

Le 26 Novembre 2008

Conception d'antennes de tags RFID UHF, application à la réalisation par jet de matière

Par : Anthony GHIOTTO

Directeur : Pr. Tan-Phu VUONG

Co-directeur : Pr. Smail TEDJINI

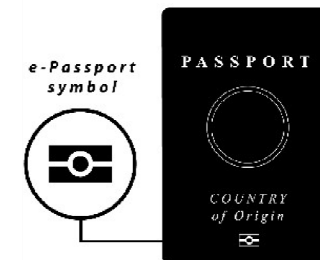
Contexte : La RFID

La RFID

- Une nouvelle technologie d'identification automatique



- Ses applications



Les technologies RFID

■ Fonctionnement

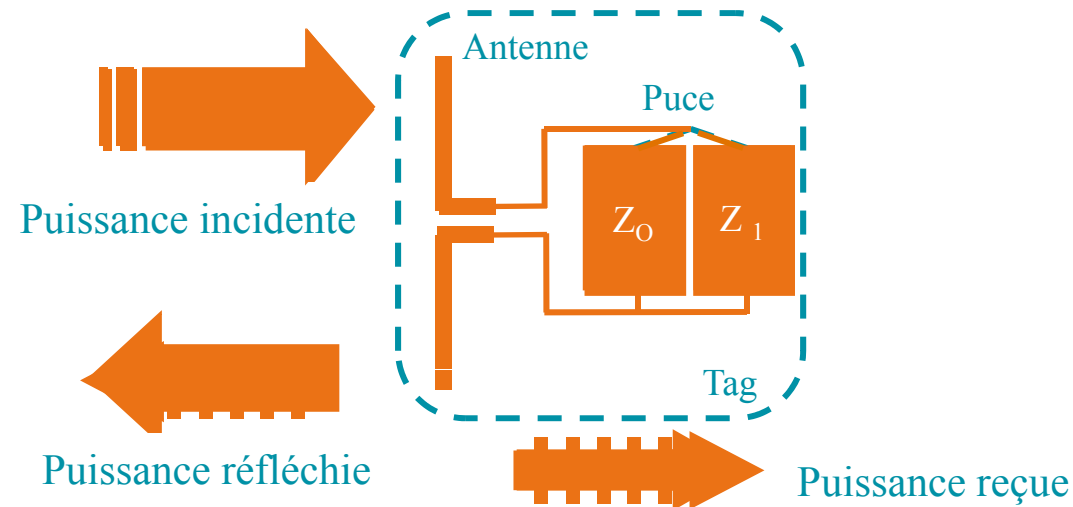


■ Technologies

Type	Fréquence	Distance	Données	Pénétration	Faible coût
BF	125 kHz	+	+	++++	++
HF	13,56 MHz	++	++	+++	++++
UHF	860-960 MHz	+++	+++	++	++++
Micro-ondes	2,49 GHz	++	++++	+	++

Le fonctionnement des tags RFID UHF passifs

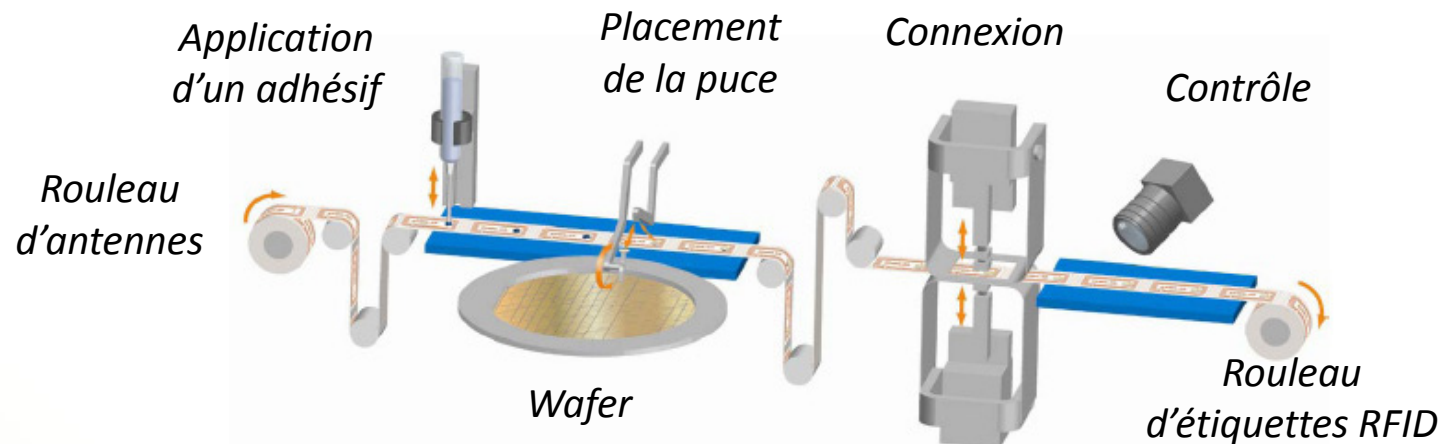
- **Passif**
 - Pas de transmetteur radiofréquence
 - Pas de source propre d'énergie



Problématique

La fabrication d'étiquettes RFID bas coût

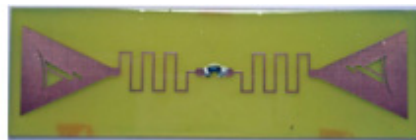
- Réalisation des antennes sur matériaux plastiques souples par impressions conventionnelles d'encre conductrice*
- Procédé optimisé d'assemblage rouleau à rouleau



* D. Bechevet, "Contribution au Développement de Tags RFID, en UHF et Micro-ondes, sur Matériaux Plastiques", thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 2005, Valence, France.

Objectif

- Le coût des tags est encore trop important



0,10 \$ = 50 X



0,002 \$

Comment réduire davantage le coût des tags ?

- Nouveaux procédés de fabrication
- Utilisation du jet de matière à la place des technologies d'impression conventionnelles

Comment réaliser une antenne par impression jet d'encre ?

- I. Concevoir des antennes RFID**
- II. Caractériser et évaluer les antennes**
- III. Réaliser les antennes par jet de matière**
- IV. Optimiser les antennes**

Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

I. Conception des antennes RFID

1. Prendre en compte l'effet des matériaux
2. Caractériser le port d'entrée des puces
3. Adapter les antennes au port d'entrée des puces

Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

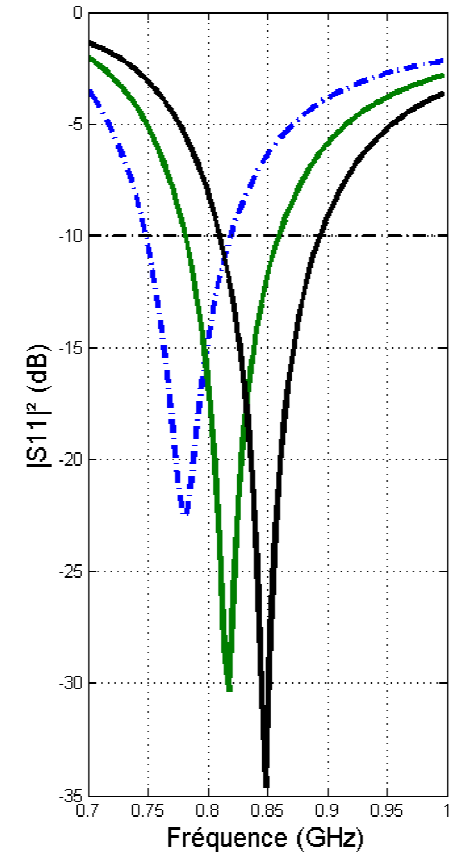
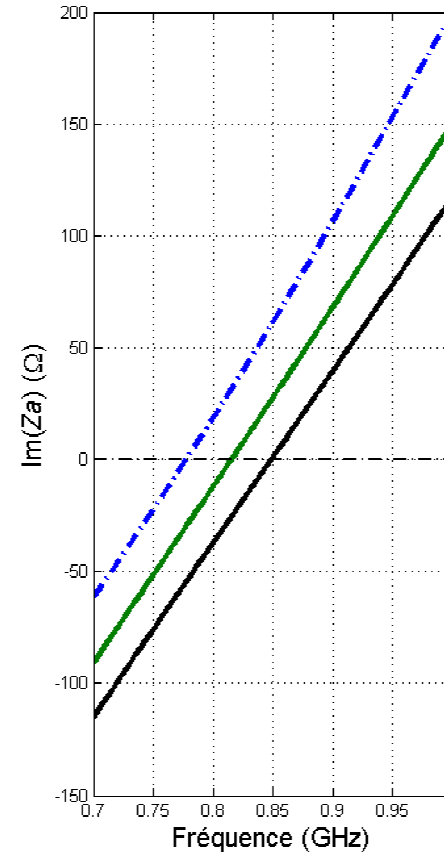
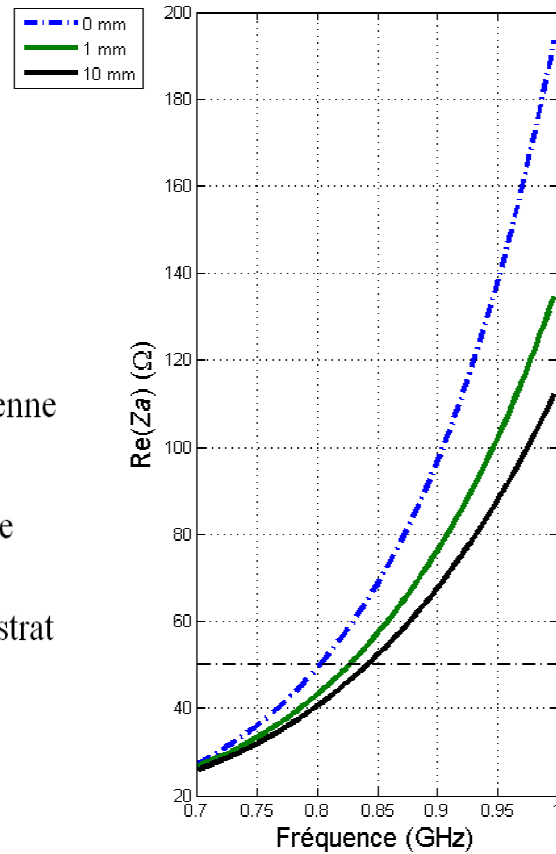
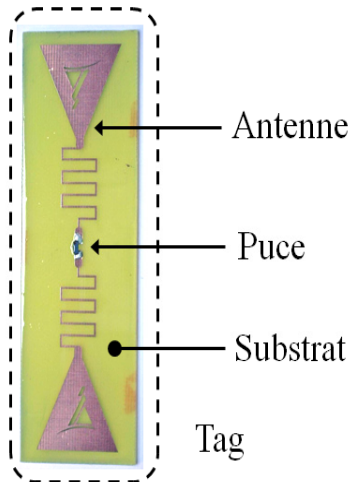
I. Conception des antennes RFID

1. **Prendre en compte l'effet des matériaux**
2. Caractériser le port d'entrée des puces
3. Adapter les antennes au port d'entrée des puces

Les matériaux constituant les tags influencent-t-il leurs caractéristiques?

Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation

■ Exemple



Comment caractériser les matériaux diélectriques?

Conception

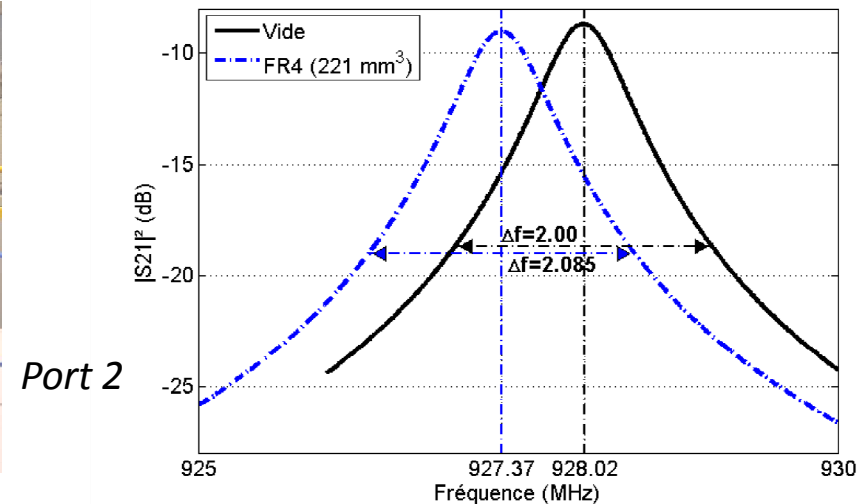
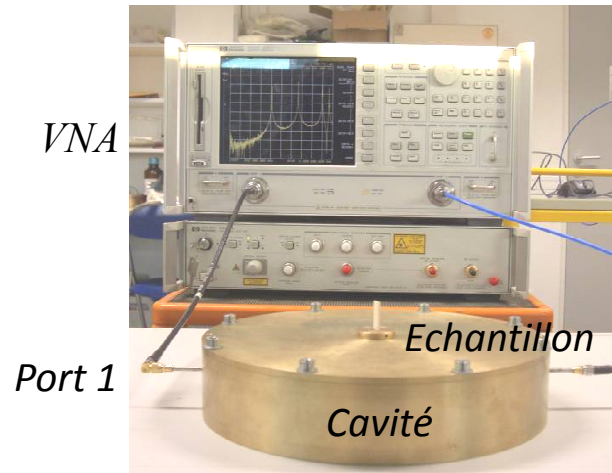
Caractérisation

Réalisation

Optimisation

■ Méthode retenue : la cavité cylindrique

– Précise mais délicate à mettre en œuvre



$$\epsilon_r(f) = \epsilon_r'(f) - j\epsilon_r''(f) \quad \epsilon_r' = \alpha_1 \frac{V_{cavité}}{V_{échantillon}} \cdot \frac{f_{r0} - f_{r1}}{f_{r0}} + 1 \quad \epsilon_r'' = \frac{\alpha_1}{2} \left(\frac{V_{cavité}}{V_{échantillon}} \right) \left(\frac{1}{Q_{u1}} - \frac{1}{Q_{u0}} \right)$$

S. Li, C. Akyel, R. G. Bosisio, "Precise Calculations and Measurements on the Complex Dielectric Constant of Lossy Materials Using TM010 Cavity Perturbation Techniques", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-29, n°10, October 1981.

Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

I. Conception des antennes RFID

1. Prendre en compte l'effet des matériaux
2. **Caractériser le port d'entrée des puces**
3. Adapter les antennes au port d'entrée des puces

Quelle est l'impédance du port d'entrée d'une puce ?

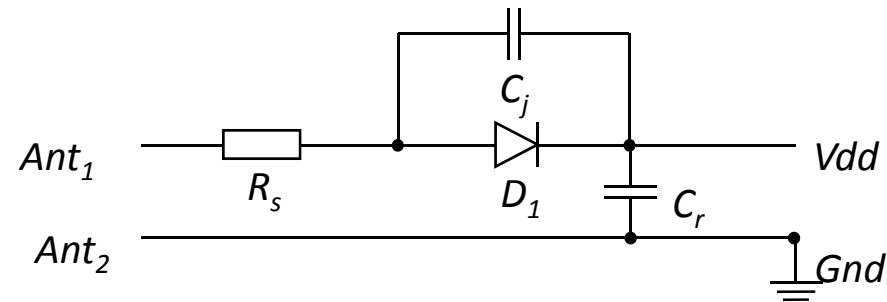
Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

- **Modèle du circuit d'alimentation**



- **Impédance de la puce : $Z_c = R_c - j X_c$**
 - Grandeur complexe

Mesure de l'impédance du port d'entrée d'une puce

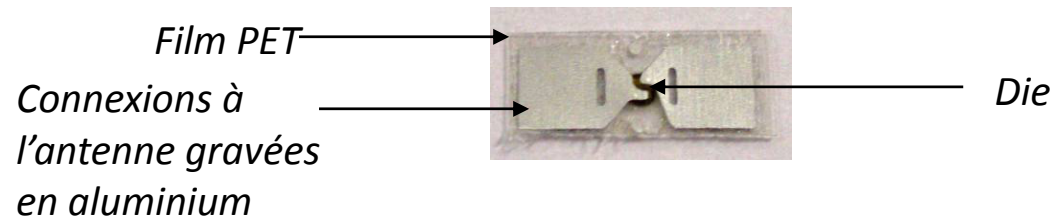
Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

- **Méthode classique : mesure sous pointes**
- **Problème posé par le packaging « strap » spécifique à la RFID permettant d'optimiser la connexion à l'antenne**

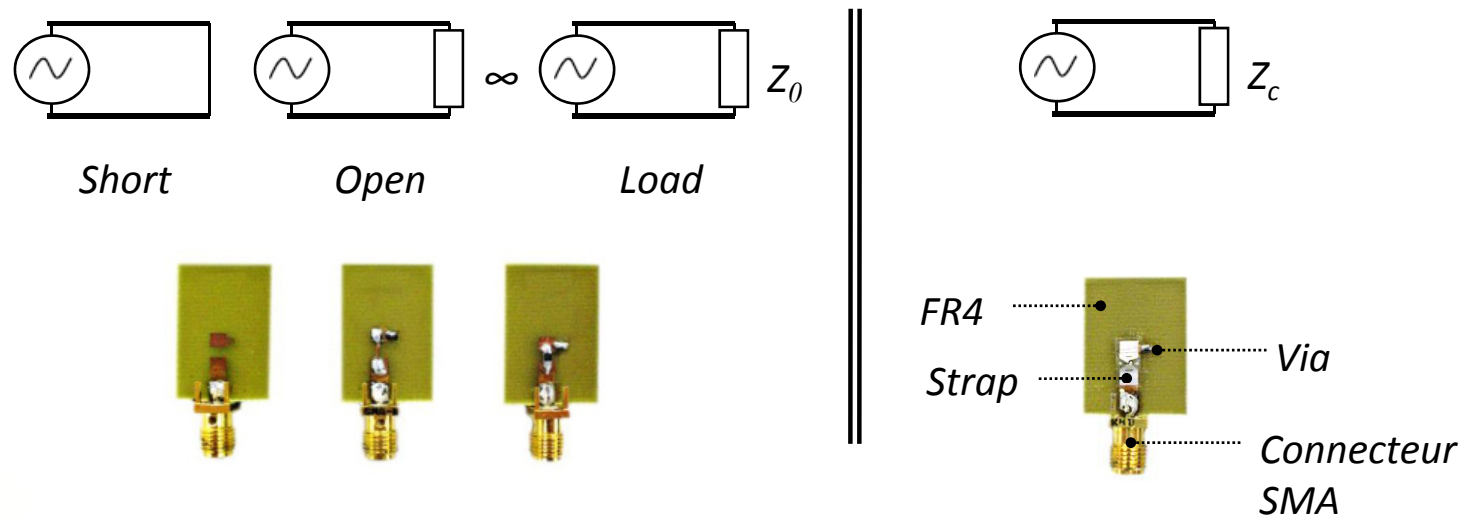


- **Autres méthodes à envisager**

Calibration de type SOL

Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation

- Calibration conventionnelle des VNA
- Mise en place dans le cas des puces RFID



- Inconvénient : qualité des références

Calibration de type LRL

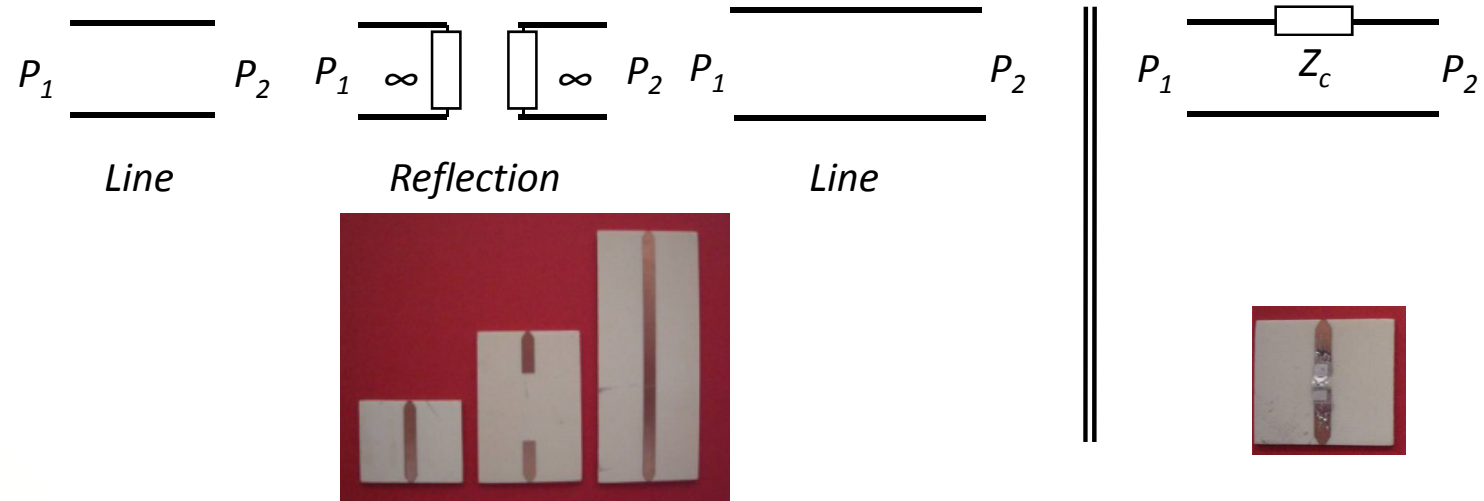
Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

- Calibration classique pour la mesure d'impédance des composants RF
- Mise en place dans le cas des puces RFID



- Amélioration de la précision et possibilité de caractérisation in situ

Modélisation du port d'entrée d'une puce

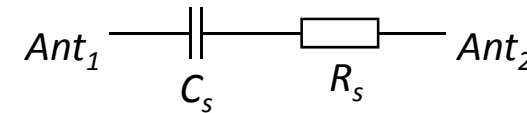
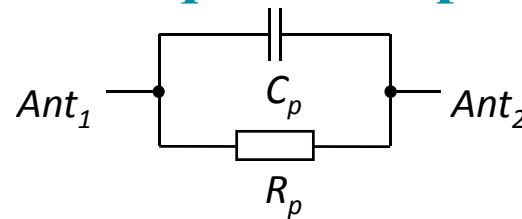
Conception

Caractérisation

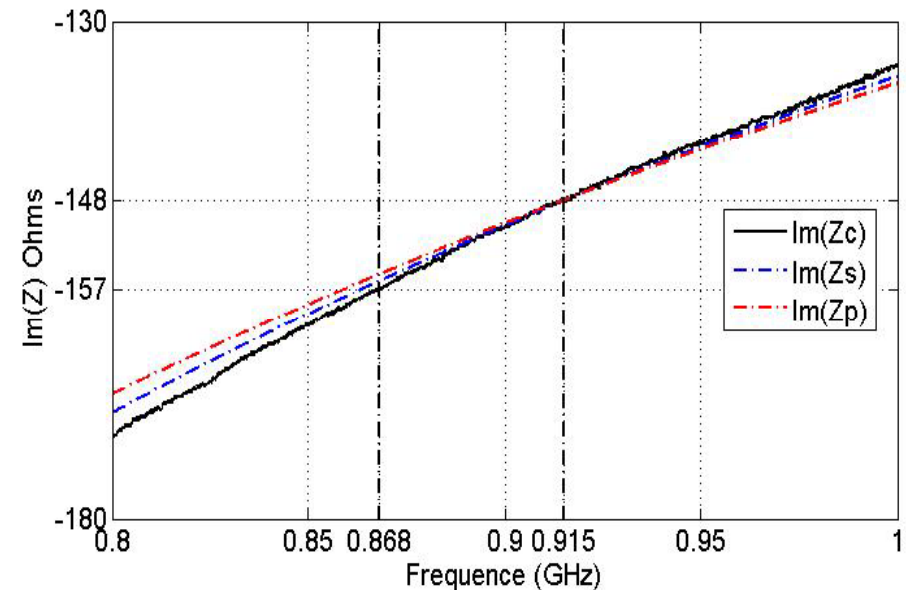
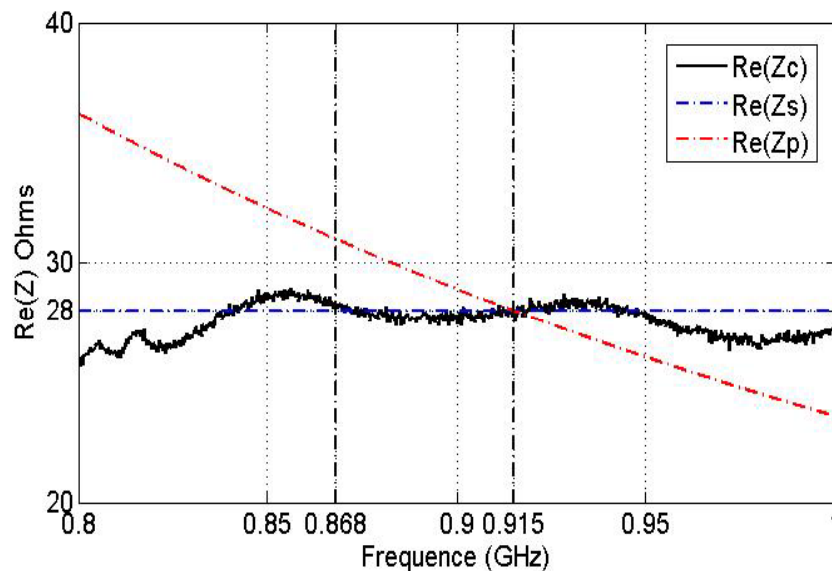
Réalisation

Optimisation

- Circuit équivalent parallèle ou série



- Comparaison modèles et mesure



Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

I. Conception des antennes RFID

1. Prendre en compte l'effet des matériaux
2. Caractériser le port d'entrée des puces
3. Adapter les antennes au port d'entrée des puces

Principe de l'adaptation de l'impédance de l'antenne

Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation

- Coefficient de réflexion

- Adaptation à une ligne de transmission

$$\Gamma = \frac{Z_c - Z_a}{Z_c + Z_a}$$

- Coefficient de réflexion en puissance

- Adaptation à un circuit radiofréquence

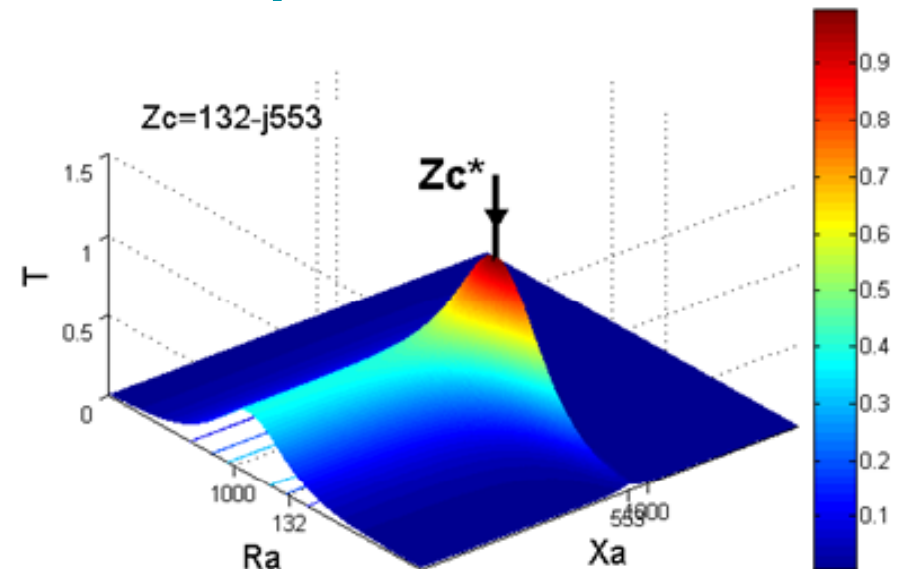
$$\Gamma^* = \frac{Z_c - Z_a^*}{Z_c + Z_a}$$

- Coefficient de transmission en puissance

$$T = 1 - |\Gamma^*|^2$$

- Transfert optimal :

$$Z_a = Z_c^*$$



Adaptation par élément série

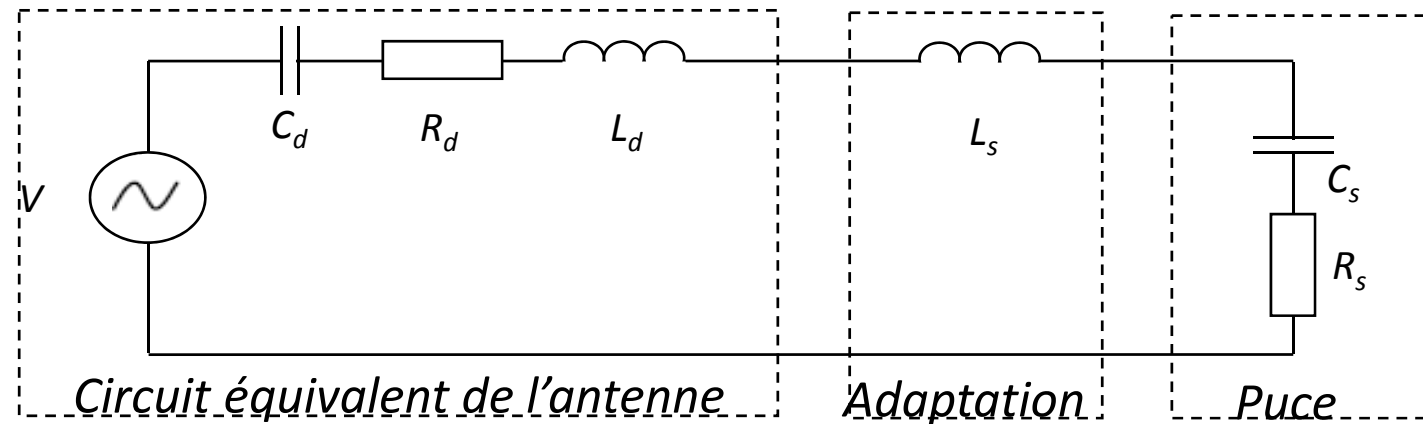
Conception

Caractérisation

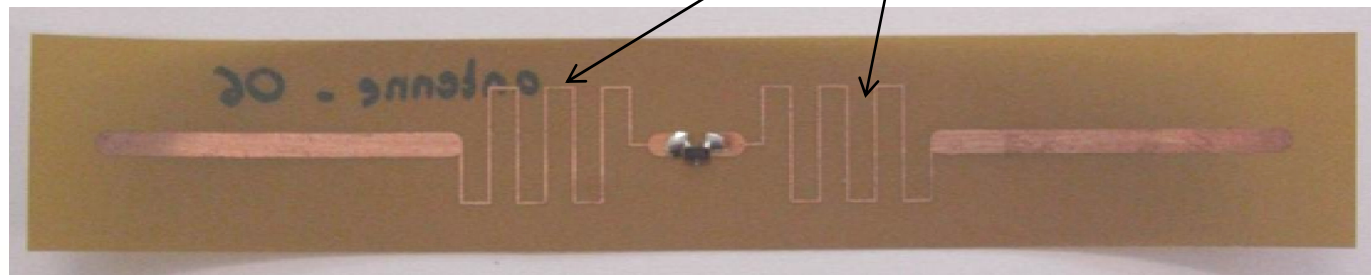
Réalisation

Optimisation

■ Principe



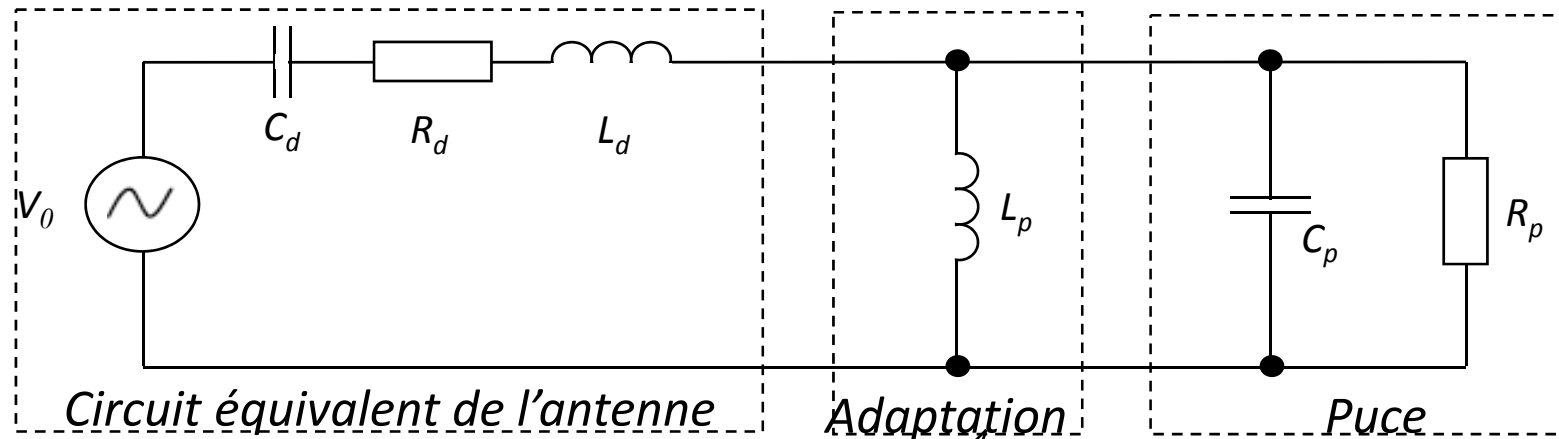
■ Exemple



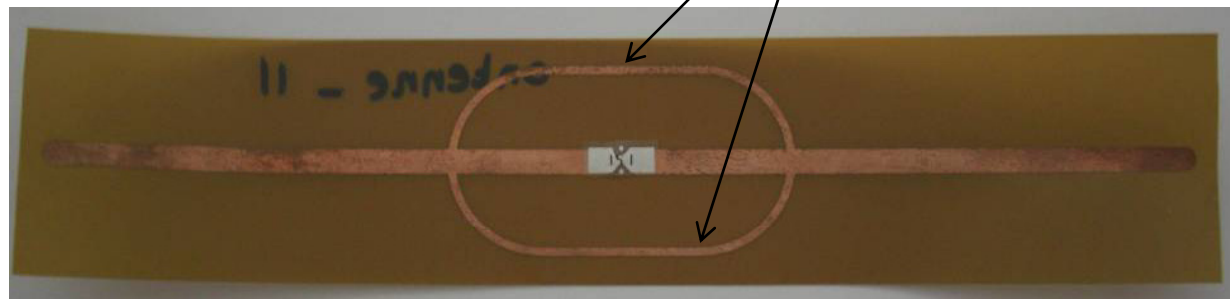
Adaptation par élément parallèle

Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation

Principe



Exemple



Adaptation par couplage magnétique

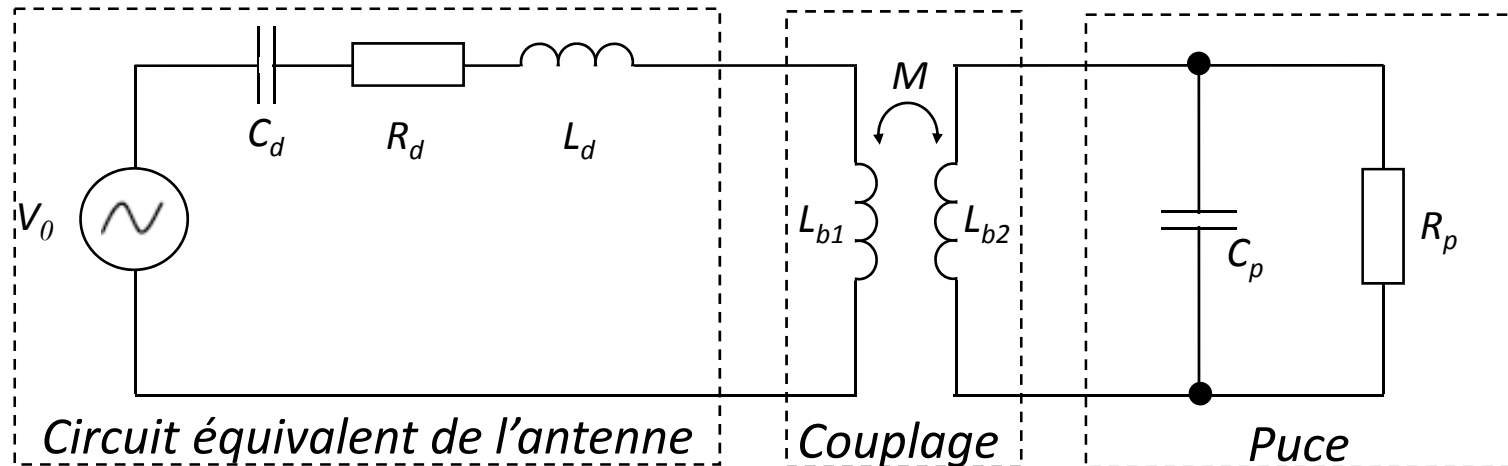
Conception

Caractérisation

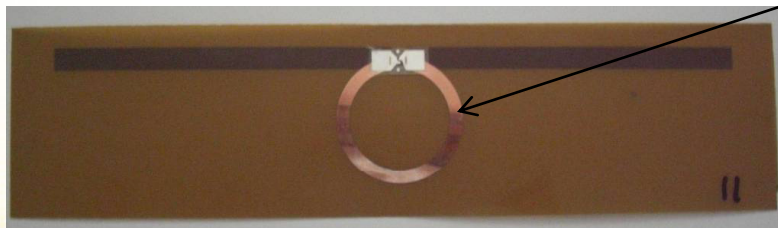
Réalisation

Optimisation

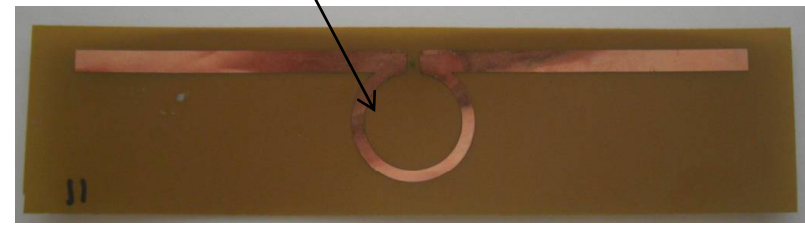
Principe



Exemple



Vue de face



Vue de dessous

Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

II. Caractérisation des antennes et évaluation de leurs performances

1. Mesurer l'impédance d'entrée des antennes
2. Evaluer leurs performances

Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

II. Caractérisation des antennes et évaluation de leurs performances

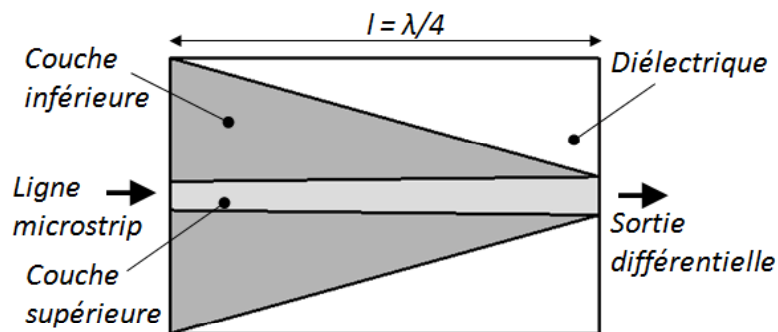
1. Mesurer l'impédance d'entrée des antennes
2. Evaluer leurs performances

Difficulté pour mesurer l'impédance d'un dipôle

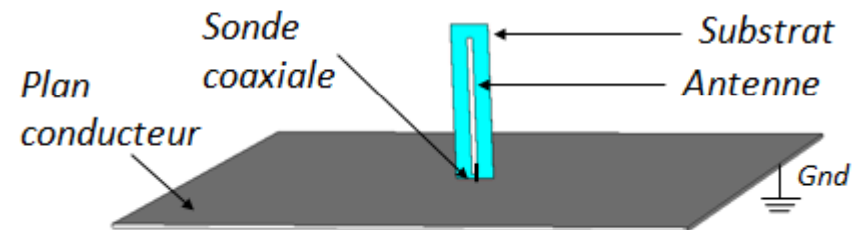
Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation

- Connecter le port symétrique du dipôle au port asymétrique de la ligne coaxiale d'un instrument de mesure
- Deux méthodes envisagées

Mise en œuvre d'un
Balun profilé



Mesure d'une demi
antenne avec miroir



$$Z_a = 2 \cdot Z_{a \text{ demi antenne}}$$

Méthode Balun : résultats de mesures

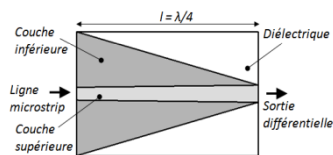
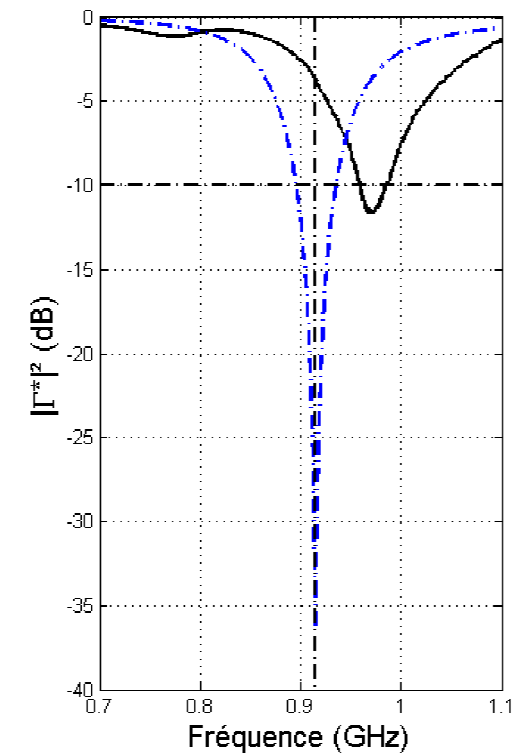
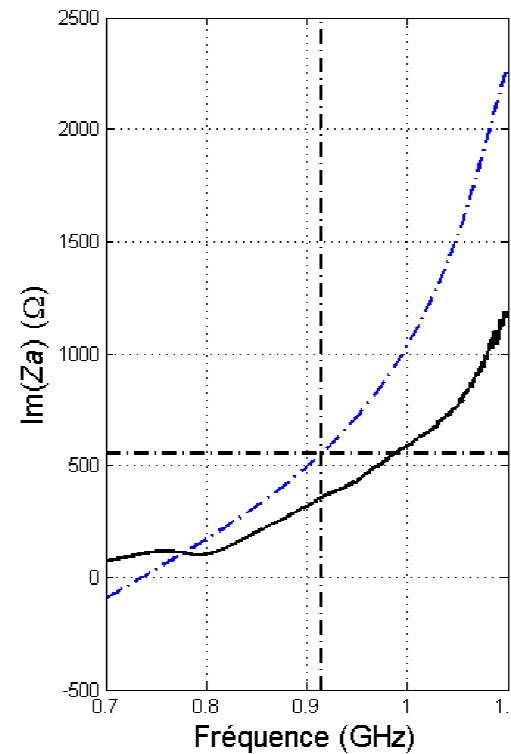
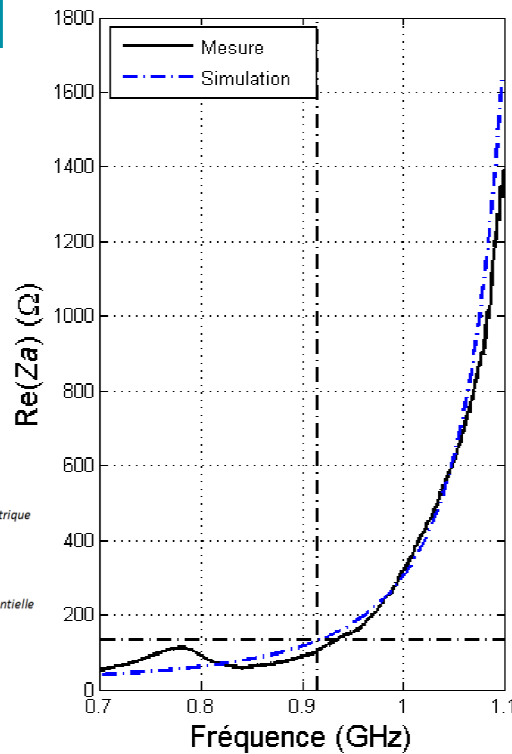
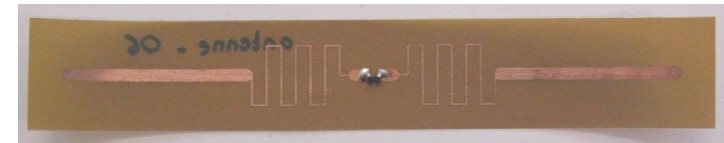
Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

$$Z_c = 132 - j553 \Big|_{915\text{MHz}}$$



Méthode du miroir : résultats de mesures

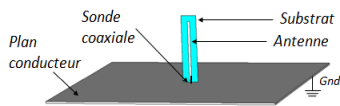
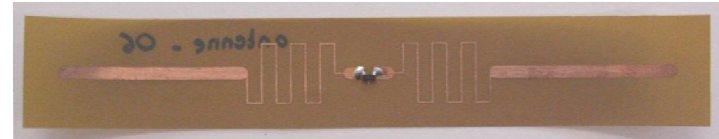
Conception

Caractérisation

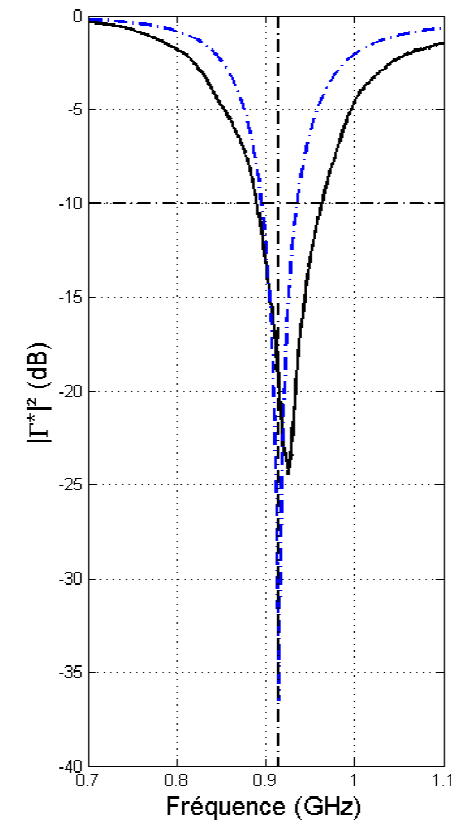
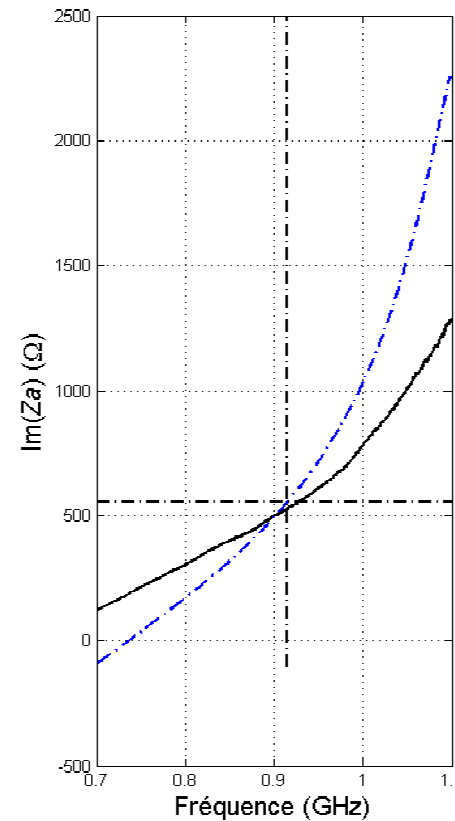
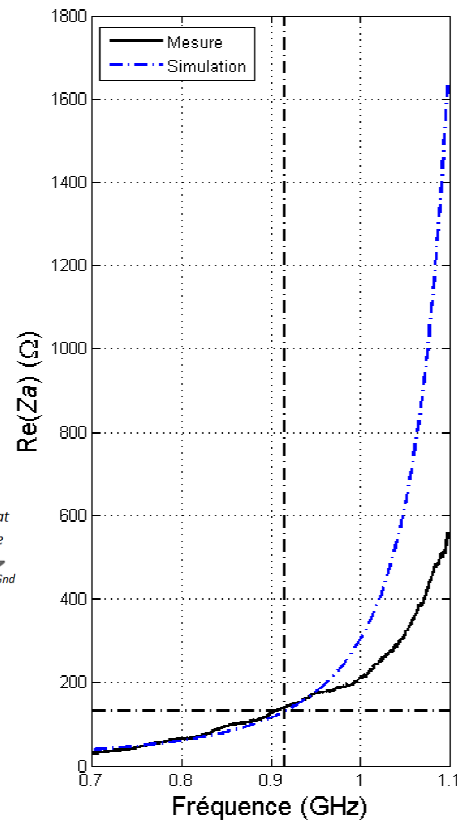
Réalisation

Optimisation

$$Z_c = 132 - j553 \Big|_{915\text{MHz}}$$



$$Z_a = 2 \cdot Z_{\text{antenne}}$$



Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

II. Caractérisation des antennes et évaluation de leurs performances

1. Mesurer l'impédance d'entrée des antennes
2. Evaluer leurs performances

Section radar

Conception

Caractérisation

Réalisation

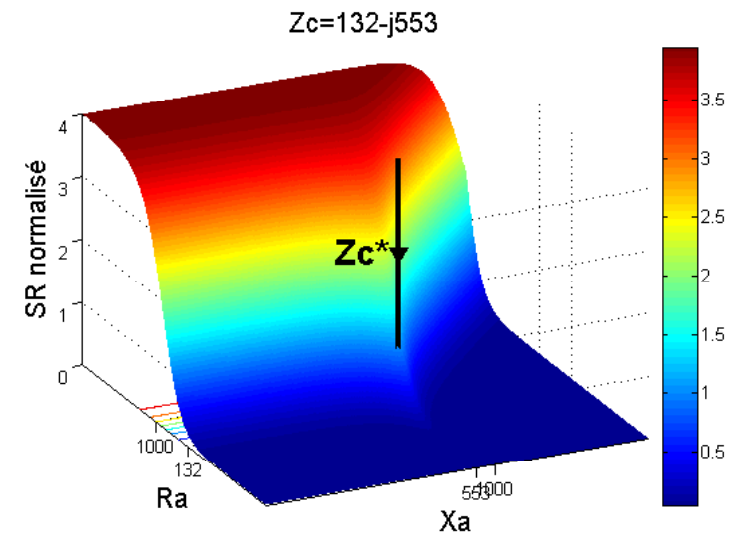
Optimisation

■ Définition

$$SR(\varphi, \theta) = \frac{P_{re-radié}(\varphi, \theta)}{S} = \frac{4R_a^2}{|Z_a + Z_c|^2} \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{tag}(\varphi, \theta)^2$$

■ Possibilité de vérifier l'adaptation d'impédance par la mesure de la section radar

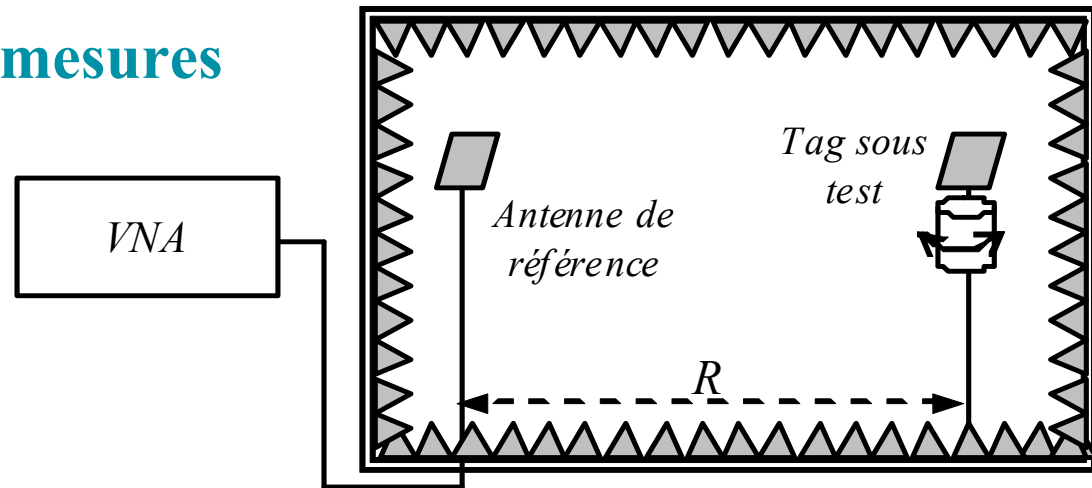
$$Z_a = R_a + jX_a$$



Mesure de la section radar

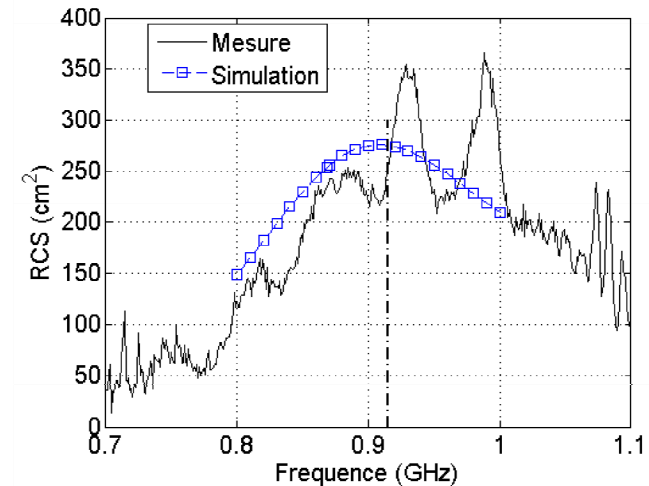
Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation

Dispositif de mesures



Résultat de mesures

*Antenne
bien adaptée*



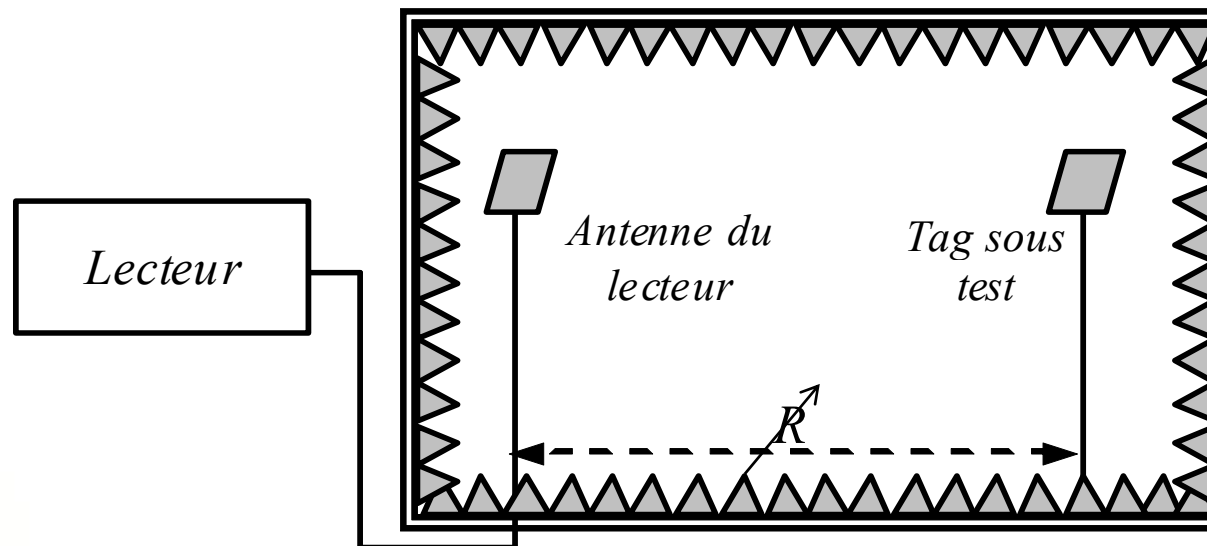
Mesure de la distance de lecture

Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation

- **Bilan de transmission**

$$P_{tag} = P_l \cdot G_l \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \cdot |\hat{p}_l \cdot \hat{p}_{tag}|^2 \cdot T \cdot e_{cdtag} \cdot D_{tag}$$

- **Dispositif de mesures**



Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

III. Fabrication d'une antenne par jet de matière

1. Présentation du procédé
2. Mesure de la conductivité des pistes
3. Réalisation d'un TAG RFID UHF passif

Conception

Caractérisation

Réalisation

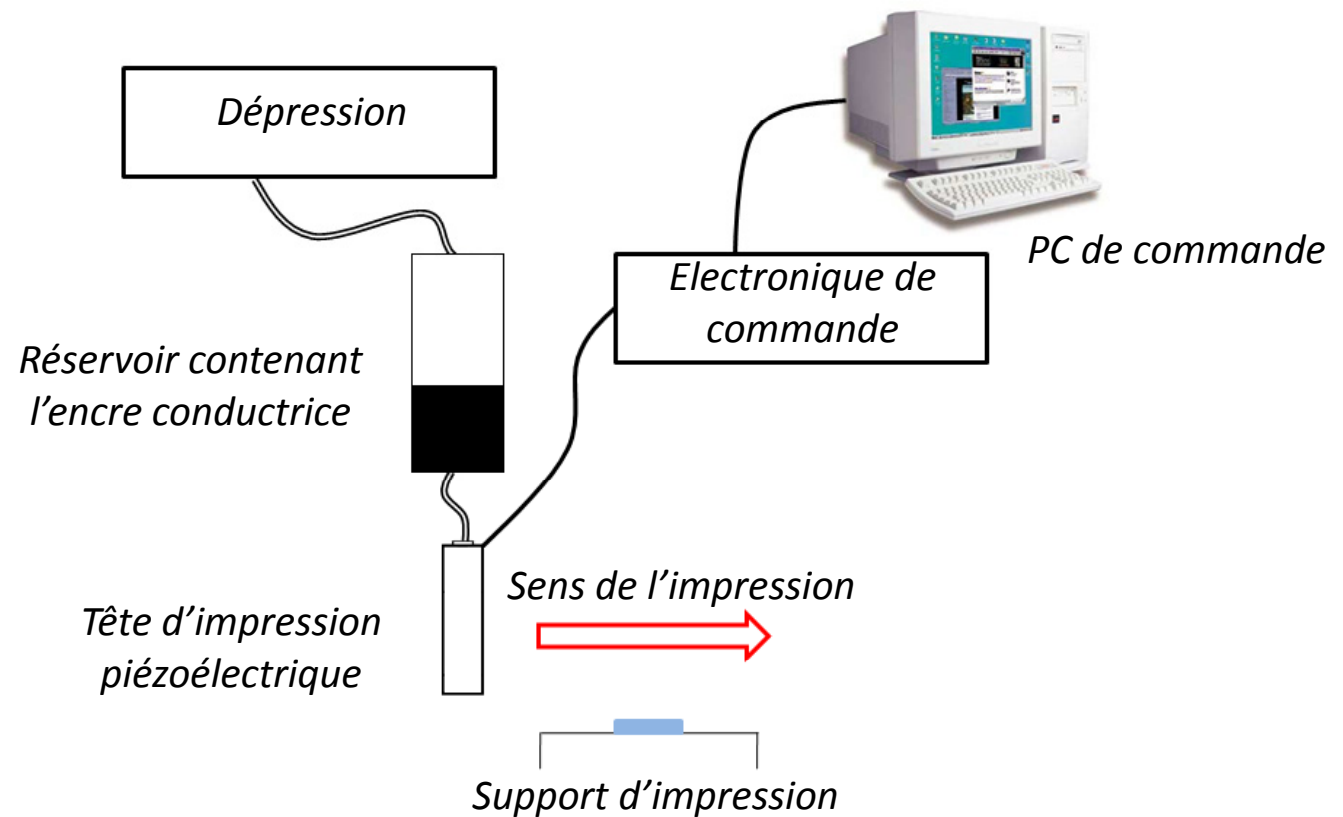
Optimisation

III. Fabrication d'une antenne par jet de matière

1. **Présentation du procédé**
2. Mesure de la conductivité des pistes
3. Réalisation d'un TAG RFID UHF passif

Le procédé jet de matière

Conception
Caractérisation
Réalisation
Optimisation



Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

III. Fabrication d'une antenne par jet de matière

1. Présentation du procédé
2. **Mesure de la conductivité des pistes**
3. Réalisation d'un TAG RFID UHF passif

Conductivité des pistes imprimées

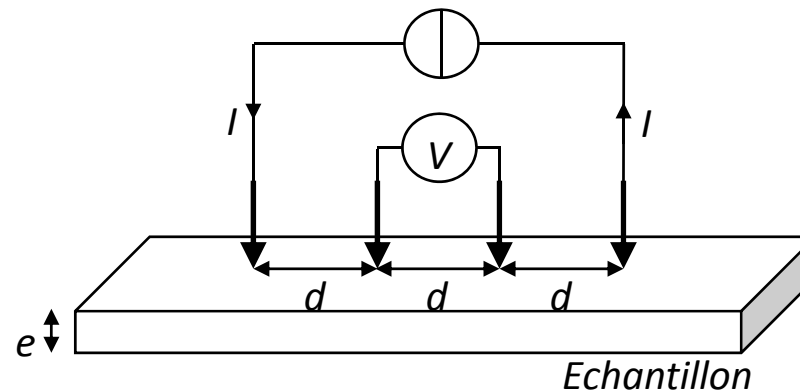
Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

- Estimation nécessaire pour l'étude en simulation
- Méthode de mesure de la conductivité σ
 - Mesure de la résistance de surface DC par la méthode 4 pointes



$$R_{sDC} = \frac{\pi}{\ln(2)} \cdot \frac{V}{I}$$

- Mesure de l'épaisseur e à l'aide d'un profilomètre mécanique

$$\Rightarrow \sigma = \frac{1}{R_{sDC} e}$$

$$e_{\text{encre}} \approx 0,5 \mu\text{m}$$

$$\sigma_{\text{encre}} \approx 10^7 \text{ S/m}$$

$$\sigma_{\text{argent}} = 6,3 \cdot 10^7 \text{ S/m}$$

$$\sigma_{\text{cuivre}} = 5,96 \cdot 10^7 \text{ S/m}$$

Evaluation de performances

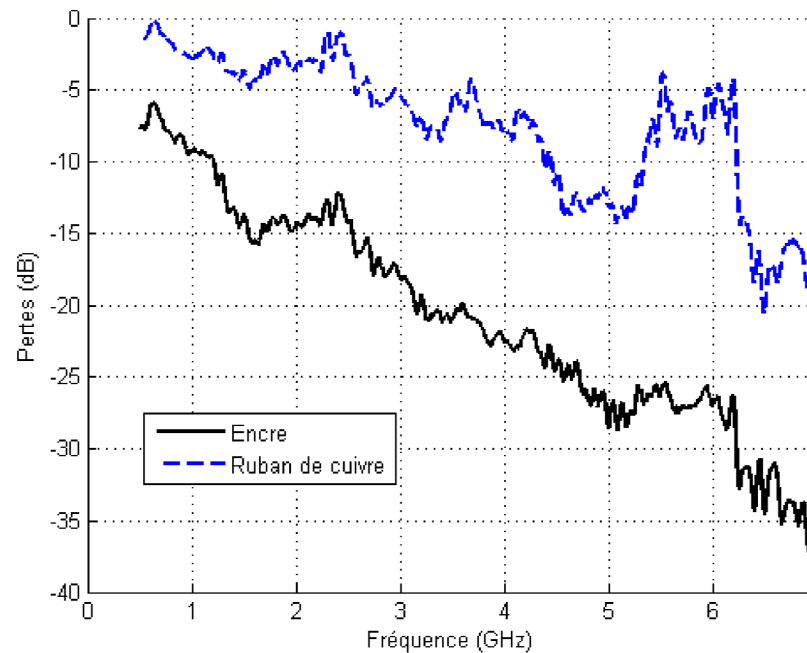
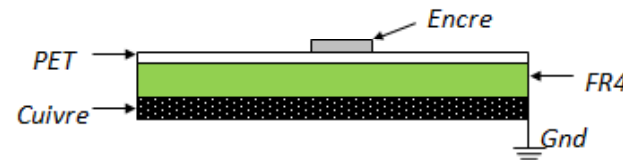
Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

- Comparaison des lignes de transmission en cuivre et imprimée



Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

III. Fabrication d'une antenne par jet de matière

1. Présentation du procédé
2. Mesure de la conductivité des pistes
3. **Réalisation d'un TAG RFID UHF passif**

Tag RFID UHF passif imprimé

Conception

Caractérisation

Réalisation

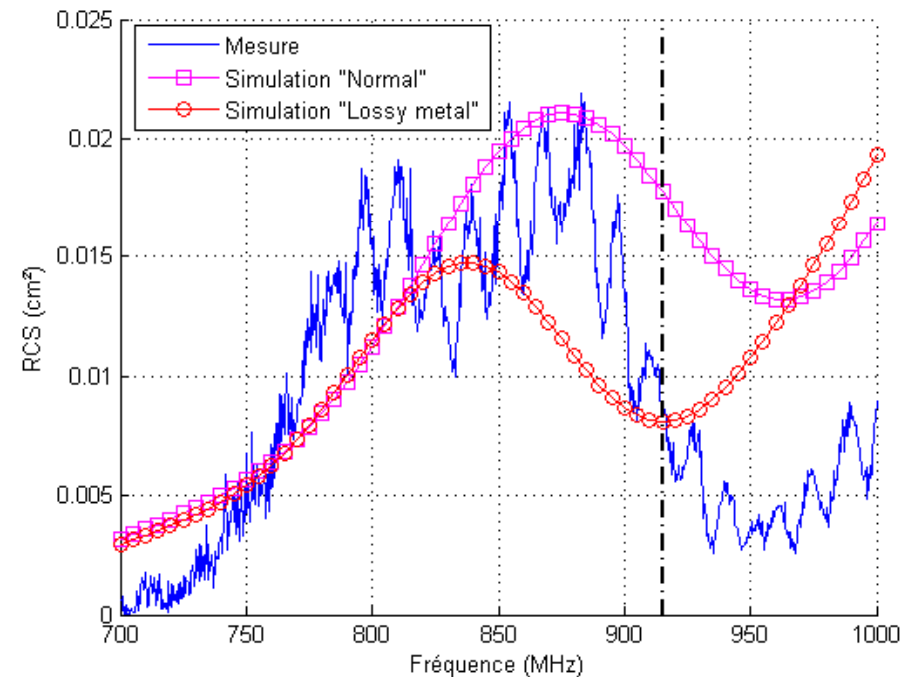
Optimisation

■ Prototype



■ Performances

- Distance de lecture
4 m (dans la bande US)
- Section radar



Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

IV. Amélioration possible : miniaturisation des antennes

Pourquoi miniaturiser ?

Conception

Caractérisation

Réalisation

Optimisation

- **Gain de place**
- **Moins de matières**
- **Plus rapide à fabriquer**
- **Coût réduit**

Les méthodes de miniaturisation

Conception

Caractérisation

Réalisation

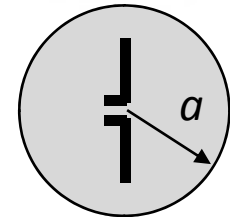
Optimisation

- **Substrat à forte permittivité** → **coût élevé**
- **Méta-matériaux** → **difficile à fabriquer**
- **Pré-fractale** → **nombre d'itérations limité**

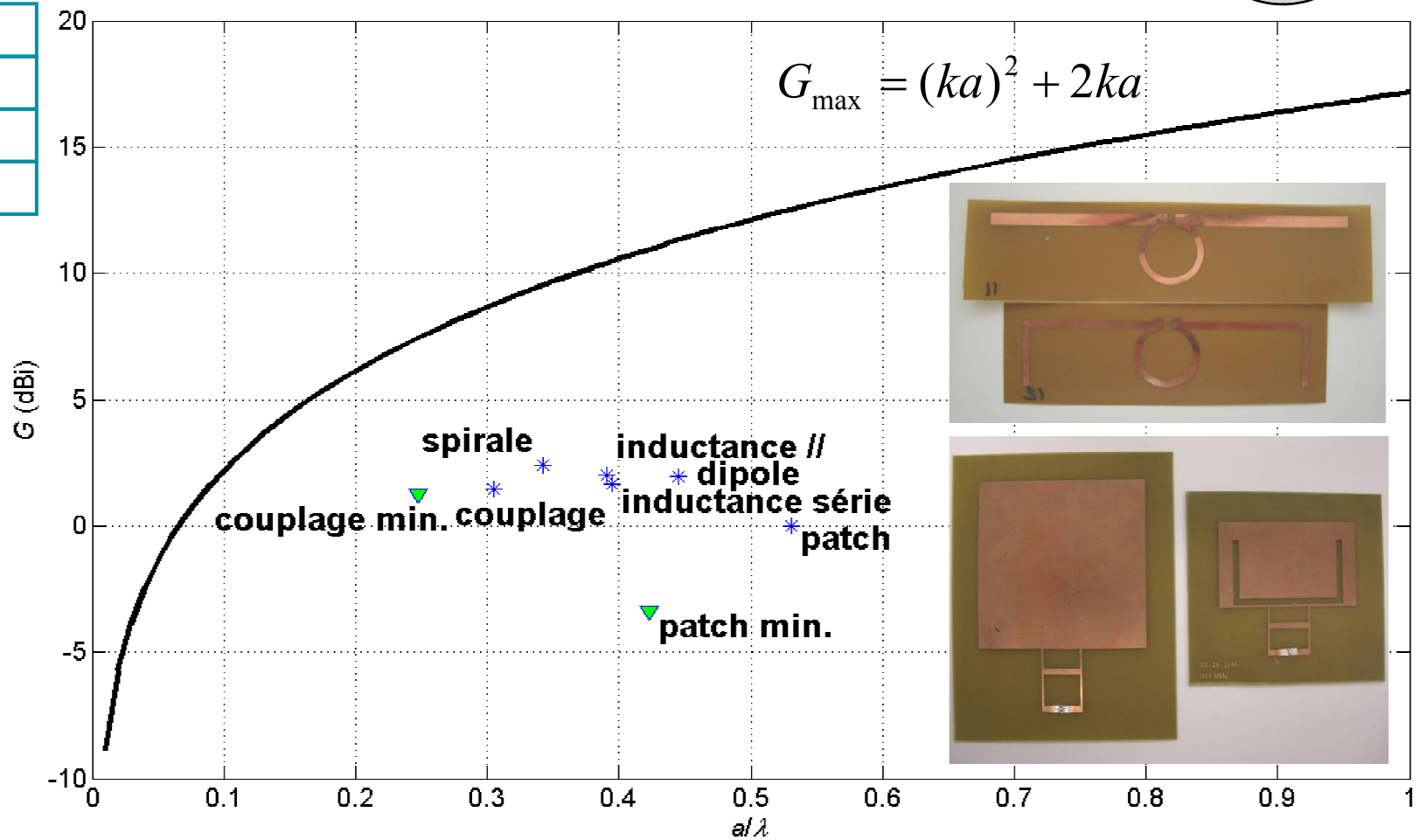
Méthodes adaptées au contexte RFID bas coût

- **Fentes et encoches**
 - **Repliement**
- } → **adaptées aux patchs**
- } → **adaptées aux dipôles**

Exemples



- Conception
- Caractérisation
- Réalisation
- Optimisation**



Conclusion et perspectives

Bilan : réalisation d'antennes de tags RFID

- **Méthodologie de conception**
- **Proposition de méthodes d'adaptation d'impédance**
- **Caractérisation**
- **Evaluation des performances**
- **Démonstration de la faisabilité de la fabrication par jet de matière**
- **Ouverture vers la miniaturisation**

Perspectives

- **Sur la conception d'antennes de tags RFID**
 - Conception d'antennes larges bandes et multi bandes
 - Développement d'algorithmes d'adaptation basé sur les techniques d'adaptation introduites pour la génération automatique d'antenne adaptée à un environnement
 - Mesure de la surface radar modulée (ΔSR)

- **Sur la réalisation par jet de matière**
 - Optimisation du procédé d'impression
 - Caractérisation des dépôts aux fréquences UHF afin de prendre en compte les effets de rugosité des supports d'impression



Merci de votre attention

