

À Gramat, les chercheurs testent l'influence des ondes électromagnétiques sur l'électronique embarquée dans les véhicules de défense



Électromagnétisme Ils travaillent sur les ondes

PAR PRISCILLE VALENTIN

Un grand nombre de laboratoires du CEA sont concernés, de près ou de loin, par les ondes électro-magnétiques. Talents a choisi de présenter deux domaines où les recherches sur ces ondes sont un enjeu important : à l'Institut Leti, où des équipes développent les systèmes communicants "sans fil" de demain. Et à la Direction des applications militaires, où les ondes, à la fois armes potentielles et instruments de détection, font l'objet d'une attention soutenue.

L'onde électromagnétique utilisée comme véhicule d'information, cela ne date pas d'hier ! C'est en 1920 que les premières radios lancent leurs émissions, origine de la transmission sans fil. Depuis dix ans, nous sommes entrés dans un monde où tout devient sans fil. Après la radio et la télévision, le téléphone a d'abord lâché son fil à la maison pour devenir ensuite mobile, nos ordinateurs communiquent aujourd'hui via le wi-fi, nos oreillettes via Bluetooth. Certains analystes prévoient que, dans quelques années, plus de 10 000 milliards d'objets communiqueront 

III par l'intermédiaire des ondes. Pour satisfaire aux diverses fonctionnalités de ces objets nomades, pas moins d'une dizaine d'antennes devront être connectées à leur électronique. Chaque antenne étant support d'une gamme de fréquence correspondant à son application.

Le Leti a participé au Grenelle des ondes

« Le CEA a été largement moteur de ce développement rapide et il l'est toujours, explique Laurent Hérault, responsable du Laboratoire communication sans fil et sécurité à l'Institut Leti. Les innovations s'accroissent encore, dopées par la concurrence mondiale, mais aujourd'hui nous prenons en compte, dans nos recherches, ce qui commence à limiter le développement de ces systèmes communicants. » Une limite énergétique : produire, recevoir et traiter les ondes consomme beaucoup. Une limite due à la saturation des fréquences

disponibles : le spectre n'est pas infini et atteindre les performances attendues demande des traitements de plus en plus complexes. Et une limite due à l'inquiétude citoyenne croissante concernant l'effet à long terme de ce bain d'ondes toujours plus dense. Aujourd'hui, les 250 ingénieurs et techniciens de l'Institut Leti qui travaillent à faire évoluer ces systèmes communicants ont ces paramètres à l'esprit. « Nous sommes l'un des initiateurs de la fondation internationale Greentouch, dédiée aux enjeux énergétiques », précise Laurent Hérault, qui a aussi participé au "Grenelle des ondes", pour mieux appréhender l'inquiétude et la demande sociales en la matière.

Des moyens expérimentaux et numériques uniques en Europe

À la Direction des applications militaires, les ondes électromagnétiques participent à la défense à double titre : pour leur capacité à neutraliser

J'ai toujours été intrigué par l'électromagnétisme ! La théorie et les équations qui modélisent les ondes – les équations de Maxwell – sont complexes à manipuler alors que les objets étudiés peuvent être très simples, aussi simples qu'un fil de cuivre... » Christophe Delaveaud est ingénieur au Laboratoire communication sans fil et sécurité de l'Institut Leti. Son univers : les antennes, supports de l'émission et de la réception des ondes. Mais aussi, tout ce qui concerne la propagation des ondes. « L'antenne est un des composants clés des systèmes communicants que nous mettons au point au laboratoire, à partir des cahiers des charges de nos partenaires ou clients. Pour la téléphonie mobile, pour les éléments qui feront l'intelligence des bâtiments de demain, la sécurité. La conception d'une antenne passe par une phase de simulation sur logiciel, que ce soit pour une antenne relais de plusieurs mètres ou une antenne intégrée dans un portable, de quelques millimètres. La simulation permet de prévoir comment, selon ses paramètres, l'antenne va rayonner, comment l'onde émise va se propager, comment elle va



CONCEVOIR

“Vers des antennes intelligentes”

CHRISTOPHE DELAVEAUD installe une antenne étalon pour réaliser des mesures de diagramme de rayonnement

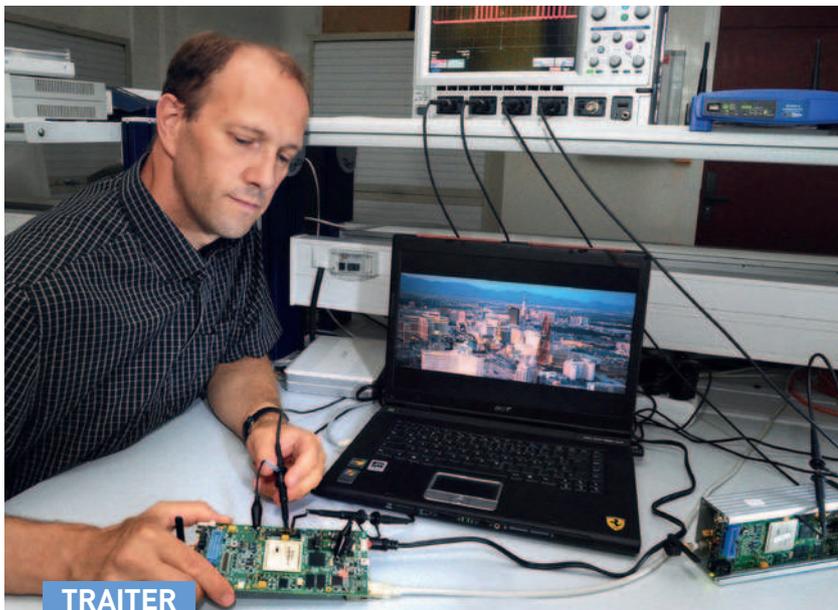
interagir avec le milieu dans lequel elle devra évoluer, comment les obstacles vont influencer sur sa réception. » Les mesures expérimentales, réalisées en chambre anéchoïque, valident la simulation. Elles permettent de caractériser un prototype préindustriel pour un client. « Aujourd'hui, nous travaillons avec de nouveaux matériaux qui

donnent une sorte d'intelligence aux antennes ! Elles deviennent capables de s'adapter à différentes situations de communication, comme changer de bandes de fréquences si nécessaire, ou diriger précisément leur faisceau selon l'endroit où est le récepteur. » À la clé : l'espoir d'une réduction énergétique notable qui intéresse vivement les industriels du secteur.

Christophe Delaveaud, ingénieur

Bac S – DUT Mesures physiques option Techniques instrumentales à l'IUT de Limoges – MST de télécommunications, DEA d'électronique et Doctorat d'électronique, spécialité Communications optiques et micro-ondes à l'Université de Limoges

De plus en plus d'opérateurs de téléphonie, de plus en plus de systèmes sans fil – wi-fi, Bluetooth, etc. Le "marché des fréquences" commence à saturer, chaque émetteur ayant une licence exclusive des fréquences qu'il émet. Dans les faits, ces fréquences ne sont pas utilisées en permanence. Comment concevoir une gestion plus souple, un système qui permettrait un partage de l'utilisation des fréquences ? Cette question est au cœur des recherches de Dominique Noguét, ingénieur à l'Institut Leti, coordonnateur d'un projet européen, Oracle, dédié au sujet. « Nous mettons au point des capteurs très sensibles, capables de déterminer, en temps réel, les fréquences qui sont temporairement non utilisées dans le spectre. Ces dispositifs fonctionnent comme des "renifleurs d'espace libre" dans le bain d'ondes électromagnétiques ambiant ! » Une approche baptisée radio-opportuniste ou radio-cognitive. Dans la pratique, Dominique Noguét est d'abord un spécialiste de l'électronique pour le traitement du signal. « Pour développer cette technologie, il faut concevoir des systèmes pouvant traiter et analyser des signaux faibles et parfois complexes. Nous développons les algorithmes mathématiques et les dispositifs électroniques qui vont dans ce sens. » Dominique Noguét reconnaît qu'il faudra



TRAITER

“ Éviter la saturation des fréquences ”

DOMINIQUE NOGUÉT teste ses systèmes sur la plateforme prototype

au moins dix ans pour voir apparaître de tels systèmes sur le marché, mais aussi pour convaincre les opérateurs. Il en défend l'idée dans les structures européennes et auprès des industriels qui sont ses clients. Une plateforme prototype est opérationnelle dans le

laboratoire. Elle doit permettre de démontrer et d'évaluer les performances de ces systèmes.

Dominique Noguét, ingénieur

Bac S – DUT Mesures Physiques à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg – Ingénieur INSA génie électrique option microélectronique – DEA Microélectronique et instrumentation à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg – Doctorat en Microélectronique à l'INPG

l'électronique des systèmes embarqués, mais aussi pour leur capacité à détecter la présence ennemie. « À Gramat, nous étudions les agressions électromagnétiques d'origine nucléaire ou conventionnelle qui sont généralement des impulsions brèves et ultra-puissantes. Au Cesta, c'est l'invisibilité des engins militaires face aux ondes des radars d'ennemis potentiels qui est au cœur des recherches », précise Michel Bourzeix, chef du Service des effets radiatifs et électromagnétiques, au centre de Gramat. Là, le CEA dispose de moyens expérimentaux et numériques uniques en Europe, capables de reproduire à échelle réelle les menaces. Le plus récent et l'un des plus spectaculaires est une chambre dite "semi-anéchoïque" de près de 100 mètres de longueur. « Nos moyens intéressent aujourd'hui l'Institut Leti, avec qui nous sommes en train de rechercher des complémentarités d'utilisation des moyens de simulations expérimentales et numériques », se réjouit Michel Bourzeix. ■

Comment ça marche ?

Comment une information est-elle transmise via les ondes ? Elle est d'abord traduite en signal électrique qui, en oscillant dans l'antenne émettrice (un fil conducteur convenablement dimensionné), génère le rayonnement électromagnétique. Dans l'air, ce rayonnement – représenté par une onde – se déplace à la vitesse de la lumière, avec ses caractéristiques propres : sa fréquence, son intensité, sa densité de puissance... Une antenne réceptrice adaptée transforme ensuite l'onde captée en signal électrique. Une fois convertie, l'onde restitue l'information au destinataire... Plus la fréquence d'une onde est grande, plus sa portée est faible. Et inversement.

À savoir

Une chambre anéchoïque est une salle dont les parois sont recouvertes de matériaux absorbants pour permettre des mesures à l'abri des parasites et des échos.

Pour décrire ses recherches, Sylvain Morvan, chef du Laboratoire garantie électromagnétique à la Direction des applications militaires au Cesta, a une expression technique qui revient régulièrement : la "surface équivalente radar" (SER). « C'est le paramètre clé ! Il mesure comment se réfléchit une onde électromagnétique – dans notre domaine il s'agit d'ondes radar – sur un objet. Plus une SER est faible, moins l'objet est détectable. Une qualité essentielle pour un engin militaire, avion, missile, navire... La furtivité de l'objet, sa discrétion, voire son invisibilité, en dépendent... Concrètement, nous travaillons surtout sur des objets réalisés au CEA, et parfois pour le compte d'industriels de la défense en collaboration avec la Direction générale de l'armement. Nous simulons l'ensemble des paramètres de l'objet, sa forme, la nature des matériaux constitutifs des revêtements. Le rayonnement radar auquel il pourrait être soumis est, lui aussi, mis en équation, ce qui permet de tester l'influence de différentes longueurs d'onde ou de différents angles d'incidence, et d'envisager ainsi le



ABSORBER

“ Des objets transparents aux ondes ”

Dans la chambre anéchoïque Camélia, SYLVAIN MORVAN évalue la mesure d'une "surface équivalente radar"

maximum de configurations possibles. » Pour ces simulations, Sylvain Morvan utilise la puissance de calcul du supercalculateur Tera 100. Une puissance inégalée qui permet de calculer la SER de l'objet dans un maximum de configurations

différentes, dans un temps raisonnable. « Les tests expérimentaux sont ensuite réalisés en chambre anéchoïque. Là, nous vérifions le moindre détail, le moindre défaut, qui pourrait être perceptible par l'onde radar adverse. » Le laboratoire de Sylvain Morvan peut ensuite préconiser les adaptations nécessaires pour concevoir la "cape d'invisibilité" de l'objet.

Sylvain Morvan, chef de laboratoire

Bac S – classes prépa M au Lycée Montaigne à Bordeaux – École d'ingénieur et DEA à l'Institut national Polytechnique de Grenoble, Ecole nationale supérieure d'ingénieur électriciens de Grenoble (INPG/ENSIEG), option traitement du signal – DEA de traitement du signal au CEPHAG (Centre d'étude des phénomènes aléatoires et géophysiques de Grenoble) – Section Géophysique Externe

Depuis sa thèse, Stéphane Tortel, aujourd'hui chef du Laboratoire micro-ondes de forte puissance au centre de Gramat, travaille sur les ondes électromagnétiques comme arme potentielle. Bien ciblées et de forte puissance, ces ondes peuvent perturber, voire détruire, les éléments électroniques d'un système. « Il y a vingt ans, on parlait de ce type d'arme comme d'un élément de science-fiction. Aujourd'hui, c'est une menace jugée crédible, prise au sérieux par tous les pays. Une menace qui motive des recherches internationales. » Au quotidien, Stéphane Tortel est également "chargé d'affaires" sur cette question des applications électromagnétiques dans le domaine de la défense. Les demandeurs : la Direction générale de l'armement (DGA) et les états-majors des forces françaises,



PROTÉGER

“ L'onde, comme une menace ”

À Gramat, dans la salle Hypérion, STÉPHANE TORTEL et JANNICK SALLAS préparent un test d'agression électromagnétique sur un système d'arme

qu'il rencontre régulièrement. « Depuis quelques années, le centre de Gramat travaille plus spécifiquement sur des formes

d'ondes électromagnétiques complexes qui influent substantiellement sur la capacité de neutralisation des cibles. »

Jannick Sallas, chargé d'affaires

Bac technologique et scientifique E – DUT spécialité électronique à Bourges – Licence technologique spécialité mesures et essais