

JEAN-PIERRE HAUET, ISA-FRANCE ET BEA-CONSEIL

**"Les liaisons radio dans l'industrie ?
Il reste encore du chemin à faire"** p. 22

Mensuel

N°792 - Février 2007

Prix : 12,20 € - ISSN 0755-219X

Le magazine
de l'instrumentation
et des automatismes
industriels

mesures

www.mesures.com



CARTES ÉLECTRONIQUES

**Le MicroTCA, des
télécoms à l'industriel** p. 28

ÉCONOMIES D'ÉNERGIES

**Diagnostic
énergétique, à
vous de jouer** p. 34

AUTOMATISMES

**Les techniques
de freinage
des moteurs** p. 38

QUALITÉ-MÉTROLOGIE

**Audits : ne vous
laissez pas
impressionner** p. 45

GUIDE D'ACHAT

**Les oscilloscopes
de terrain** p. 52



JEAN-PIERRE HAUET - ISA-FRANCE ET BEA-CONSEIL

« Les liaisons radio dans l'industrie »

Depuis quelque temps, les liaisons radio occupent le devant de la scène. Si les principes de base qui régissent ces communications existent depuis de nombreuses années, le domaine a considérablement évolué. Grâce à de nombreux progrès techniques et à l'avancée des normes, les équipements radio ont peu à peu quitté les applications militaires et grand public pour faire enfin leur entrée dans le milieu industriel, où ils ne cessent de voir leur champ d'applications s'élargir... Néanmoins, tout n'est pas si simple. Il reste encore un certain nombre d'obstacles techniques à franchir et des réticences à surmonter. C'est ce que nous explique ici Jean-Pierre Hauet, président d'ISA-France et consultant associé de BEA-Conseil.

Mesures. Le mariage des liaisons radio et de l'industrie est-il pour demain?

Jean-Pierre Hauet. Il a été consommé il y a bien longtemps! Dans le milieu industriel, les applications abondent. On peut les classer en trois grandes familles de liaisons: les liaisons point à point, les liaisons point multipoints et, plus récemment, les réseaux maillés (ou mesh).

Le domaine d'applications privilégié des liaisons point à point, c'est la communication entre des réseaux distants. Il y a là de nombreuses applications qui fonctionnent avec succès. Dans le cas des liaisons point multipoints, on parlera plutôt de surveillance, de maintenance préventive... bref de toutes les applications où l'on remonte des informations en temps non critique. On en trouve

notamment dans le domaine de l'eau ou de l'énergie, dans la gestion des équipements électriques, ainsi que dans les applications de gestion de flottes et de logistique.

Dans le cas des réseaux maillés, enfin, il existe quelques applications, notamment pour le recueil d'informations d'environnement (température, humidité, par exemple) des magasins de stockage, mais ce n'est là qu'un début. Les réseaux maillés n'ont pas encore atteint toute l'ampleur que l'on peut escompter.

Mesures. Puisque ce n'est pas nouveau, comment expliquez-vous le soudain foisonnement d'annonces, articles et conférences dont elles font l'objet?

Jean-Pierre Hauet. Le monde de la radio est très longtemps resté un domaine à part, avec des radiocommunications sous contrôle de l'Administration et un certain nombre d'opérateurs historiques... Ces dernières années, deux facteurs ont profondément modifié ce paysage. Le premier est d'ordre technique. Pendant très longtemps, les technologies existantes, telles que l'étalement de spectre, ne pouvaient pas être mises en œuvre car elles demandaient des puissances de calcul trop importantes par rapport aux possibilités des composants électroniques. Cette barrière est tombée. On dispose aujourd'hui de processeurs puissants et d'un coût abordable.

Le deuxième facteur déterminant, c'est la libération des bandes de fréquences. Les bandes ISM ou UN-II, en particulier, sont devenues un espace de développement fantastique! C'est dans cet espace qu'ont pu naître Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, et tous les autres standards qui sont aujourd'hui sur le devant de la scène. A l'origine de tout cela, il y a le formidable travail de l'IEEE: en définissant en 1997 l'IEEE 801.11, il a lancé Wi-Fi et contribué à la mise sur le marché de solutions privées de communication.

Mesures. N'y a-t-il pas aussi de nouveaux



Jean-Pierre Hauet est actuellement président d'ISA-France et consultant associé de BEA-Conseil. Il anime régulièrement des conférences sur les liaisons radio et leurs applications dans l'industrie. Il dispense aussi des cours (par le biais d'ISA-France) et participe à certaines publications.

Il reste encore du chemin à faire...

principes de communication radio?

Jean-Pierre Hauet. Pas vraiment... L'étalement de spectre, par exemple, date de la deuxième guerre mondiale, et c'est aussi le cas de la plupart des technologies que nous utilisons aujourd'hui.

La théorie est connue depuis longtemps. Cela fait aussi pas mal de temps, ainsi que je l'ai dit, que l'on développe des applications concrètes. La télémesure a déjà une longue carrière. Même les RFID ne datent pas d'hier! Lorsqu'on plaçait, il y a 30 ans, des étiquettes électroniques sur des palettes ou des produits dans les chaînes de production, on faisait déjà de la RFID. On pourrait multiplier les exemples... Encore une fois, si les communications radio suscitent un tel engouement, elles le doivent aux progrès de la technique, de la déréglementation, et à l'avènement de standards.

Mesures. Vous évoquez les progrès de la technique, mais ils sont surtout le fait de l'univers des télécommunications ou du grand public, pas de l'industrie...

Jean-Pierre Hauet. Bien sûr, et ce n'est pas nouveau. Windows n'a pas été inventé pour l'industrie, pas plus que les PC, les écrans plats, les capteurs d'image, Ethernet ou la radiographie numérique... Ce qui importe, c'est que l'industrie finit par en bénéficier. Pour anticiper ce qui peut se passer dans l'industrie, il est bon de regarder ailleurs. Pour rester avec l'exemple du RFID, lorsque vous entendez qu'une boîte de nuit de Barcelone propose désormais à ses clients de porter des puces RFID sous la peau, et utilise ensuite ces implants comme moyen d'identification et de paiement, vous voyez jusqu'où l'on peut aller!

Mesures. Vous n'évoquez pas le rôle des grands acteurs du monde des automatismes (Honeywell, Emerson, Siemens, Foxboro, etc.), qui développent les uns après les autres des solutions radio, con-

tribuant à "crédibiliser" la technique...

Jean-Pierre Hauet. Sans doute. J'observe cette évolution, notamment dans le domaine des capteurs. Mais quand je lis dans la presse américaine qu'un des acteurs du contrôle de process a installé 50 millions de capteurs équipés de liaisons radio, je demande à voir!

Par tradition, l'industrie est prudente. Elle attend de voir, et d'avoir un certain nombre de garanties. Cela dit, le potentiel est là et dans le domaine industriel, les liaisons radio sont encore loin d'être aussi répandues qu'elles pourraient l'être...

Mesures. Pour quelle raison? Parce que les liaisons radio souffrent d'une mauvaise image?

Jean-Pierre Hauet. Il y a encore de la méfiance. Et j'avoue que je comprends ce sentiment... Dans les applications grand public, il y a encore beaucoup de systèmes qui manquent de fiabilité. Lorsque vous utilisez votre téléphone portable, vous pouvez rarement aller jusqu'au bout de votre appel sans être interrompu. Lorsque vous passez sous un portique d'accès dans une station de ski, votre badge RFID ne fonctionne pas toujours. Lorsque vous installez un réseau sans fil, vous ne savez jamais si la propagation ne va pas être contrariée par tel ou tel obstacle... Bref, il y a encore de nombreuses zones d'ombre qui sont très difficiles à éclaircir.

D'autre part, la radio est un domaine très complexe qui reste toujours un peu "mystérieux" pour la plupart des gens. Ce que l'on a dit sur les problèmes de sécurité des transmissions ou sur les effets néfastes des ondes, a semé dans leur esprit des doutes qui seront, je pense, assez longs à évacuer.

Mais il y a aussi de solides raisons d'être optimistes. Il n'y a pas si longtemps, Windows et Ethernet étaient voués aux gémonies...

Mesures. Pour autant, la radio reste la

radio, il ne faut pas tout en attendre...

Jean-Pierre Hauet. Bien évidemment, pas plus que vous ne pouvez transmettre 10 A sur un câble téléphonique ou un débit de 10 Gbit/s sur un câble électrique! Encore une fois, la radio a fait ses preuves dans un grand nombre d'applications, mais cela ne veut pas dire que l'on peut toujours faire ce que l'on veut... Il y a d'abord un équilibre

Un autodidacte de la radio

Si le domaine des radiofréquences n'a pas un rapport direct avec son activité actuelle, Jean-Pierre Hauet a toujours été intéressé par le sujet, et n'a jamais manqué d'occasions pour l'approfondir au cours de sa carrière. Chez Alcatel Alsthom (où il dirigeait les Laboratoires de Marcoussis), puis chez Cegelec (où il était responsable des développements en automatismes), il a pu effectuer un certain nombre de travaux dans le domaine des automatismes et des réseaux de communication. Jean-Pierre Hauet a aussi beaucoup œuvré pour le développement de WorldFip, et même pour une version sans fil du standard.

Actuellement président d'ISA-France (et donc bien au fait des travaux du comité SP100 de l'ISA sur les communications sans fil) et consultant associé de BEA-Conseil (une société de conseil et de service en informatique créée en 1995), Jean-Pierre Hauet anime régulièrement des conférences sur les liaisons radio et leurs applications dans l'industrie. Il dispense aussi des cours par le biais d'ISA-France et participe à certaines publications.

L'actrice et le pianiste qui inventèrent l'étalement de spectre



La technologie de l'étalement de spectre doit son existence à une histoire rocambolesque, celle d'Hedy Lamarr (de son vrai nom Hedwig Eva Maria Kiesler),

une célèbre actrice hollywoodienne des années 30. Cette femme (longtemps considérée comme l'une des plus belles du monde) a défrayé plus d'une fois la chronique. Première actrice à avoir tourné nue ("L'Extase", en 1933), elle s'est aussi distinguée par ses six mariages, dont un avec un fabricant d'armes et de torpilles. Connaissant les notions de sa femme en armement et en missiles télécommandés (son premier mari, Fritz Mandl, était un fabricant d'armes pour le compte d'Hitler), il lui explique

le problème auquel il est confronté : celui du brouillage, par les bateaux ennemis, du signal émis par les torpilles.

Hedy Lamarr, qui ne cache pas ses convictions contre le nazisme, cherche une solution. Elle expose le problème à George Antheil, un pianiste et spécialiste en endocrinologie qu'elle vient consulter pour donner plus d'ampleur à sa poitrine... Ensemble, ils constatent que si le signal émis et l'émetteur "sautent" en fréquence de manière synchrone, le signal devient difficile à brouiller. En 1941, ils inventent un système basé sur un principe semblable à celui du carton perforé que l'on trouve dans les orgues de barbarie. Mais la marine américaine ne les prend pas au sérieux... Quelques années plus tard pourtant, le dispositif sera utilisé dans les communications militaires. L'actrice et le pianiste, qui n'ont jamais tiré un centime de leur brevet, auront résolu, à eux deux, le problème de l'encombrement des fréquences grâce à l'étalement de spectre...

à trouver entre le débit et la distance de la transmission. Plus la distance est longue, plus le signal devient faible. Le rapport signal/bruit diminue et le débit du canal chute. Cela signifie que l'on peut, sur une courte distance, obtenir des débits très importants (jusqu'à plusieurs centaines de mégabits par seconde), mais que ce n'est pas possible sur une longue distance. A l'heure actuelle, il n'existe en fait aucun moyen de réaliser une application à longue distance en haut débit

(les solutions de type WiMAX, n'étant pas encore, en France au moins, en fréquences libres...).

Autre problème non négligeable, celui de la propagation des ondes radio. Il s'agit là d'un domaine très complexe et relativement mal maîtrisé. Dans un site industriel, on n'a presque jamais la chance d'avoir une propagation en ligne directe. Il y a toujours un certain nombre d'obstacles qui viennent compliquer les conditions de propagation.

Pour avoir un ordre d'idées, il faut savoir que la puissance reçue décroît en $1/R^2$ (R étant la distance de propagation) en ligne directe, alors qu'elle décroît en $1/R^n$, où n peut aller jusqu'à cinq, dans le cas d'une propagation en multichemins. C'est dire si les conditions de propagation doivent être étudiées avec soin!

Enfin, si j'ai parlé précédemment d'applications en temps non critique, c'est parce que les systèmes radio actuels ne peuvent répondre qu'avec un certain temps de latence. Il s'agit là d'une contrainte assez difficile à surmonter... surtout si vous avez un problème au niveau de l'alimentation en énergie des équipements (capteurs ou autres) dotés d'une liaison radio. Si vous les alimentez par une batterie, vous les maintenez en sommeil jusqu'au moment où vous en avez besoin. Et à ce moment-là, il faut un certain temps avant qu'ils puissent se remettre en route...

Mesures. Ces limites techniques sont-elles rédhibitoires pour le déploiement des liaisons radio en milieu industriel ?

Jean-Pierre Hauet. Cela dépend des applications... Il faut reconnaître que les solutions qui sont actuellement disponibles n'ont pas été conçues pour répondre à des exigences industrielles très pointues. Les problèmes de temps de latence, en particulier, n'ont pas été étudiés à fond. C'est ce qui explique que les applications de contrôle de process et, de manière plus générale, les applications qui exigent des performances de temps réel très strictes, soient très difficiles à réaliser. De même, les liaisons radio atteignent leurs limites dès que l'on a besoin de liaisons à très haute disponibilité ou à très haut débit...



“ Les liaisons radio connaissent un certain nombre de limitations, mais il y a aussi des voies de progrès énormes ! Les solutions ultra-large bande, en particulier, sont extrêmement prometteuses ”.

Mesures. Le sentiment que les liaisons radio ne sont pas encore assez sécurisées n'est-il pas, lui aussi, un obstacle à leur déploiement ?

Jean-Pierre Hauet. Peut-être... mais ce problème, contrairement à ceux que nous venons d'évoquer, est, dans la majorité des cas, totalement surdimensionné ! Et cela aussi bien sur le plan industriel que dans la vie quotidienne. On met souvent en avant la question de la sécurité des données, ne serait-ce que lorsqu'on entend parler d'étudiants qui piratent des réseaux pour se divertir, mais tout cela me paraît assez "psychologique". Bien sûr, pour les installations critiques, il faut faire très attention à la cybercriminalité. Mais il existe aujourd'hui des dispositifs de protection efficaces ! Ceux qui ont été décrits dans le point i de la norme 802.11, notamment l'algorithme de cryptage AES (*Advanced Encryption Standard*), qui remplace le WEP (*Wired Equivalent Privacy*) dans la certification WPA2, n'ont pas été "crackés". Certaines installations nucléaires américaines ont d'ailleurs adopté un système de surveillance basé sur ce codage. Et puis, il faut bien voir qu'avec la radio, la transmission est toujours codée, d'une manière ou d'une autre. C'est bien plus facile de pirater un fil...

Mesures. ...si ce n'est qu'il faut aller sur place !

Jean-Pierre Hauet. Mais avec la radio aussi ! Et si vous commencez à installer votre matériel en face de l'installation que vous souhaitez pirater, vous avez quand même de fortes chances de vous faire repérer...

Mesures. Dans une des conférences que vous avez animées sur la sécurité, vous parlez non pas du piratage, mais du risque que le canal de transmission soit saturé par une puissance parasite...

Jean-Pierre Hauet. Oui, c'est ce que l'on appelle le déni de service. Cela peut arriver, effectivement. Mais cela suppose tout de même que l'on dispose d'équipements professionnels... Quoi qu'il en soit, il existe là aussi des moyens de se prémunir. Sans entrer dans les détails, car le problème est assez complexe, vous pouvez par exemple "écraser" la puissance parasite avec la technique de l'étalement de spectre : il suffit pour cela d'utiliser le vecteur d'étalement le plus large possible.

Un autre point délicat, en matière de sécurité, concerne l'authentification des émetteurs, notamment lors du handchecking (l'échange de données préliminaires). A ce moment-là, le système est assez vulnérable. Ceci dit, il existe là aussi des solutions...

"La question de la sécurité des transmissions radio est largement surdimensionnée. Il existe aujourd'hui des systèmes de protection efficaces".

Mesures. Un autre point, souvent mis en avant lorsqu'on parle de liaisons radio, est l'absence d'interopérabilité entre les solutions des différents fournisseurs...

Jean-Pierre Hauet. Ce point reste effectivement problématique. Même si l'on résout l'interopérabilité entre les couches 1 (au niveau des technologies utilisées dans la transmission) et 2 (au niveau de la liaison proprement dite), il restera forcément des problèmes au niveau applicatif. C'est au final plus difficile que dans le domaine des liaisons filaires...

Mesures. La multiplication de normes, de "standards" et de solutions propriétaires n'est-elle pas un obstacle majeur ?

Jean-Pierre Hauet. Je ne vois pas les choses de cette façon... Si vous regardez de près ce qui fonctionne aujourd'hui, vous verrez que les solutions ne sont pas si nombreuses que cela ! Vous avez, il est vrai, un certain nombre de normes, telles que celles qui régissent Bluetooth ou ZigBee, par exemple, mais chacune d'entre elles répond à des besoins bien définis.



Mesures. D'accord, mais certains standards sont déclinés en une multitude de variantes. Wi-Fi, par exemple, se décline à lui seul en versions a, b, g, i, s, n...

Jean-Pierre Hauet. Tout d'abord, il ne faut pas confondre les normes et les profils qui sont au-dessus (et qui ont été développés par des consortiums). Ce que définissent les normes, c'est en règle générale la partie basse

"L'exception française"

Malgré le nouvel essor des technologies radio et les progrès techniques qui ont été accomplis dans ce domaine, le sujet suscite, sur le terrain, relativement peu d'enthousiasme. Par rapport aux premières applications de réseau de terrain ou d'atelier flexible, on constate que peu d'industriels sont fiers de montrer leur application radio... D'où vient ce manque d'enthousiasme ? Pour Jean-Pierre Hauet, le problème n'est pas propre au domaine des communications radio, mais à la profession d'ingénieur dans son ensemble. « Il faut reconnaître

que les problèmes d'ingénieur intéressent de moins en moins les managers de l'industrie, indique-t-il. Ils sont plus attirés par les spéculations des marchés financiers que par les sujets techniques ». La tendance, d'après lui, est typiquement française. « Dans notre pays, il est devenu très difficile de "mobiliser" sur des sujets techniques ! Nous le voyons bien lorsque nous organisons des conférences ou des journées techniques... Mais ce n'est pas le cas dans tous les pays ! Au Maroc, en Algérie, en Inde... les industriels sont beaucoup plus motivés par ces sujets ».

des couches. La norme IEEE 802.15.1, par exemple, définit la partie basse de Bluetooth en précisant qu'elle est basée sur un saut de fréquence à 1 600 sauts par seconde, sur un algorithme de cryptage spécifique, etc. Au-dessus, le consortium Bluetooth a développé un certain nombre de profils qui sont plus ou moins avancés selon le type d'applications, et que vous choisissez, ou pas, d'utiliser. On retrouve la même chose pour ZigBee, construit sur des couches basses normalisées de l'IEEE 802.15.4.

Par ailleurs, Wi-Fi ne se décline aujourd'hui qu'en trois systèmes de communication : le a, le b et le g. Le b et le g sont d'ailleurs interopérables. Le s (qui correspondra à des réseaux maillés) et le n (qui utilisera la technique de diversité spatiale MIMO), sont en cours de développement. Quant aux autres, il ne s'agit que d'améliorations fonctionnelles que l'on peut utiliser, ou pas, suivant les besoins... Le i, par exemple, permet d'améliorer la sécurité de la transmission.

Mesures. Serait-il possible de définir un standard unique interopérable ?

Jean-Pierre Hauet. A mon avis, non. Je ne pense pas que l'on puisse construire, à partir des briques existantes ou en repartant à zéro, une solution unique qui satisfasse aux besoins de l'industrie... ne serait-ce que parce que les technologies actuelles (saut de fréquence, étalement de spectre et OFDM) sont chacune destinées à un environnement bien spécifique. Mais il est vrai que la question est au cœur des débats...

Mesures. Y compris au sein de l'ISA SP100 ?

Jean-Pierre Hauet. Le comité SP100 de l'ISA a pour premier objectif d'aider les industriels à concevoir leur application, à définir un cahier des charges, à proposer un certain nombre de spécifications type en fonction des applications... Tout cela me paraît aller dans le bon sens. Mais je ne pense pas qu'il faille aller trop loin et chercher à élaborer un nouveau standard qui

Standard ou propriétaire

	2005	2011
Réseaux "Propriétaires"	58 %	55 %
Réseaux basés sur les protocoles standard	42 %	45 %

Les réseaux de communication propriétaires n'ont pas encore dit leur dernier mot... C'est du moins ce qui ressort d'une étude réalisée par Venture Development Corporation (VDC). D'après cette analyse, les réseaux propriétaires, qui occupaient 58 % du marché en 2005, devraient en occuper encore 55 % en 2011...

“ Les solutions actuelles n'ont pas été conçues pour répondre à des exigences industrielles très pointues. Le problème du temps de latence, en particulier, n'a pas été étudié à fond ”.

soit unique et propre à l'industrie. Il est préférable de s'appuyer sur les solutions existantes qui sont déjà standardisées par l'IEEE, quitte à réfléchir sur les améliorations qu'il sera nécessaire d'apporter.

Mesures. Cela signifie-t-il qu'il faut s'attendre, dans les années qui viennent, à une "bataille des standards" ?

Jean-Pierre Hauet. Personne ne peut savoir de quoi l'avenir sera fait... Ce qui est sûr, à mon avis, c'est que plus on attend, plus on laisse la place aux solutions propriétaires. Mais il est possible aussi que l'on se dirige à l'avenir vers un tout autre chemin, et que l'on exploite des technologies qui sont à l'heure actuelle en développement. L'UWB (Ultra Wide Band), en particulier, me semble particulièrement prometteur.

Mesures. Si vous deviez donner un conseil à un industriel hésitant entre Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee ou d'autres solutions, quelle technologie lui conseilleriez-vous ?

Jean-Pierre Hauet. La question ne se pose pas en ces termes. Avant toute chose, il faut prendre en compte les contraintes de l'application : la fréquence des messages à envoyer, leur longueur, la qualité de service (et en particulier le degré de sécurité nécessaire), et surtout l'environnement. Ce n'est qu'en fonction de l'environnement que l'on pourra choisir la bonne technologie (étalement de spectre, saut de fréquence ou OFDM). Mais cela ne veut pas dire que l'on aura alors déterminé un standard spécifique : Bluetooth est en saut de fréquence, ZigBee en étalement de spectre, mais Wi-Fi peut être en étalement de spectre ou en OFDM... Il faut réellement regarder les mérites de chaque solution face au cahier des charges à satisfaire.

Mesures. Y a-t-il une "marche à suivre" pour réussir son application ?

Jean-Pierre Hauet. Comme toujours, il faut être pragmatique. Pour mettre en place une solution radio, il faut d'abord acquérir un minimum de compétences. Il est inutile de se lancer dans un tel investissement si l'on n'est pas capable de dialoguer avec les fournisseurs. Je ne conseille pas d'externaliser la mise en œuvre de la solution sans aucune possibilité de contrôle. Ce serait prendre le risque de la mettre dans les mains de quelqu'un qui n'a pas la compétence nécessaire... ou qui résoudrait les problèmes de propagation en faisant "une usine à gaz" constituée d'une multitude de relais déployés dans tout l'atelier !

Il faut aussi consulter différents fournisseurs, ou éventuellement un ingénieur-conseil, afin de recueillir plusieurs avis d'experts. Vient ensuite l'étape des études préliminaires. Compte tenu des aléas de la propagation, il est préférable de ne pas se lancer dans une architecture sans avoir auparavant modélisé l'environnement. Ceci dit, même avec les logiciels de modélisation les plus sophistiqués, on n'est jamais vraiment à l'abri des "mauvaises surprises". Ces outils permettront par exemple de représenter les obstacles, de modéliser les différentes réflexions, d'analyser les fréquences émises ou le niveau de champ électromagnétique à un endroit donné, mais ils ne remplaceront jamais une expérience pilote, réalisée dans les conditions réelles...

Propos recueillis par Jean-François Peyrucat et Marie-Line Zani-Demange

Rendez-vous aux prochains numéros

Cet article est le premier d'une série que nous vous proposons de découvrir tout au long de l'année. Au fil des numéros, nous nous pencherons sur les principales technologies de communication (étalement de spectre, saut de fréquence et OFDM), puis sur les différents modes de transmissions radio, "standards ou non" : Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, RFID, WiMAX et UWB, pour ne citer qu'eux. Après cette "saga du sans-fil", la radio n'aura plus de secret pour vous... et pour nous !