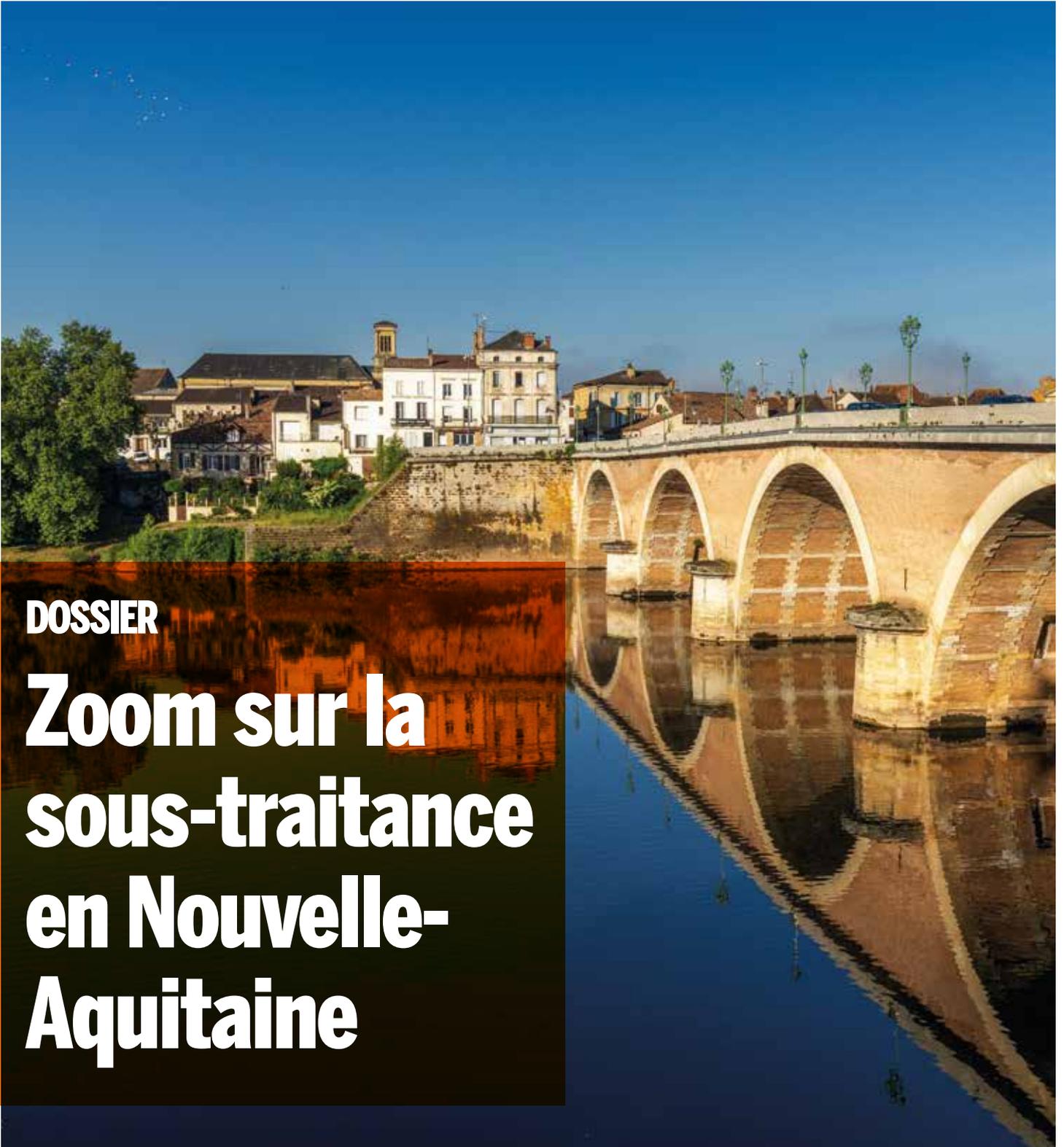


ELECTRONIQUES

ELECTRONIQUES.BIZ

STRATÉGIE**L'Europe encadre** les géants du numérique **PAGE 26****ÉVÉNEMENT****Les centres de données** tirent l'innovation en processeurs **PAGE 6****TENDANCE****Grésivaudan :** la guerre de l'eau aura-t-elle lieu? **PAGE 60****DOSSIER**

Zoom sur la sous-traitance en Nouvelle-Aquitaine



RADIOFRÉQUENCES

Mieux comprendre le fonctionnement et les paradoxes des antennes

BIEN QUE LEUR PRÉSENCE SOIT LARGEMENT ACQUISE DANS NOTRE ENVIRONNEMENT FAMILIER, LES ANTENNES SONT PROBABLEMENT MOINS CONNUES POUR CE QUI CONCERNE LES CARTES ET LES OBJETS ÉLECTRONIQUES. LEUR CONCEPTION, COMPLEXE ET COÛTEUSE, TRADUIT BIEN LEUR CARACTÈRE PRIMORDIAL POUR L'ACHEMINEMENT DE DONNÉES ET LA COMMUNICATION.



Pascal Champaney (Always Wireless) et Vincent Bulot (EBDS Wireless & Antennas)

Pascal Champaney a créé la société de conception radiofréquence Always Wireless dont il est CEO en 2013 ; il avait auparavant fondé Adeunis RF en 1993. Passé par Digi International puis Adeunis, Vincent Bulot est, lui, fondateur et CEO d'EBDS, distributeur spécialisé en antennes et communications sans fil.

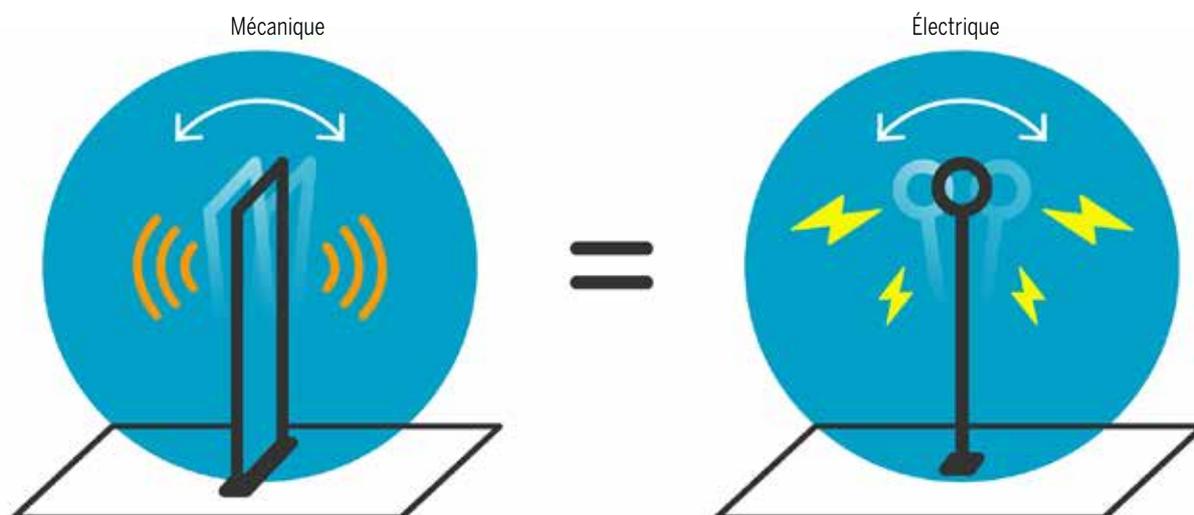
Les antennes sont un élément essentiel des équipements de transmission utilisant les rayonnements électromagnétiques (téléphonie mobile, télévision, objets connectés, radiocommunications, etc.). La très grande diversité des applications se traduit par une large gamme de solutions techniques et une offre commerciale conséquente. S'il s'agit maintenant d'équipements très répandus, les antennes souffrent toujours d'être mal connues... quand elles ne

sont pas considérées comme relevant de la sorcellerie ! Face à des technologies toujours plus complexes, ce sont au contraire des éléments qui exploitent des principes physiques très simples et aisés à comprendre.

Une antenne est un transducteur, qui convertit une grandeur électrique en une autre grandeur électromagnétique : des tensions et courants électriques alternatifs sont transformés en vibrations ondulatoires des champs électriques ou magnétiques, et

inversement. Une communication radio exploite la propriété des ondes électromagnétiques à se propager dans l'air. L'antenne est donc à la radio ce que le haut-parleur est à la musique. Mais, contrairement à ce dernier, elle a pour avantage de travailler dans les deux « sens » à l'identique : électrique vers électromagnétique, à l'émission, et électromagnétique vers électrique, à la réception. Vue de l'électronique associée, une antenne assure une conversion de puissance. Son paramètre premier est donc le

■ Fonctionnement d'une antenne 1



Source : Always Wireless

L'antenne, comme la lame métallique, ne vibre que si fermement appuyée sur une masse.

Les trois caractéristiques premières d'une antenne

Source: Always Wireless

Gain rayonné	Efficacité	Adaptation
dBi = dB relatifs à l'isotrope (rayonnement sphérique)	%	dB
$G = \frac{P_w \text{ Rayonnée (dBm)}}{P_w \text{ excitation (dBm)}}$	Moyenne (gains linéaires) / 360°	$G = \frac{P_w \text{ Réfléchie (dBm)}}{P_w \text{ excitation (dBm)}}$

Ces trois caractéristiques sont : son gain, qui exprime sa capacité de rayonnement maximale ; son efficacité qui illustre une éventuelle omnidirectionnalité ; son adaptation qui traduit le transfert de puissance Air ↔ Électrique.

gain de conversion : c'est le ratio puissance rayonnée maximale (électromagnétique)/ puissance d'excitation (électrique). S'il se calcule selon une émission radio, sa valeur est pleinement exploitable également à la réception. À noter qu'il est souvent très optimiste dans les documentations !

Un second paramètre de l'antenne est son efficacité, moyenne des gains linéaires dans toutes les directions, en pourcentage. Plus la valeur est élevée, plus l'antenne est efficace et omnidirectionnelle. C'est un paramètre à préférer dans les spécifications car plus réaliste que le gain peak, souvent un peu forcé...

Si ces deux caractéristiques qualifient le rayonnement, la troisième est l'adaptation, qui ne concerne que le dipôle électrique. Il s'agit du ratio puissance électrique réfléchie/puissance électrique incidente. Il traduit la capacité de l'antenne à maximiser le transfert de puissance avec l'électronique associée, donc à respecter l'impédance 50 Ω, moyenne typique des antennes théoriques. En effet, une antenne est une structure conductrice résonante. C'est à la résonance que la conversion électrique/électromagnétique est maximale et réellement efficace. À l'émission, l'injection de puissance dans l'antenne n'est possible

qu'à la résonance, où elle présente une impédance très résistive (sans effet joule!). Hors de la résonance, cette puissance est réfléchie dans l'émetteur où elle se dissipe. Une adaptation de valeur minimale, en décibels, est donc un prérequis essentiel avant de considérer le rayonnement. De fait, une antenne connectorisée doit être 50 Ω par nature... et si ce n'est pas le cas, changez de modèle!

L'antenne la plus couramment utilisée dans les objets et sur les cartes électroniques est le quart d'onde. C'est un élément dont la longueur «électrique» est donc un quart de longueur d'onde, condition nécessaire à la résonance à la fréquence de travail. Son comportement est similaire à celui de la résonance d'une baguette de métal. Il n'est possible qu'à la condition que l'une des extrémités soit fixe ou «froide». L'équivalent du point fixe mécanique est une surface conductrice dont la tension reste nulle alors qu'un courant HF est injecté : le plan de masse. Si la plus grande longueur du plan doit théoriquement être demi-onde, une impédance résiduelle de quelques ohms est acceptable, d'où un plan qui peut être réduit au quart d'onde. Mais

LA REVUE DE TOUTES LES ÉLECTRONIQUES DEPUIS 1934

ELECTRONIQUES

#ELECTRONIQUES_BIZ

À DÉCOUVRIR

Le **nouveau** portail de toutes les Electroniques

www.electroniques.biz

L'INFORMATION DE RÉFÉRENCE DES DÉCIDEURS ET INGÉNIEURS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

■ Fonctionnement d'une antenne 2



L'antenne et la lame métallique ne vibrent que si éloignées d'une masse latérale.

Source: Always Wireless

sans plan «contreponds», pas d'effet d'antenne!

S'il y a absence de plan contreponds, par exemple quand l'antenne est déportée par un coaxial, elle devient alors demi-onde. Elle est constituée de deux résonateurs quart d'onde symétriques travaillant en opposition de phase. Elle ne nécessite donc pas de plan de masse mais son encombrement est double. Si certaines antennes déportées sont des quarts d'onde à poser sur un plan métallique, il existe aussi beaucoup de «fausses demi-onde», dont le contreponds est seulement leur coaxial: leur efficacité est alors très dépendante de la position de leur câble. À fréquences élevées, les antennes développent plutôt du champ électrique, car plus significatif dans l'air. Elles vont alors être sensibles à tout ce qui peut contrarier cette production, notamment un environnement métallique. Sauf s'il est proche de la perpendiculaire, le champ électrique est atténué, voire court-circuité par toute surface métallique. La première exigence à l'installation d'une antenne est donc son dégagement, indispensable à son efficacité.

Les antennes présentent des paradoxes de différentes natures, qu'il convient de

détailler. En effet, elles sont chaque jour un peu plus présentes dans notre environnement quotidien. Parfois ostensiblement visibles, parfois cachées, elles sont le reflet de l'explosion de l'usage du sans-fil. Depuis l'avènement des réseaux cellulaires (de la 2G à la 5G) et du Wi-Fi, de multiples technologies ont été créées: Bluetooth, Zigbee, ZWave, LoRaWan, Sigfox, GNSS (GPS, Galileo, Beidou, Glonass, etc.), RFID, NFC, etc. Que les équipements communiquent entre eux à très courtes distances (RFID/NFC) ou via des satellites situés à plusieurs dizaines de kilomètres (GPS), il faut toujours une antenne, support indispensable à l'onde qui transporte nos données, voix et images.

Premier paradoxe: complexité et simplicité

La conception théorique d'une antenne performante dédiée à une application donnée est extrêmement complexe et coûteuse. Un ingénieur concepteur d'antennes doit posséder un très bon niveau en mathématiques, en traitement du signal et en mécanique. Le matériel nécessaire (analyseur de spectre, analyseur de réseaux vectoriel, générateur RF, chambre anéchoïque, etc.)

est très coûteux. Savoir s'en servir efficacement nécessite d'avoir un très bon niveau. On a vu des débutants passer des jours à faire des mesures pour réaliser finalement qu'ils mesuraient les performances du câble. Mais une fois l'antenne conçue et validée dans son environnement, sa production n'est pas si compliquée. Il s'agit le plus souvent de savoir produire des pièces métalliques, de les assembler et de les intégrer. Encore faut-il utiliser des matériaux de qualité...

Deuxième paradoxe: petit prix et grande importance

«L'antenne est au sans-fil ce que les pneus sont aux voitures». Les pneus ne représentent qu'un montant très faible par rapport au prix d'une voiture. Et pourtant ils sont le seul et unique contact avec la route. Et on se représente très facilement qu'un choix de pneumatiques inadaptés peut s'avérer catastrophique dès le premier virage. On est exactement dans la même situation pour les antennes. Le prix d'une antenne comparée aux équipements à laquelle elle est connectée est souvent ridicule. Mais c'est ce brin rayonnant qui va assurer à lui seul la bonne transmission des données. Un mauvais choix d'antenne peut rendre

complètement inopérant une installation de plusieurs dizaines de milliers d'euros.

Troisième paradoxe: théorie et pratique

Souvent, une antenne conçue par un ingénieur, pourtant compétent, s'avère très peu performante à l'usage. La théorie nous promettait une belle efficacité que l'on ne retrouve pas sur le terrain. Une antenne est en effet complètement dépendante de son environnement. Ainsi, une antenne embarquée dans un équipement électronique subit l'influence des composants qui l'entourent. Et certains peuvent la rendre totalement inefficace: alimentations, afficheurs TFT, etc. Une antenne externe va avoir un rayonnement, voire une fréquence, perturbé par les équipements mécaniques proches: support, boîtier, autres équipements électriques proches, par exemple. Concevoir une antenne compétitive sans appréhender concrètement son contexte n'a donc aucun sens.

L'antenne est trop souvent un élément négligé, voire oublié dans la conception d'équipements ou dans l'intégration de solutions: y attacher l'importance qu'elle mérite est une étape indispensable à la réussite des projets. ■