

Avant-propos

Les technologies d'identification ont fortement modifié les habitudes des consommateurs, le suivi des marchandises et les services en général. Le code-barres en est la meilleure illustration. Inventé en 1949 et exploité industriellement à partir de 1974, il tient aujourd'hui encore le haut du pavé dans le monde de la traçabilité des marchandises où il a été le moteur d'un marché de la distribution qui est devenu planétaire. Aujourd'hui, le code-barres est visible sur chaque produit acheté et permet dans certains cas, de remplacer le traditionnel billet de train ou de cinéma. Il est alors imprimé sur du papier ou visualisé sur l'écran d'un smartphone.

En parallèle, les technologies des télécommunications ont connu un essor considérable. La miniaturisation des composants a rendu possible le développement d'appareils mobiles intégrant des fonctionnalités de plus en plus compactes et polyvalentes. Nous sommes passés en quelques années du téléphone filaire, fixe et à fonction unique, au smartphone mobile et polyvalent permettant de se connecter au réseau Internet, de recevoir de nombreuses chaînes de télévision, et de se guider dans le monde entier *via* le système GPS (*Global Positioning Satellite*). D'autres évolutions sont en cours et permettront le développement d'objets communicants sans fils reconfigurables et cognitifs.

Ces dernières années ont connu l'essor des technologies d'identification radiofréquence ou RFID (*Radio Frequency Identification*), lorsque les industriels ont commencé à s'intéresser à ce que pouvait apporter les ondes radio au domaine de l'identification. Ainsi, dans les transports urbains, sommes-nous passés du ticket papier ou magnétique lisible par un automate, à la carte détectée sans contact. Les améliorations apportées par cette technologie sont majeures. Par exemple, les cadences de circulation ont augmenté, la maintenance des machines de lecture ou de vente des titres de transport a baissé, et l'interopérabilité entre les différents réseaux de transports est devenue possible grâce à la quantité d'information embarquée. Actuellement, les plateformes

logistiques cherchent à remplacer le code-barres par des tags RFID UHF pour la gestion et la traçabilité des marchandises. L'intérêt principal est un gain de temps et de manutention lors du contrôle de l'ensemble des objets présents sur une palette de livraison. Ce contrôle pouvant être fait sans déballer la palette, à distance et en une fraction de seconde. Les RFID ont également apporté beaucoup de nouvelles possibilités au marché de la sécurité. En effet, leurs performances ont ouvert la voie à la fiabilisation des machines automatiques et du contrôle d'accès.

Malgré les avantages apportés par les RFID, leur essor est freiné par le coût unitaire d'un tag (marquage *via* une puce), notamment si on le compare au code-barres. En effet, dans certaines applications, les objets à identifier peuvent valoir un prix unitaire inférieur au prix de la création d'un tag RFID. Dans ce cas, la technologie RFID classique (une antenne connectée à une puce) ne peut pas être appliquée. Ainsi, depuis quelques années l'étude de tags RFID sans puce (*chipless* RFID) suscite un intérêt grandissant et des recherches intensives. En termes de performance et d'application, la RFID sans puce se situe à la frontière entre le code-barres et la RFID conventionnelle. C'est pour cette raison qu'elle est parfois nommée « code à barres radiofréquence ». Comme son nom l'indique, un tag sans puce ne possède aucun circuit électrique reporté, c'est-à-dire aucun élément actif et *a fortiori* aucune batterie. L'identifiant du tag n'est donc pas contenu dans une mémoire non volatile, mais est directement lié à sa géométrie à l'image d'une cible radar. En effet, c'est bien la structure physique de l'étiquette qui, lorsqu'elle est soumise à une onde électromagnétique incidente, va créer une signature électromagnétique qui lui est propre.

La RFID sans puce est une technologie relativement récente. Nous verrons que les premiers travaux publiés datent de 2002 et son potentiel applicatif ne fait pas de doute. Cependant pour des questions techniques, il existe aujourd'hui très peu d'applications commerciales basées sur son principe. Dans cet ouvrage nous verrons comment il est possible de lever les verrous technologiques pour permettre le développement de cette nouvelle voie de la RFID en tant que système d'identification à part entière. Les points cruciaux d'amélioration sont l'augmentation de la capacité de codage, la réduction de la surface des étiquettes et la possibilité d'imprimer le tag afin de diminuer son coût unitaire. En parallèle, la définition et la conception d'un système de lecture qui respecte les normes RF, permettant de détecter des tags RFID sans puce de manière robuste, est également un point bloquant qui sera discuté.

Le **chapitre 1** est une présentation générale des différentes technologies RFID. Une brève introduction historique précédera la revue des grandes familles des systèmes et des applications de la RFID. Nous analyserons les forces et les faiblesses de chacune d'entre elles.

Nous nous intéresserons dans le [chapitre 2](#) à l'état de l'art sur les différents systèmes RFID sans puce. Ceci nous permettra de dresser les limitations actuelles de cette technologie et de définir les différents axes d'améliorations à envisager. Pour ce faire, nous positionnerons la RFID sans puce au sein du marché mondial de l'identification.

Le [chapitre 3](#) traitera de la problématique majeure en RFID sans puce, en l'occurrence le codage de l'information dans un tag RFID. En effet, augmenter les capacités de codage est un enjeu majeur qui permettra d'imposer la technologie sans puce comme une réelle alternative aux technologies d'identification actuelles que sont le code-barres et la RFID conventionnelle. L'un des objectifs étant notamment d'égaliser la capacité de codage des codes à barres EAN13. Nous introduirons des critères de performances qui permettront de juger de l'efficacité de codage d'un dispositif suivant la bande passante occupée et la surface requise. Différentes techniques de codage seront présentées et comparées.

Puis dans le [chapitre 4](#), nous évoquerons le mode d'opération d'un tag RFID sans puce à signature spectrale. Un modèle électrique et un modèle analytique des éléments de base constituant les tags seront présentés et comparés à des résultats de simulations. Des critères de performances permettant d'évaluer chaque conception seront introduits. En outre, les règles de conception, qui permettent d'aboutir à un *design* particulier prenant en considération la bande passante et la surface, seront présentées et appliquées sur différents concepts de tags RFID sans puce. Le problème de la lecture des tags sans puce dû à la variabilité de l'environnement proche sera également abordé et une méthode d'autocompensation sera proposée.

Les verrous technologiques liés à la fabrication à bas coût des tags sans puce seront étudiés dans le [chapitre 5](#). En première partie, nous présenterons le mode de fabrication lié à la filière électronique classique, suivi des modes de production de la filière papetière. Une caractérisation des matériaux potentiellement utilisables sera proposée avant de conclure par une comparaison des performances atteintes avec ces deux techniques de réalisation. Dans une deuxième partie, nous présenterons les techniques de mesure développées spécifiquement pour la caractérisation des tags RFID sans puce, en espace confiné avec une cavité métallique, et en espace libre en utilisant une approche radar bistatique. Deux voies seront explorées, l'approche fréquentielle utilisant un analyseur de réseau vectoriel et l'approche temporelle basée sur l'utilisation d'un générateur de *pulse* ultra large bande (ULB) et d'un oscilloscope large bande. L'aspect normalisation pour les communications ULB sera abordé, ce qui nous permettra de définir les performances de détection envisageables. Un concept de lecteur basé sur l'utilisation d'un radar de localisation ULB sera mis en œuvre pour la détection de tags RFID sans puce. L'aspect mise en forme et décodage des signaux sera abordé pour clôturer ce chapitre.