un multiplexeur ;
- les critères de choix d'un VNA (caractéristiques, performances, coûts) ;
- les critères de choix d'antennes large bande adaptées ;
- le développement d'un démonstrateur laboratoire ;
- la caractérisation de la chaîne d'instrumentation et l'estimation des performances envisageables.

2. L'initiation des réflexions sur les méthodes de traitement du signal associées.

4 Utilisation de l'aide de la Ferec dans le projet

Le financement accordé par la fondation Ferec sur le projet LOCA_3D a principalement porté sur des dépenses liées à la conception et au développement d'un premier prototype de chaîne d'instrumentation du radar à saut de fréquence multi-antennes (conception et réalisation d'antennes, achats de composants RF, multiplexeurs RF, câbles et connectique RF, ...).

Il a permis également de financer des moyens de développement spécifiques (station de travail, logiciels), l'achat de consommables et petits matériels, de la sous-traitance auprès de l'Ecole Supérieure d'Electronique de l'Ouest à travers 2 stagiaires et des frais de missions (valorisation, conférences, déplacements).

Tableau 1. Tableau des dépenses Ferec

Type de dépense	CEREMA	% AIDE FEREC
Investissements matériels (antennerie, câbles, connectique RF, multiplexeur, réflectomètre, ..)	30300	75
Investissements matériels (informatique)	5000	12
Moyens humains (stagiaires, CDD)	3500	9
Missions (déplacements, valorisation)	1200	4
TOTAL	40000	100

5 Résultats acquis

L'état du marché en terme de dispositif radar commercialisé permet d'identifier quelques systèmes actuels RSF multi-antennes disponibles sur le marché. Malheureusement, ces outils sont très chers, restent limités en performances et en capacité de traitement de l'information et n'offrent aucune possibilité d'interfaçage. L'idée ici est de développer une solution propriétaire bas coût en concevant une chaîne d'acquisition complète hybride pour en maîtriser tous les paramètres. Plusieurs architectures de chaînes d'acquisitions ont été caractérisées afin d'en extraire leurs performances pour ainsi les comparer mutuellement.

5.1 Ingénierie : conception d'un radar à sauts de fréquence multi-antennes : 1^{ère} phase

Le travail, dans une première partie, a été réalisé dans le cadre d'une collaboration avec l'Ecole Supérieure d'Electronique de l'Ouest. Celui-ci a permis d'aboutir à un premier démonstrateur de laboratoire.

5.1.1 Principe de fonctionnement du radar à sauts de fréquence

Un radar à pénétration de sol est un appareil qui utilise le principe du radar. Le dispositif en question envoie une onde électromagnétique qui est transmise vers une structure sous test par le biais d'une antenne, l'onde incidente pénètre la structure à ausculter et est réfléchiée puis réceptionnée. La réflexion de l'onde est générée par les différences de propriétés diélectriques des différents matériaux pénétrés. Le temps de trajet aller-retour, l'amplitude et la phase du signal émis sont alors enregistrés pour ensuite être traités. Lorsqu'on utilise un VNA, les données sont enregistrées en paramètre(s) S en fonction du nombre de ports utilisés (S11/S22 mono statique ou S21/S12 bi-statique).

Typiquement, dans le cas de d'un radar à sauts de fréquence (RSF) le signal est émis sur une dynamique en fréquence importante réglée en fonction de la profondeur d'investigation souhaitée et des antennes utilisées. En effet la profondeur à ausculter va directement dépendre de la fréquence du signal émis par le générateur du radar. En effet, plus la fréquence émise sera basse, plus la pénétration sera importante (mais moins bonne sera la résolution spatiale). A l'inverse plus la fréquence émise sera élevée, moins la pénétration sera importante (mais meilleure sera la résolution en surface).

5.1.2 Etat de l'art

Une première étape a consisté à dresser un état de l'art des différentes technologies constituant notre chaîne d'instrumentation radar à sauts de fréquence (VNA, multiplexeur, antennes).

5.1.2.1 Les techniques de multiplexage

Une analyse comparative a été menée entre les techniques de multiplexage temporel et fréquentiel. Les caractéristiques générales (topologie, temps de commutation, pertes d'insertion, ROS, ...) de chaque technique ont été identifiées et un comparatif (avantages / inconvénients) a été dressé.

Tableau 2. Etat de l'art des techniques de multiplexage

Array Multiplexers (Time Division)	
Mechanical	Electronic
Slow	Fast

Le cahier des charges (CdCF) de notre application a été établi et un choix de technologie s'est imposé vis-à-vis du CdCF. A l'issue de ce travail une recherche et une évaluation de composant a été réalisée :

Tableau 3. Choix du multiplexeur

Archi	Insertion loss (db)	Type	Fréq (GHz)	Ton	Ref
SP3T	0.7 db 2.0 Ghz	Absorbatif	DC-4	150ns	HMC245AQS16
SP3T	1.8 db 2.0 Ghz	Absorbatif	DC-5	20ns	ZASWA250DRA
SP4T	1.4 db 2.0 Ghz	Absorbatif	DC-5	20ns	AYSWA250DR
SP6T	1 db 2.0 Ghz	Absorbatif	DC-3	90ns	HMC252AQS24E

Le modèle HMC252AQS24E de chez Analog-device fournit par Digikey a été retenu, c'est un kit d'évaluation (carte électronique brute). Ce type de "format" demandera, dans le cadre d'une industrialisation future, de passer sur un modèle intégré (boîtier blindé).

5.1.2.2 Les VNA / réflectomètres

Une étude bibliographique a été menée sur les différents modèles de VNAs disponibles sur le marché. De nombreux dispositifs existent mais restent des analyseurs de réseau vectoriel de laboratoire d'électronique onéreux. Néanmoins, depuis 2 à 3 ans, le marché évolue et certains fournisseurs proposent des réflectomètres correspondant à des VNAs 1 port présentant des performances élevées pour des applications singulières mais suffisantes pour les exigences souhaitées.

Tableau 4. Etat de l'art des analyseurs de réseau vectoriel (VNA)

	Speed per point	Dynamic range	Max power	size	Cost
Fieldfox N9928A	1ms	91dB	-4dBm	Medium	High
CM R60 (1 port)	100µs	109dB	-3dBm	Very small	Very low
Keysight M9373 Pxl	30µs	115dB	7dBm	Medium (modular)	Very high
Anritsu MS4640 B	20µs	115dB		large	Very high
C.M C1209	10µs	152dB	15dBm	Medium	Medium

A l'issue de cette étape, le composant choisi est le réflectomètre R60 de la société américaine Copper Mountain technologies.

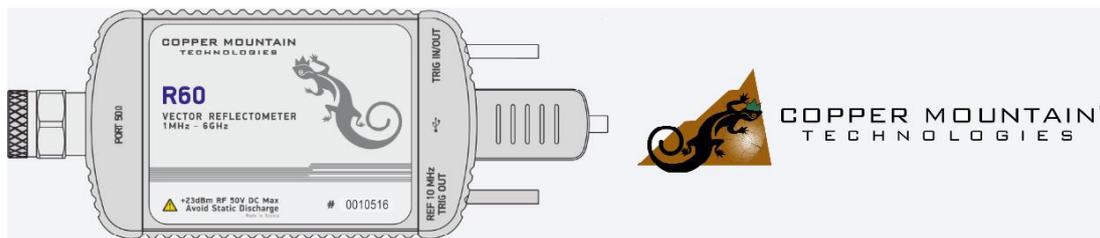


Figure 2. Réflectomètre R60 Copper Mountain

L'appareil en question est portable et entièrement configurable depuis un ordinateur (suite de logiciels compatibles Windows & Linux) par le biais d'une liaison USB 2.0. De plus il existe des bibliothèques permettant d'utiliser des langages de programmation tels que Python, C++, C, LabVIEW, Matlab pour effectuer des acquisitions personnalisées. Il permet de balayer une plage de fréquence allant de 1 MHz à 6 GHz avec un nombre de points configurables allant de 2 à 100001, la puissance de la source interne est aussi configurable de -35 dBm à 0 dBm (1 mW). La bande passante de la fréquence intermédiaire (IFBW) peut être uniquement configurée suivant une liste de valeurs prédéterminées dans une plage variant de 10 Hz à 100 KHz par pas de 1/3.

5.1.2.3 Les antennes Ultra Large Bande (ULB)

Sur ce point, dans le cadre du travail avec l'ESEO et pour des questions de calendrier, nous avons décidé de travailler avec des antennes réalisées en interne.

Les antennes utilisées sont du type à fente à ouverture progressive ou antenne Vivaldi ULB. Elles ont été dimensionnées pour la bande 800 MHz - 3 GHz, elles sont composées de deux plaques de substrat FR4 cuivré (composite de résine époxy renforcé de fibre de verre) double couche.

Les antennes ont été caractérisées en chambre anéchoïque (ROS, Gain, ...). Les mesures effectuées ont été réalisées avec un VNA du type PNA N5247A.

Par ailleurs, dans le cadre de la réalisation d'un second prototype (1 réflectomètre, 1 multiplexeur et 3 antennes) nous avons décidé d'investir dans plusieurs type d'antennes. Dans ce cadre, un état de l'art a été effectué dont la synthèse est reportée dans le tableau 5 et notre choix s'est porté sur la topologie antennaire Vivaldi.

Tableau 5. Etat de l'art des antennes Ultra Large Bande

	Vivaldi	Bowtie	Horn
Size (Horizontal)	Medium	High	Very High
Gain	High	Medium	High
UWB (0.3 – 4GHz min)	Very high	Medium	High

5.1.3 Développement d'un démonstrateur laboratoire

Au final, les différents choix nous ont permis de nous orienter sur une instrumentation autour de 3 composants principaux (Réflectomètre R60 Copper Montain, antennes Vivaldi très large bande et multiplexeur électronique Digikey HMC252).

Les antennes ont été caractérisées en chambre anéchoïque à l'ESEO (paramètre ROS, mesure de gain, ...).

Le travail de développement concernant le démonstrateur de laboratoire a consisté à réaliser 2 chaînes d'acquisition à partir de ces différents composants :

- 1 réflectomètre + multiplexeur + 2 antennes en mono-statique (Figure 3) ;
- 2 réflectomètres + 2 antennes en mono-statique (acquisition des signaux en parallèle) (Figure 4).

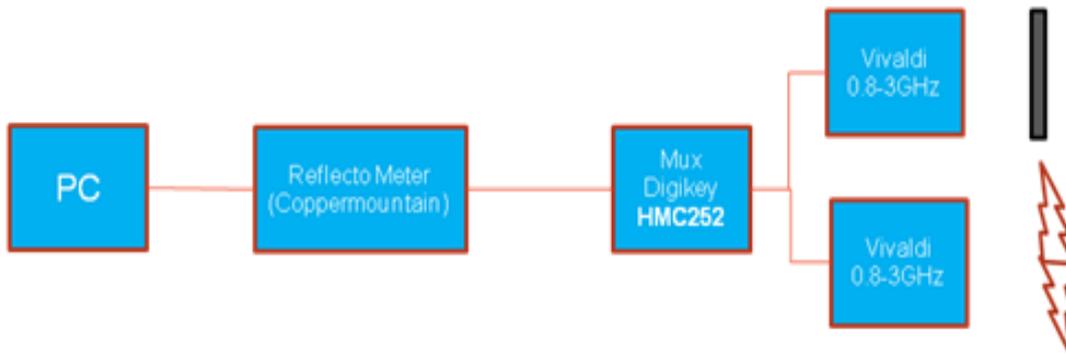


Figure 3. Architecture multiplexée 2 antennes

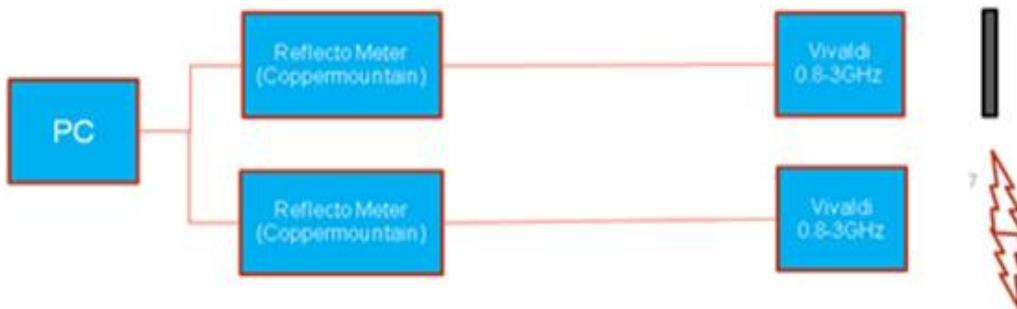


Figure 4. Architecture parallèle 2 antennes

Le schéma fonctionnel du dispositif est représenté dans la Figure 5.

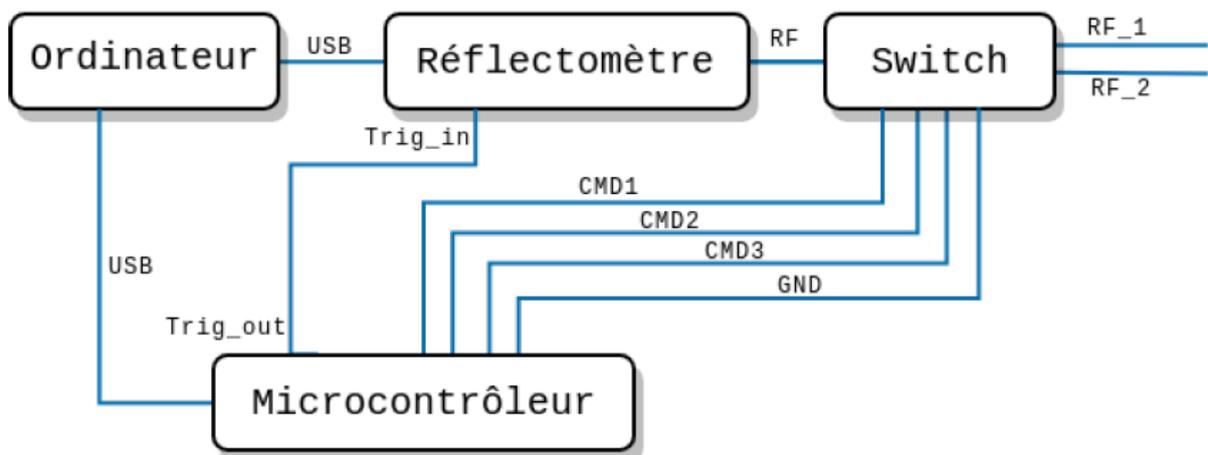


Figure 5. Schéma fonctionnel de l'instrumentation

La configuration comprend un switch (ou multiplexeur) dans lequel deux sorties sont utilisées, une pour chaque antenne. La liaison ordinateur

/ réflectomètre est assurée par l'intermédiaire d'une couche TCP sur laquelle transite les instructions de paramétrage et d'acquisition. L'architecture utilise un microcontrôleur (plateforme arduino) qui assure l'alimentation et gère la partie commande du switch pour la commutation des différents ports utilisés. Un développement logiciel sous Python a été réalisé afin d'assurer le pilotage de l'acquisition (multiplexée ou parallèle) et l'affichage des données.



Figure 6. Démonstrateur de laboratoire architecture multiplexée

5.1.4 Caractérisation de la chaîne d'instrumentation et estimation des performances envisageables

Une première étape d'évaluations expérimentales a été conduite. Celle-ci a consisté à placer chaque architecture dans des conditions de mesure identiques à la fois sur plaque métallique (PEC) et sur absorbant et à évaluer la stabilité des dispositifs et des signaux pour chacune des configurations. Pour chaque expérimentation menée, un protocole a été défini. Celui-ci fixe en particulier les principaux paramètres du réflectomètre et de l'essai (IFBW, nombre de points par sweep, nombre d'acquisition, ...).

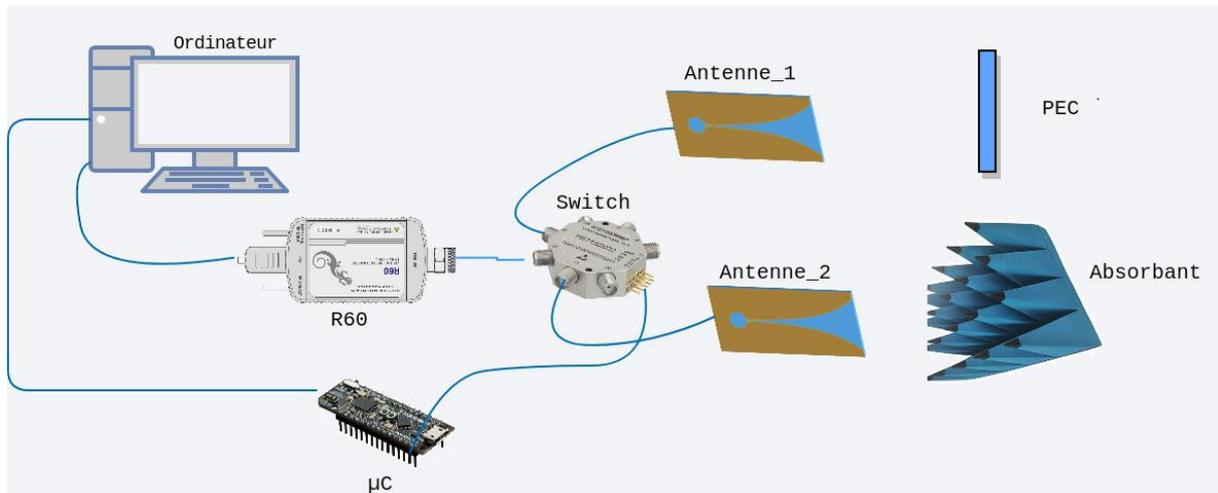


Figure 7. Montage en configuration mono-statique multiplexée

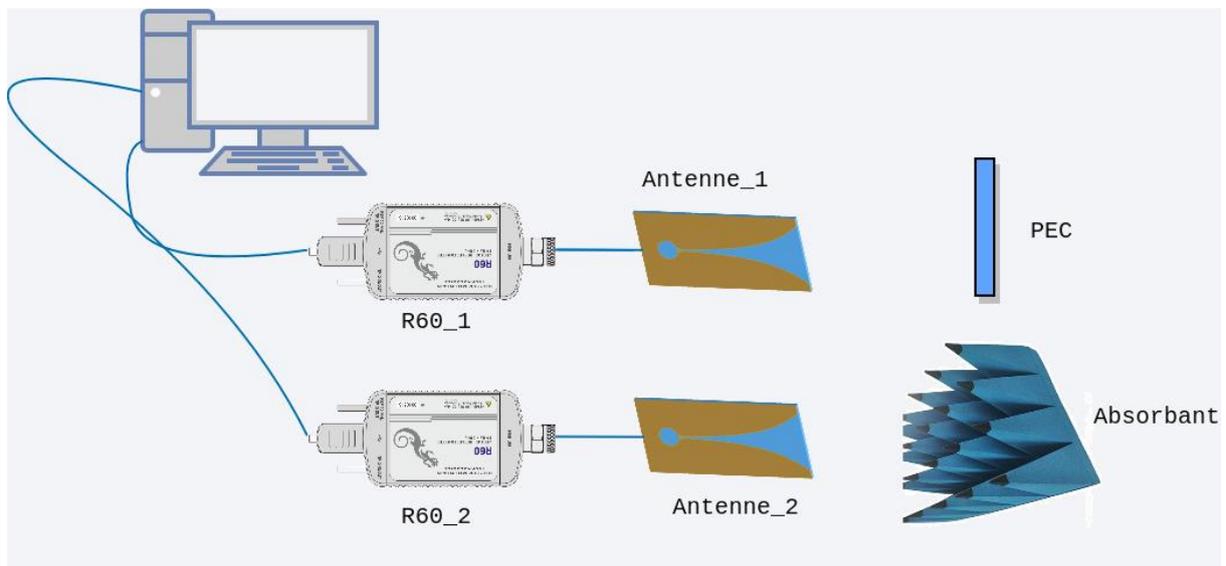


Figure 8. Montage en configuration mono-statique parallèle

Au travers du déroulé des différents protocoles différentes évaluations ont été effectués :

- Une évaluation de la stabilité des signaux (en amplitude et en phase) acquis par le VNA a été effectué (Figure 9). On observe une meilleure stabilité avec l'absorbant par rapport au PEC. Cette différence s'explique par la présence de composantes spectrales additives et relatives à une réflexion totale sur la plaque métallique. De plus, le positionnement de l'antenne par rapport au PEC est effectué dans une configuration de champ proche, ce qui modifie les caractéristiques d'adaptation de l'antenne même si celle-ci reste bien adaptée avec des seuils de S_{11} inférieurs à -10 dB (Figure 9a) ;

- Une évaluation de l'intégrité des signaux acquis par le VNA vis-à-vis du switch a été réalisée. La présence du switch dans l'architecture ne génère aucun bruit ou aucune instabilité lors de la commutation du dispositif (Figures 10 & 12) ;

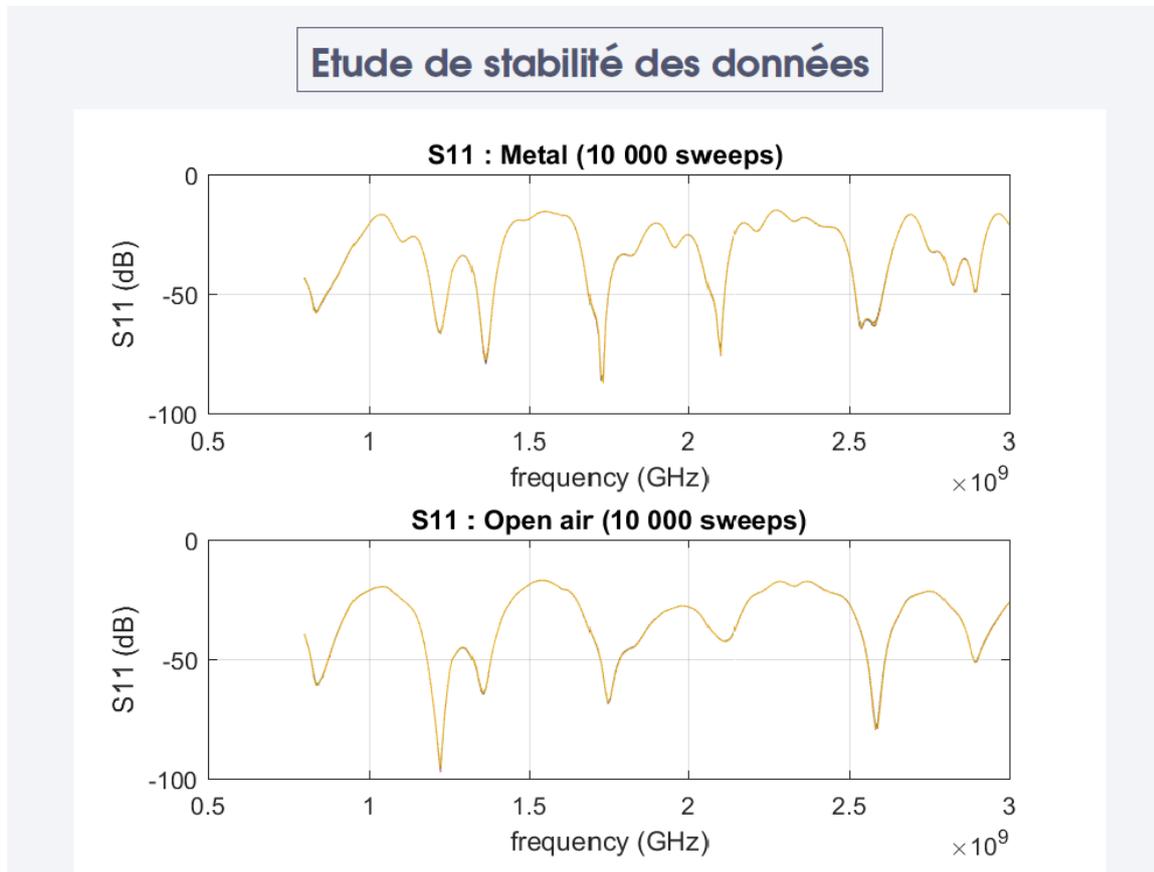


Figure 9. Stabilité des signaux (en amplitude et en phase) du VNA

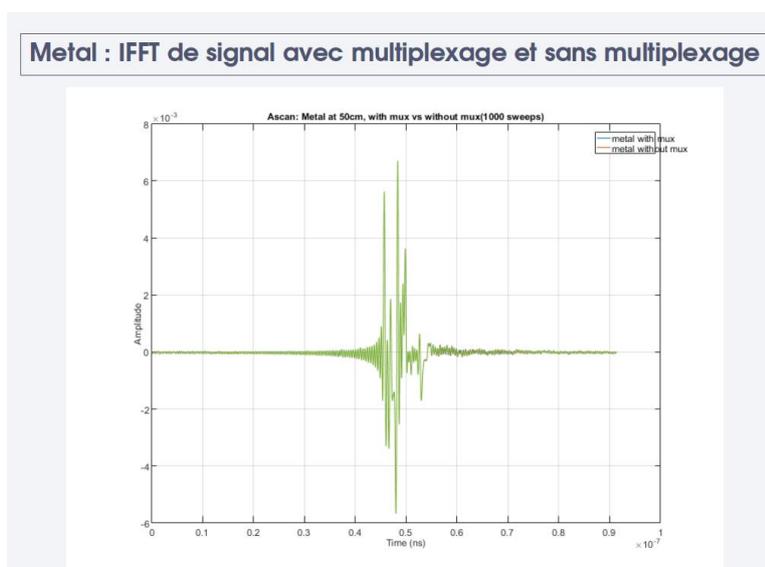


Figure 10. Intégrité des signaux du VNA vis-à-vis du multiplexeur (contrôle sur plaque métal)

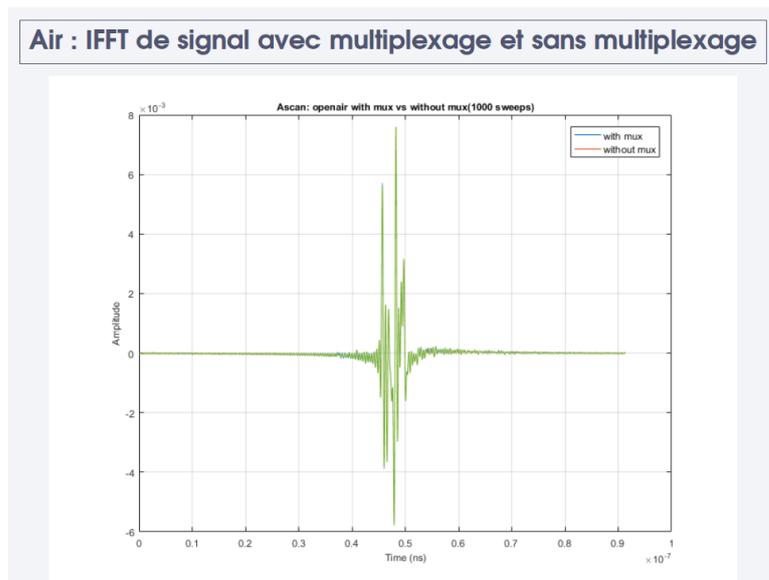


Figure 11. Intégrité des signaux du VNA vis-à-vis du multiplexeur (contrôle dans l'air)

Dans un second temps, des mesures de performances relatives à la vitesse d'acquisition maximale ont été réalisés.

Les temps caractéristiques :

Avant d'évaluer les performances de la chaîne d'acquisition, il est important d'identifier et de prendre en compte les différents temps caractéristiques qui constituent le temps d'un cycle. Le temps d'un cycle correspond à la durée nécessaire pour lancer l'acquisition, effectuer l'acquisition, puis sauvegarder les données. Ce temps peut être décomposé en 3 sous-ensembles décrit ci-après :

Étude des temps d'acquisition d'un cycle

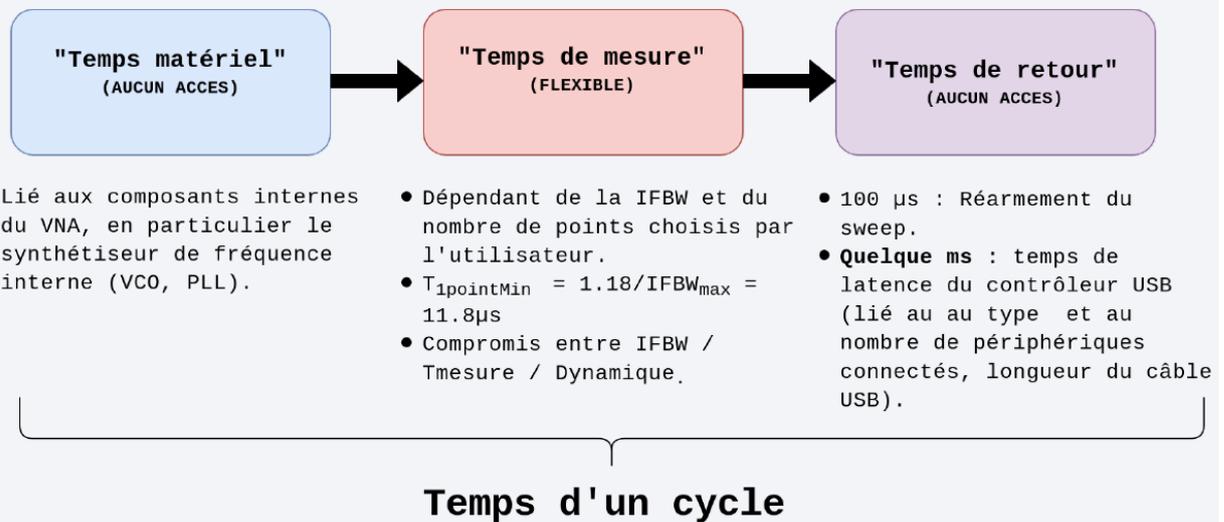


Figure 122. Décomposition du temps de cycle d'acquisition du VNA

Le protocole relatif aux performances d'acquisition a pris en compte les paramètres suivants pour le réflectomètre et l'essai (nombre d'acquisition : 1000 ; nombre de points par sweep : 101, 201, 301 t 401 ; IFBW 30 KHz)

Le temps d'acquisition est bien sûr dépendant de la bande passante IFBW que l'on souhaite couvrir autour de la fréquence intermédiaire et du nombre de point et donc de la résolution que l'on souhaite couvrir dans la plage de fréquence que l'on souhaite balayer.

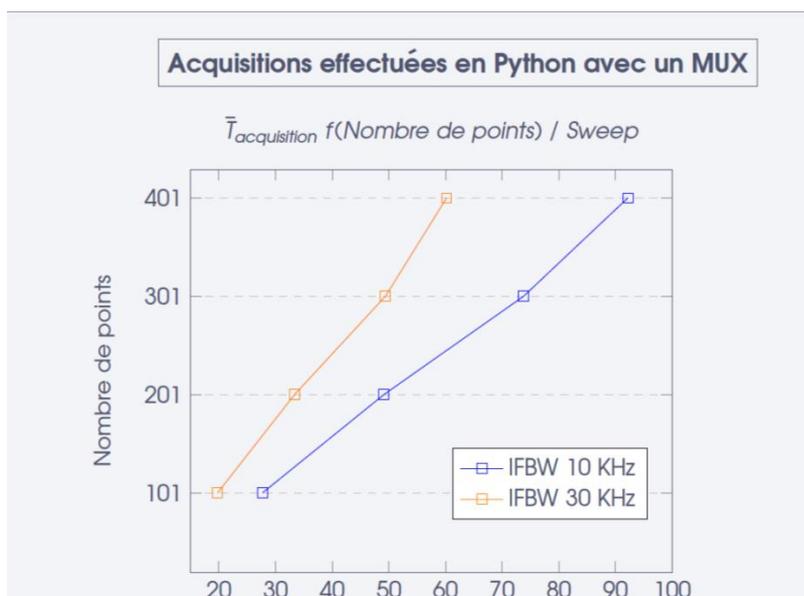


Figure 133. Evolution du temps d'acquisition du VNA en fonction du nb de points / sweep

Les différentes expérimentations nous permettent d'obtenir et tracer sous forme d'une distribution les variations des délais d'acquisition obtenues sur le VNA.

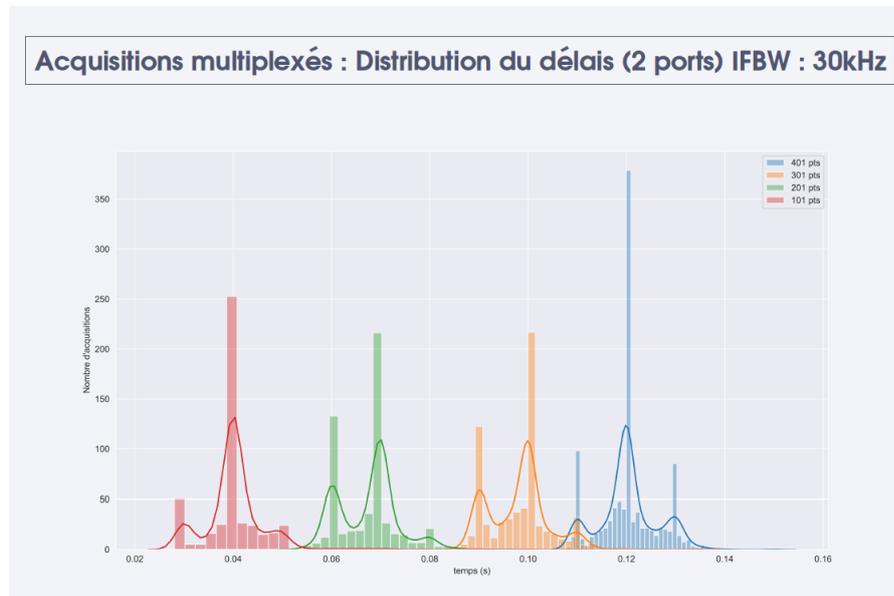


Figure 144. Variation des délais d'acquisition du VNA en acquisition multiplexé

Comme attendu, la configuration ayant la résolution la plus faible (101 points) offre la vitesse d'acquisition la plus élevée. Le temps d'acquisition moyen pour un seul VNA est de 20 ms alors que celui pour deux VNA en parallèle est de 40 ms (acquisitions faite en séquentiel). Enfin, le temps d'acquisition moyen avec un seul VNA avec multiplexage (Mux) est de 40 ms

Nous pouvons ainsi conclure que les temps d'acquisition pour les 2 architectures sont comparables et pourront descendre autour de 20 ms lorsque le logiciel aura été optimisé (acquisition en parallèle).

5.2 Ingénierie : conception du radar à sauts de fréquence multi-antennes : 2ème phase

Les développements en cours concernent cette fois la réalisation d'un démonstrateur présentant une architecture composée d'un réflectomètre, d'un multiplexeur et de 3 antennes Vivaldi passives Aeronia. Un travail d'optimisation en développement Python a été réalisé sur le code existant afin d'optimiser les temps de commutation et d'acquisition. L'objectif est ici de développer une application logicielle sur plateforme python pour l'acquisition et la visualisation de données brutes 3D.

Des expérimentations ont ensuite été menées dans des configurations simples (un réseau unique) avec un travail assez soutenu mené en collaboration avec le doctorant R. Jaufer pour la calibration des antennes en configurations champs proche puis lointain (hypothèses thèse B. Guan - 2014-2017).

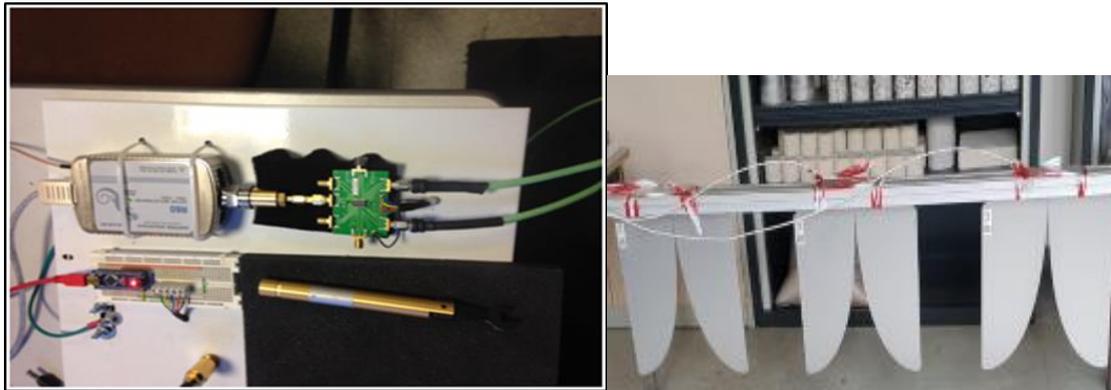
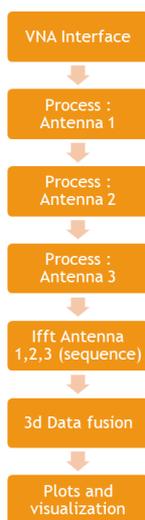


Figure 155. Démonstrateur de laboratoire 1 réflectomètre, 1 multiplexeur et 3 antennes

Le développement logiciel sous python a conduit au passage de l'architecture existante à une plateforme d'acquisition temps réel optimisée.

Existing architecture



Proposed architecture

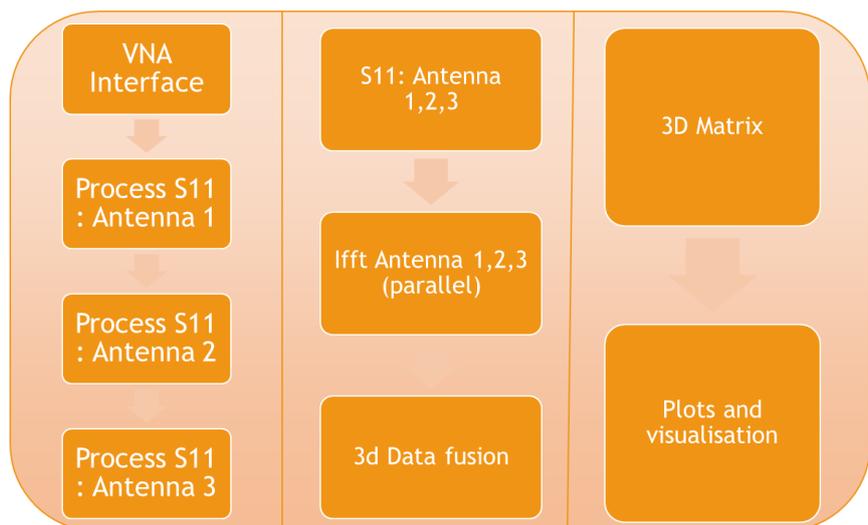


Figure 166. Développement Python : plateforme temps réel d'acquisition et de visualisation 3D

5.3 Réflexions sur les méthodes de traitement du signal associées

Les méthodes de traitement doivent permettre, en les associant à l'outil d'acquisition 3D, de développer une méthodologie performante de détection, localisation et classification des réseaux enterrés.

Une étude bibliographique est en cours de finalisation mais a déjà permis d'identifier différentes techniques pour :

- la détection automatique d'hyperbole à partir de méthodes d'apprentissage supervisé ;
- l'estimation des propriétés du milieu (permittivité électrique, conductivité électrique, ...) à partir de l'inversion de formes d'onde
- l'estimation physique ou statistique des profondeurs ;

- l'estimation du diamètre à partir de la méthode « raybased analysis ».

Ces différentes réflexions vont être poursuivies dans le cadre des travaux de thèse de R. Jaufer mais également dans le cadre du laboratoire commun (LabCom) entre les deux structures, projet en cours de construction et de dépôt auprès de l'ANR.

Une feuille de route sera établie avec la société Logiroad. Les techniques d'inversions déjà développées au sein du Cerema seront testées et évaluées vis à vis de la problématique des réseaux enterrés.

Les différentes approches physiques ou statistiques seront appréhendées, développées et évaluées dans des environnements maîtrisés dans un premier temps et réels in situ dans un deuxième.

L'objectif visé à moyen terme (3 ans) est la réalisation d'un prototype à l'échelle 1 d'un radar à saut de fréquence bas coût associées à des méthodes les plus performantes possible

6 Impacts

6.1 Apports et retombées pour la collectivité

Les premiers résultats sont prometteurs. Ceux-ci ont permis aux deux partenaires de valoriser le travail engagé en répondant avec succès à un appel à défi « Démonstrateurs industriels ville durable » lancé par Rennes Métropole qui consistera principalement à mener une expérimentation in situ à l'échelle de quelques rues de la ville en 2020 et qui visera la cartographie en surface et en sub-surface de la chaussée et son intégration dans la plateforme 3DS de la société Dassault Systèmes.

Cet exemple démontre l'efficacité de la visibilité vis-à-vis des collectivités offertes par la FEREC aux partenaires et le retour sur investissement rapide dont la collectivité va pouvoir bénéficier à travers la mise à disposition de plateformes et site d'expérimentation.

6.2 Mise en évidence du caractère collaboratif et d'intérêt général

Ce projet s'inscrivant dès le départ dans une démarche partenariale (convention de partenariat signée entre le Cerema et Logiroad) démontre, dans son déroulement l'intérêt pour chaque partenaire de mutualiser les compétences R&D au bénéfice de l'innovation. De plus, les opportunités comme les réponses communes aux appels à projets vont permettre au partenaire public comme privé de nouer de nouveaux contacts et créer de nouvelles collaborations.

6.3 Publications et autres éléments de communication auxquels le projet et ses résultats ont donné lieu

Logiroad et Cerema ont eu l'occasion lors des biennales 2019 de communiquer sur leur collaboration autour de la maintenance des infrastructures et l'intérêt commun à travailler sur la problématique du PCRS et des réseaux enterrés.

7 Perspectives ouvertes par le projet notamment en matière de recherche collaborative

Comme énoncé lors de l'appel à candidature, les partenaires souhaitent conforter le projet engagé et travaillent depuis le deuxième semestre 2018 sur la construction d'un cadre pour sa poursuite.

L'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de l'avant-projet Ferec va être valorisé dans le cadre du dépôt auprès de l'ANR du projet de laboratoire commun LabCom entre le Cerema et Logiroad.

Effectivement, les deux structures ont décidé de franchir un grand pas dans leur collaboration et veulent concrétiser leur partenariat signé à travers un projet de collaboration ambitieux sur 4 ans qui aura vocation à se pérenniser dans l'avenir.

Dans le cadre de ce LabCom, le défi consistera à apporter le maximum de réponse aux différents verrous techniques et scientifiques identifiés. Les deux partenaires devront se tourner, si nécessaire vers les laboratoires académiques. Par ailleurs, de nombreuses démarches devront être engagées auprès de gestionnaires de réseaux (Enedis, GDF Suez, Orange, Veolia, ...), de maîtres d'ouvrage ou représentants (collectivité, métropole, syndicats d'énergie,..). Des expérimentations ont déjà été menées avec des partenaires privés proposant des dispositifs concurrents. Des contacts devront être établis avec d'autres, en particuliers internationaux. Toutes les voies devront être examinées pour offrir le plus rapidement possible une solution performante et bon marché.

Le sujet, ambitieux et passionnant, intéresse de nombreux acteurs. Toutes les démarches engagées seront donc source de partenariat potentiel et de recherche collaborative à mettre en place.