

# Antennes embarquées pour l'IoT

## Méthodologie et retours d'expériences

### AU PROGRAMME

- Une antenne ? C'est quoi au fait ?
- « Je veux une très bonne petite antenne ». Oui, mais...
- Comment intégrer une antenne dans un produit ?
- Etudes de cas : quelques erreurs à éviter...
- Une méthodologie pour s'en sortir
- Questions / réponses en direct

**aLciom**

**Robert Lacoste**  
R&D Consultant  
Trainer / Mentor



## France Innovation (by ASRC) fédère

- Les entreprises innovantes réalisant des prestations de recherche et de développement technologique ;
- Les entreprises proposant des produits, procédés ou services innovants ;
- Les entreprises de type sous traitance industrielle ;
- Les entreprises du conseil et de l'accompagnement de l'innovation, etc.

Dans le cadre de sa plateforme communautaire France Innovation, **investisseurs, collectivités/clusters, etc ou encore organismes de recherche** sont acceptés.

**Représentation** à double sens

**Information** Newsletters, Webinaires

**Mises en lumière** Annuaire, Magazine 360°R&D  
et réseaux sociaux, Webinaires, etc.

**Mises en relation** Recherches de compétences,  
Plateforme communautaire, France Innovation Meetings, etc.

**+820** membres avec fiche active

**+7 000** inscrits à nos webinaires/an

**+28 000** contacts

**+2 200** mises en relation

| <i>Liste non exhaustive</i>  | MEMBRE DISCOVERY | MEMBRE PRO | MEMBRE PREMIUM |
|--|------------------|------------|----------------|
| Référencer la fiche profil de votre entreprise   | ✓                | ✓          | ✓              |
| Utiliser le logo membre France Innovation  | ✓                | ✓          | ✓              |
| Participer aux consultations pour forger les positions de l'Association                                  | ✓                | ✓          | ✓              |
| Accepter ou refuser des rendez-vous de membres ( <a href="#">plateforme communautaire</a> )              | ✓                | ✓          | ✓              |
| Solliciter des rendez-vous aux autres membres ( <a href="#">plateforme communautaire</a> )               | ✗                | ✓          | ✓              |
| Diffuser des recherches de compétences   | ✓                | ✓          | ✓              |
| Répondre à des recherches de compétences   | ✗                | ✓          | ✓              |
| Participer à des webinaires  | ✓                | ✓          | ✓              |
| Organiser un webinaire   | ✗                | ✗          | ✓              |
| Diffuser du contenu  | ✗                | ✗          | ✓              |
| Tarifs préférentiels sur des évènements partenaires  | ✗                | ✓          | ✓              |
| Tarifs préférentiels (20 à 40% de remise) pour les évènements <a href="#">France Innovation Meetings</a> | ✗                | ✓          | ✓              |

# Au service des entreprises innovantes.

France Innovation est une association professionnelle qui fédère **les prestataires privés de recherche et de développement technologique, les entreprises proposant des produits, procédés ou services innovants** et les acteurs du **conseil et de l'accompagnement en innovation.**

Vous recherchez une expertise R&D&I ?

Parcourez l'annuaire des membres ou contactez-nous.

Trouver une expertise

## CHIFFRES CLÉS

400 membres  
+ de 600 mises en relation par an

## UN RÉSEAU NATIONAL

- Porter **une vision commune** (prise de position sur le **Crédit Impôt Recherche**, le Transfert de technologies, le financement des projets nationaux et européens, etc.)

Vous souhaitez valoriser votre savoir-faire ?

Rejoignez France Innovation

Comment adhérer ?



✓ Mots clés

✓ Structure

✓ Compétences & Expertises

Sélectionner

✓ Domaines d'application

✓ Localisation

num dpt, ville

🕒 Triez par pertinence ou par ordre alphabétique

(779)

TRIER PAR

A-Z

Derniers inscrits



Typhoon HIL est un leader du marché de la technologie de simulation ultra-haute fidélité C...

<http://www.typhoon-hil.com>

[Voir la page profil](#)

 DEMANDER UN RDV

Start-up/PME de ≤ 5 salariés



Graines de Conseil  
Ingénierie Financière

Depuis 2016, nous accompagnons les entrepreneurs (+200 entreprises différentes,...

<http://www.grainesdeconseil.fr>

[Voir la page profil](#)

 DEMANDER UN RDV

Start-up/PME de ≤ 5 salariés



Atlantic Bone Screen est une CRO préclinique spécialisée dans le domaine des maladies...

<http://www.atlantic-bone-screen.com>

[Voir la page profil](#)

 DEMANDER UN RDV

PME



decade





France  
Innovation

# MEETINGS

Les RDV d'affaires des entreprises innovantes

## Les participants 2024 :

**92%** ont identifié de nouveaux partenaires sur nos événements

**91%** envisagent de participer à nouveau à un événement France Innovation Meetings

**95%** sont satisfaits de la qualité des échanges obtenus lors de leurs rendez-vous

**97%** sont satisfaits du suivi effectué par l'équipe organisatrice

[www.france-innovation-meetings.fr](http://www.france-innovation-meetings.fr)



**FRANCE INNOVATION MEETINGS**  
**MANUFACTURING, MATERIALS & ENERGY**

• 03 juillet 2025



**FRANCE INNOVATION MEETINGS**  
**SANTÉ & COSMÉTIQUE**

• 30 septembre 2025



**FRANCE INNOVATION MEETINGS**  
**DEFENSE, SECURITY & AERO**

• 11 décembre 2025





*Attention, de nouveaux webinaires peuvent venir s'intercaler entre les dates ci-dessous*

<https://www.france-innovation.fr/webinaire/>

13 mars : Comment intégrer l'Intelligence Artificielle dans les métiers de la Chimie ? (Mayfair Village)

26 mars : Les interviews : l'étape 3 de l'Accélérateur EIC – Horizon Europe

4 avril : Le programme européen LIFE : Quelles opportunités pour les entreprises ?

6 mai : Candidatez à l'Accélérateur EIC – Horizon Europe | Focus étape 1 « short application »

18 juin : Candidatez à l'Accélérateur EIC – Horizon Europe | Focus étape 2 « full application »

[www.france-innovation.fr](http://www.france-innovation.fr)

[contact@france-innovation.fr](mailto:contact@france-innovation.fr)

LinkedIn

<https://fr.linkedin.com/company/france-innovation>



## Antennes embarquées pour l'IoT : Méthodologie et retours d'expériences



Robert LACOSTE / ALCIOM - [rlacoste@alciom.com](mailto:rlacoste@alciom.com)

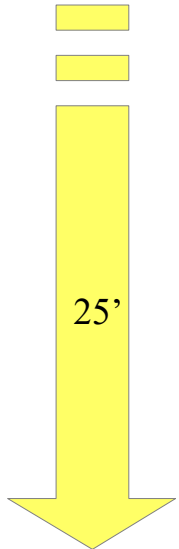
13 mars 2025 11h00 - 12h00

# Introduction

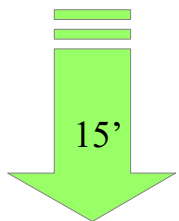
## Agenda



- ◆ Rapide présentation d'Alciom
- ◆ Deux mots sur Alciom Academy



- ◆ Objectifs de ce webinaire
- ◆ Une antenne, c'est quoi en fait ?
- ◆ « Je veux une très bonne petite antenne ! »
- ◆ Comment intégrer une antenne dans un produit ?
- ◆ Etudes de cas : quelques erreurs à éviter...
- ◆ Une méthodologie pour s'en sortir



- ◆ Questions / Réponses

# Introduction

## Rapide présentation d'Alciom

# alciom

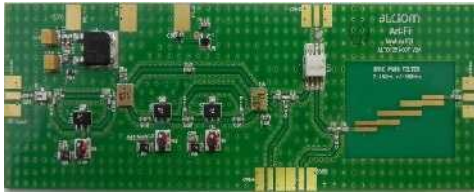
- ◆ Conseil, R&D sous contrat et études amont en électronique
- ◆ Spécialistes des radiofréquences et signaux mixtes :



Emetteurs/récepteurs RF  
Antennes embarquées  
Hyper-fréquences

Acquisition de signaux  
Électronique rapide  
Traitement du signal

IoT et objets connectés  
Capteurs intégrés  
Ultra-basse consommation



- ◆ Experts certifiés par ADI, TI, Microchip, Cypress, Xilinx
- ◆ Labellisés SRC, accrédités Crédit Impôt Recherche & CII
- ◆ 200 clients depuis 2003, 60% grands comptes / 40 % startups & PME
- ◆ 15 prix internationaux, 10p, CA 2M€, Viroflay



# Introduction

## Alciom Academy



110- Comprendre et utiliser BLE - V4.2 à 5.2



111- Comprendre et utiliser LoRa/LoRaWAN



112- Comprendre et utiliser NB-IoT



113- Comprendre et utiliser Wize



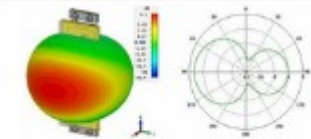
100- IoT : Synthèse pour décideurs



201- Antennes niveau 1



202- Antennes niveau 2 (optimisation / mesure)



203- Antennes niveau 3 (conception)



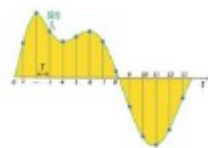
301- RF niveau 1



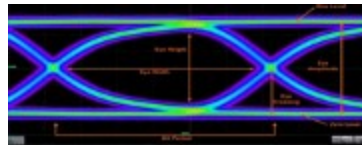
302- RF niveau 2 (transceivers intégrés)



303- RF niveau 3 (introduction SDR)



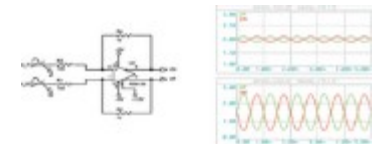
401- Le traitement du signal sans stress



402- Les interfaces numériques rapides



501- Piles, batteries et alimentations



502- Amplificateurs opérationnels et filtres

# Introduction

## Objectifs de ce webinaire

- ◆ Choix et intégration d'une antenne : Source de nombreux déboires
- ◆ Domaine souvent perçu, à tort, comme de la magie noire...
- ◆ Et re-conceptions souvent lourdes si mauvais choix initiaux



- ◆ Un webinaire pour comprendre la problématique... et éviter quelques erreurs !

# Une antenne, c'est quoi en fait ?

## La problématique

- ♦ Antenne = Souvent la partie la plus complexe d'un produit sans fil...
- ♦ Plusieurs aspects interdépendants :



Technologie, coût, dimensions

Performances intrinsèques  
(diagramme de rayonnement, efficacité,...)

Polarisation du champ

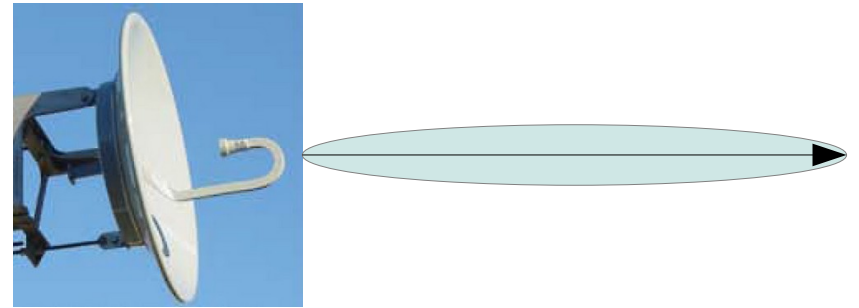
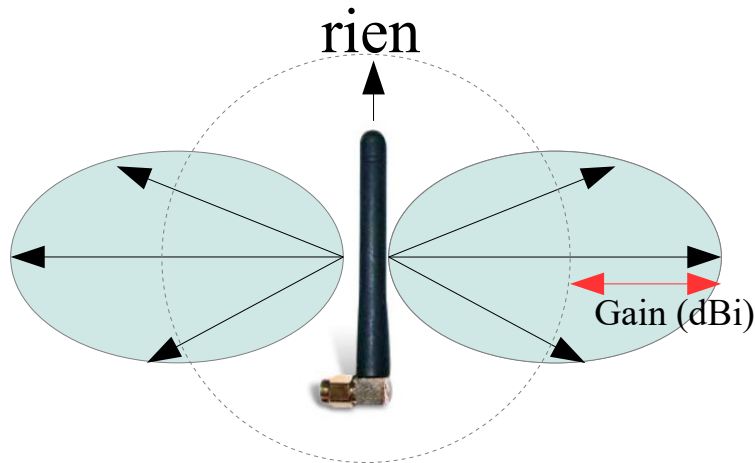
Impact de l'environnement

Caractéristiques électriques  
(impédance, largeur de bande,...)

# Une antenne, c'est quoi en fait ?

## Notion de gain d'une antenne

- ◆ Une antenne émet (et reçoit) plus ou moins bien selon la direction

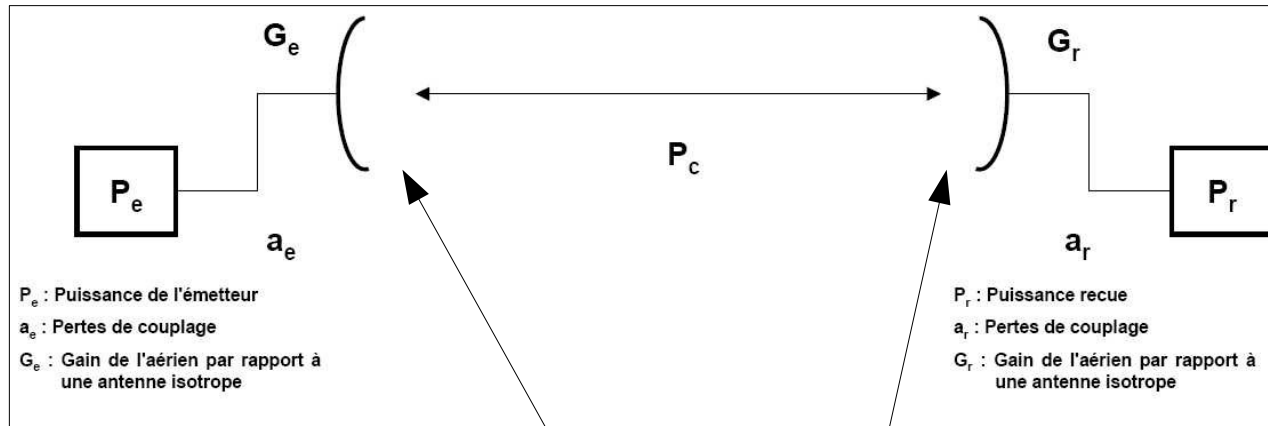


- ◆ Gain dans la direction la meilleure (vs isotropie) = « gain » de l'antenne
- ◆ « Gain fort » = antenne très directive, pas toujours souhaitable
- ◆ (l'antenne ne crée pas d'énergie, elle la focalise...)
- ◆ Toute antenne a au moins une direction où elle n'émet rien ! (cf boule chevelue)
- ◆ Efficacité = somme (intégrale) des gains (0 à 100%)

# Une antenne, c'est quoi en fait ?

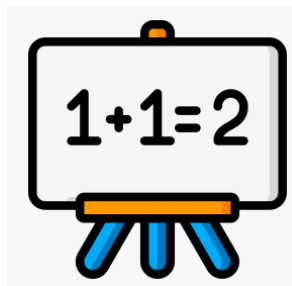
## Bilan de liaison

- Gain des antennes = Impact direct sur le bilan de liaison



$$P_{recu} = P_{émis} - A_e + G_e \text{ (dBi)} - P_c \text{ (dB)} + G_r \text{ (dBi)} - A_r$$

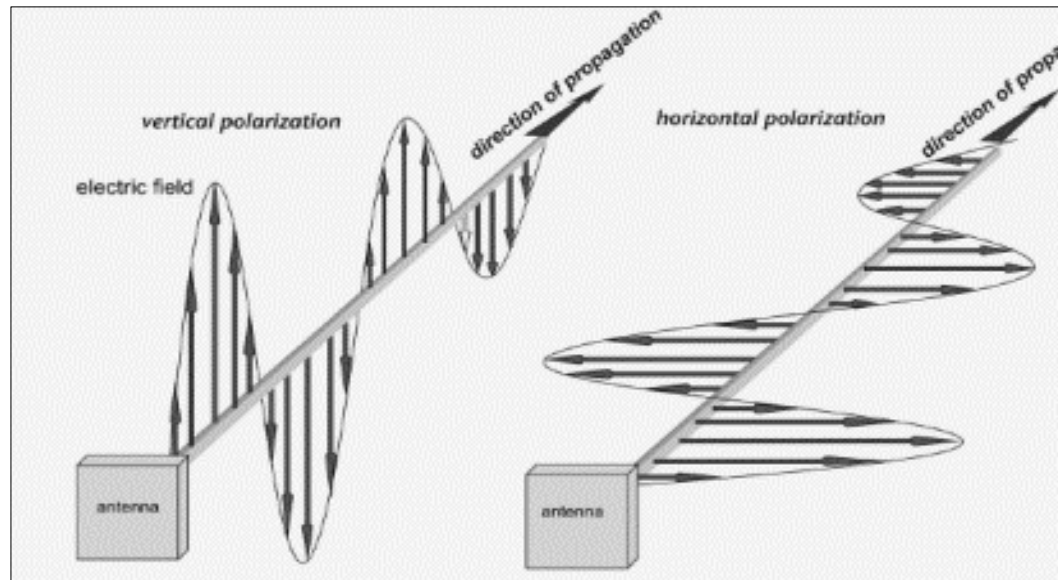
- 3dB de gain perdu de part et d'autre = -6dB = **Portée divisée par 2 !**
- ... et perdre 3dB est facile !



# Une antenne, c'est quoi en fait ?

## Notion de polarisation

- ◆ Onde émise ou reçue par une antenne en général à polarisation plane :



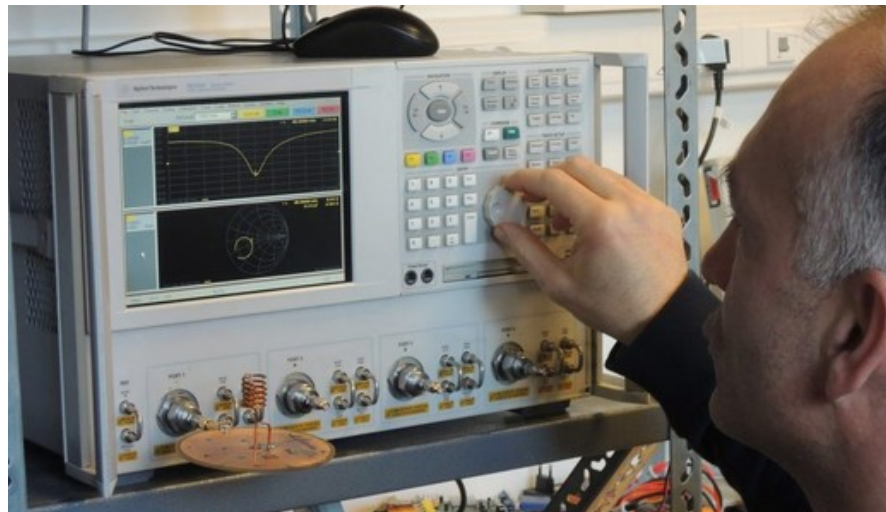
- ◆ D'où perte de 0 à 100 % selon orientation des antennes...
- ◆ Indépendant du diagramme de rayonnement, c'est juste un autre soucis...
- ◆ Plus complexe dès qu'il y a des réflexions



# Une antenne, c'est quoi en fait ?

## Notion d'adaptation d'impédance

- Sur le plan électrique, antenne = **impédance fonction de la fréquence**
- Fonction de l'antenne mais aussi de l'environnement proche (boîtier, etc)
- L'antenne et l'électronique doivent être **adaptées en impédance** sur la plage de fréquence de travail, sinon pertes très importantes



- En règle général, impédance mesurée sur les prototypes et compensée

# «Je veux une très bonne petite antenne ! »

Pourquoi on ne peut pas vous rendre heureux ?

- Une antenne ne peut pas être à la fois :

Petite  
et Efficace  
et Large bande

- Donc une antenne est :
- soit (un peu) **grande**,
- soit **pas efficace** (gain souvent mauvais partout...),
- soit bande étroite (plage de fréquence restreinte, donc **facilement désadaptée** par l'environnement)
- ... soit, en pratique, un peu les 3 à la fois !

$$Q = \frac{1}{(ka)^3} + \frac{1}{ka}$$
$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

extended Chu-Wheeler criterion

A=radius sphere

Q=quality factor (freq/bandwidth)

  
Assiette de fromage  
ou  
Chocolat / Café / Shochu  
ou  
Citron / Meringue / Menthe  
ou  
Litchi / Coco / Banane



# Comment intégrer une antenne dans un produit ?

## La taille de l'antenne

- ◆ Taille « naturelle » d'une antenne fonction de la longueur d'onde
- ◆ Tenter de s'en rapprocher... :

| Fréquence (MHz) | Longueur d'onde (m) | Taille antenne monopole |
|-----------------|---------------------|-------------------------|
| 169             | 1,78 m              | 44,38 cm                |
| 433             | 0,69 m              | 17,32 cm                |
| 868             | 0,35 m              | 8,64 cm                 |
| 2400            | 0,13 m              | 3,13 cm                 |

- ◆ Plus on s'éloigne de cette dimension naturelle et plus grands sont les soucis

Record. Il s'apprête à traverser l'Atlantique sur un minuscule voilier de... 1 mètre



Son minuscule voilier de 1 mètre menace de couler, le skipper stoppe sa traversée de l'Atlantique

Le skipper anglais Andrew Bedwell qui tentait de battre le record du monde de la traversée de l'Atlantique sur le plus petit voilier a été contraint à l'abandon quelques minutes après son départ de Terre-Neuve, au Canada.

# Comment intégrer une antenne dans un produit ?

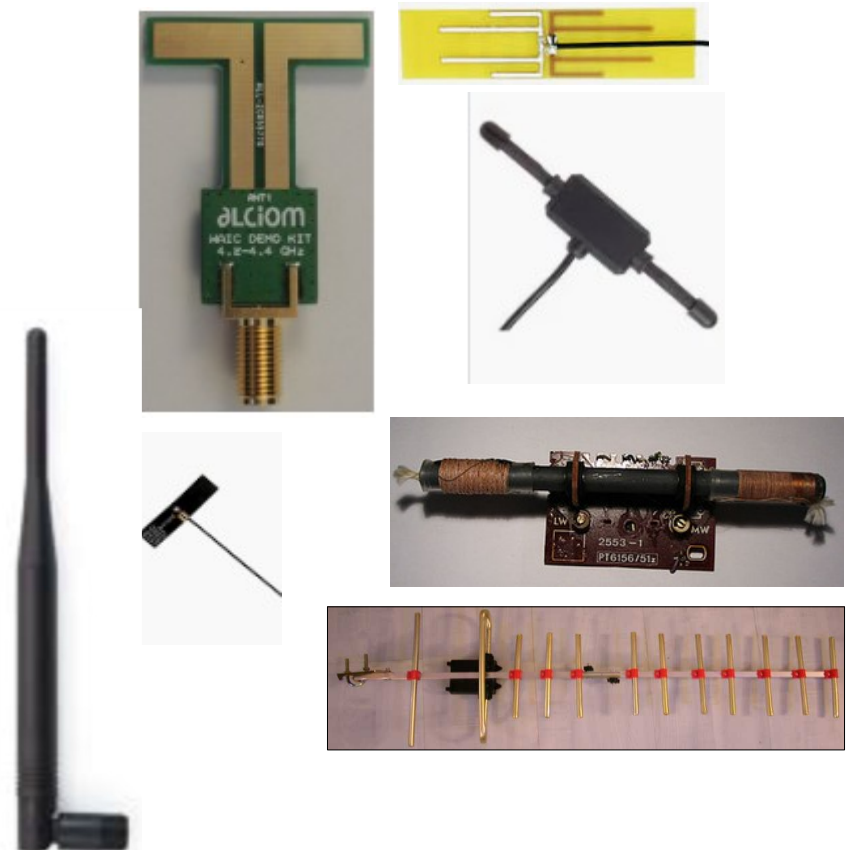
## Les deux grandes classes de topologies

- ◆ Deux grandes familles d'antennes, à ne surtout pas confondre :

Celles qui ont **impérativement besoin d'un plan de masse** (« monopoles »)



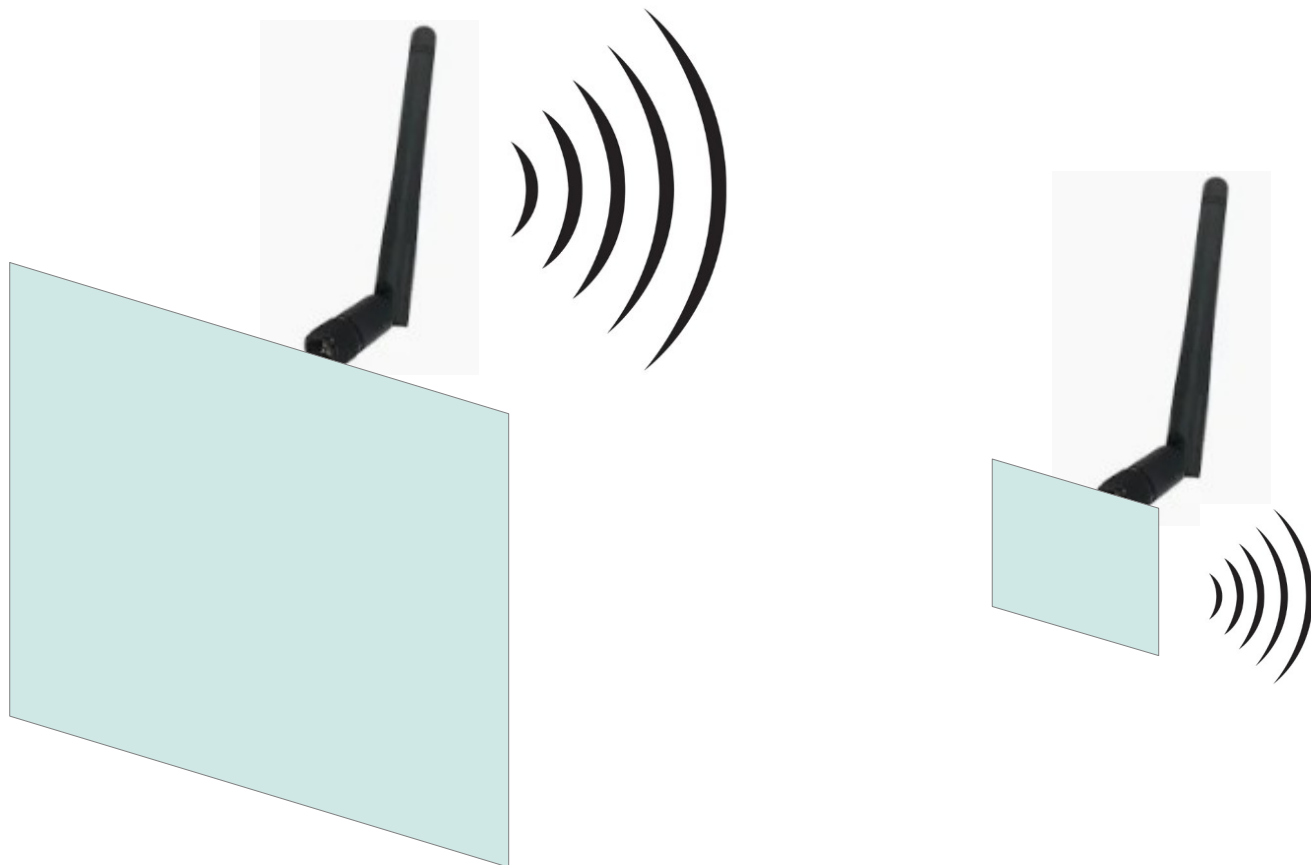
Celles pour qui un plan de masse est... **impérativement à éviter** (« dipôles »)



# Comment intégrer une antenne dans un produit ?

## Les deux grandes classes de topologies

- ◆ Monopoles : Attention à la taille du plan de masse (fonction de la fréquence)
- ◆ Si trop petit, c'est le plan de masse qui fait office de (mauvaise) antenne !



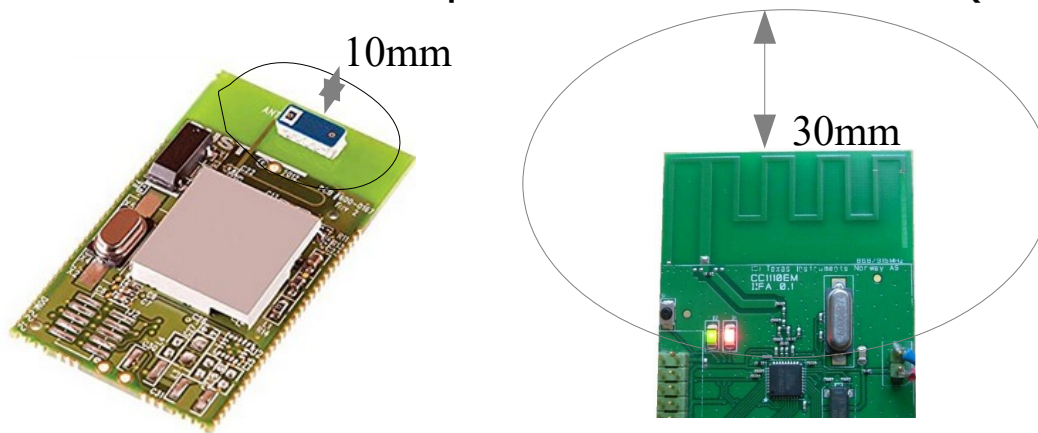
# Comment intégrer une antenne dans un produit ?

## L'environnement de l'antenne

- Une antenne n'est pas « que » l'antenne mais l'antenne dans le produit

L'antenne doit être conçue puis adaptée en tenant compte de tout ce qui est dans sa zone dite de champ proche

- Critère rapide : même distance que la taille de l'antenne (ou  $\frac{1}{4}$  longueur d'onde)



- Tout matériau, même non conducteur, dans cette zone impacte l'antenne
- D'autant plus sensible que l'antenne est petite (céramiques...)
- Le plus important : l'environnement proche doit rester stable et connu



# Etudes de cas

## Quelques erreurs à éviter...

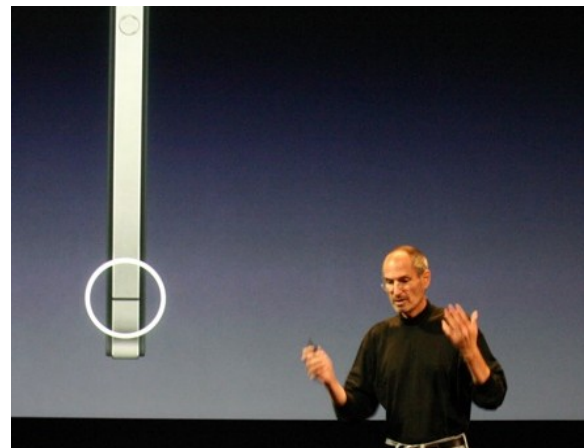
Antennagate is finally, officially, sort of over now.

iPhone 4 owners will be rewarded \$15 cash or a suitable case following a ruling in a class-action lawsuit against Apple, CNET reports.

The lawsuit said Apple hid the iPhone 4's antenna problems from customers in marketing materials and other promotional items.



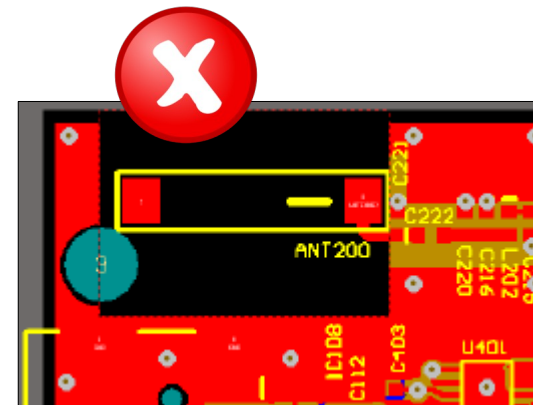
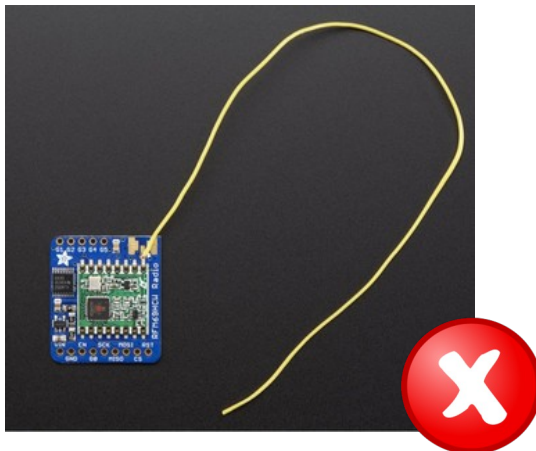
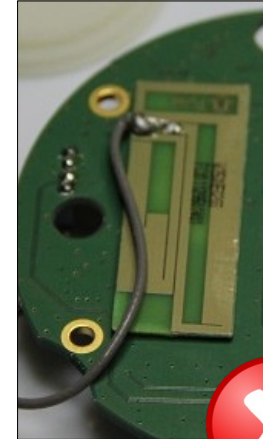
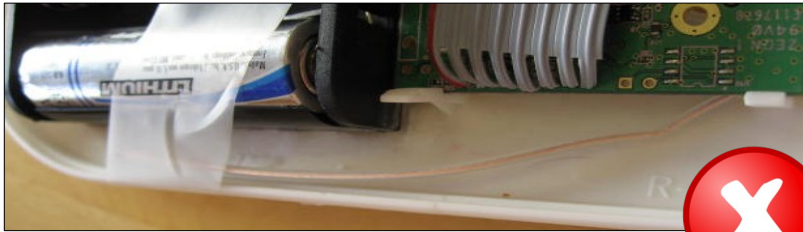
## Antennagate cost Apple 20% of sales



# Etudes de cas

## Quelques erreurs à éviter...

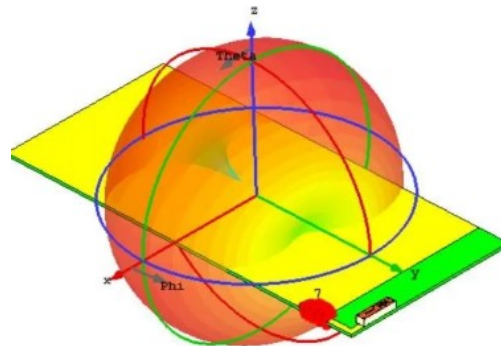
- On peut très facilement perdre 99 % de l'énergie avec une antenne mal conçue ou mal intégrée...



# Une méthodologie pour s'en sortir

## Les grandes étapes (1/5)

- ♦ **Anticiper** : Penser antenne dès le design préliminaire (équipe pluridisciplinaire)
- ♦ Prévoir **la plus grande zone réservée possible** pour l'antenne
- ♦ Mais se rappeler que le **plan de masse** est aussi important (monopoles)
- ♦ **Maîtriser** les cotes mécaniques, même pour les boîtiers plastique
- ♦ Bien réfléchir à la topologie de l'antenne et à son diagramme de rayonnement.. qui n'est pas forcément évident



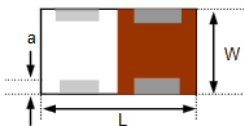
# Une méthodologie pour s'en sortir

## Les grandes étapes (2/5)

- ❖ Ne **jamais** copier/coller un design d'antenne sans le comprendre...
- ❖ Se méfier des toutes petites antennes (beaucoup plus complexes à intégrer...)
- ❖ Toujours prendre la plus grande antenne possible...

Ultra-Miniature 2.4GHz Chip antenna 0.37mm max Thickness P/N 2450AT07A0100  
Detail Specification: 10/12/2020 Page 1 of 5

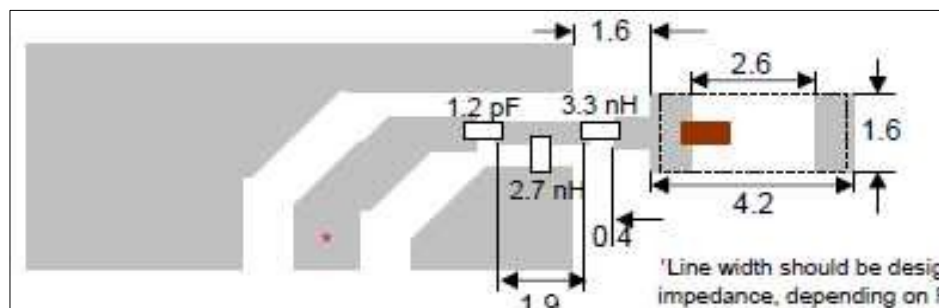
| Mechanical Dimensions |                    |                 |
|-----------------------|--------------------|-----------------|
|                       | In                 | mm              |
| L                     | 0.039 ± 0.004      | 1.00 ± 0.10     |
| W                     | 0.020 ± 0.004      | 0.50 ± 0.10     |
| T                     | 0.014 max          | 0.37 max        |
| a                     | 0.006 +.004/-0.006 | 0.15 +0.1/-0.05 |
| b                     | 0.010 +.004/-0.006 | 0.25 +0.1/-0.05 |
| c                     | 0.003 +.004/-0.006 | 0.08 +0.1/-0.05 |



|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Peak Gain (dBi typ.)    | 1.0 (XZ-Total)  |
| Average Gain (dBi typ.) | -1.5 (XZ-Total) |



- ❖ Si duplication d'un design de référence, bien dupliquer **tout** (antenne, cotes, plan de masse, boîtier, etc)



# Une méthodologie pour s'en sortir

## Les grandes étapes (3/5)

- ◆ Pour les projets non triviaux, **simulation numérique** quasi impérative



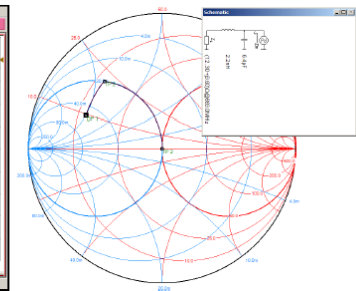
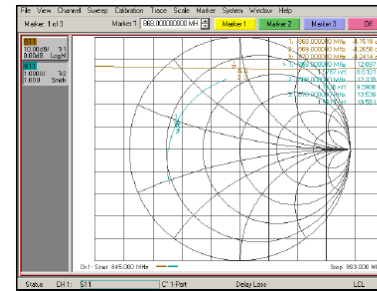
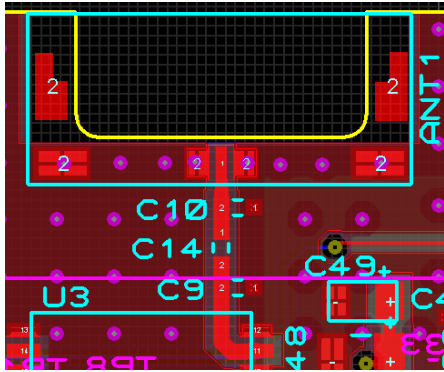
- ◆ En particulier : Antennes très compactes, antennes multibandes ou large bande, produits denses, environnements atypiques, fréquences élevées, etc



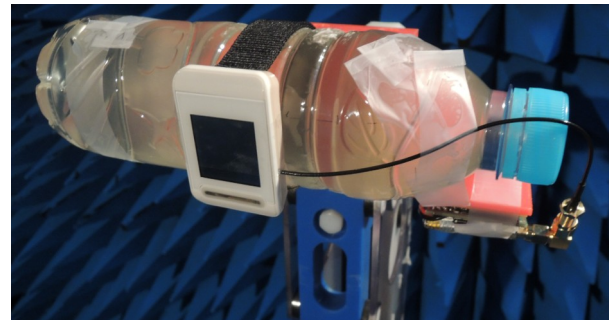
# Une méthodologie pour s'en sortir

## Les grandes étapes (4/5)

- ◆ Toujours prévoir un **réseau d'accord d'impédance**
- ◆ Toujours vérifier et/ou adapter l'impédance sur les premiers prototypes



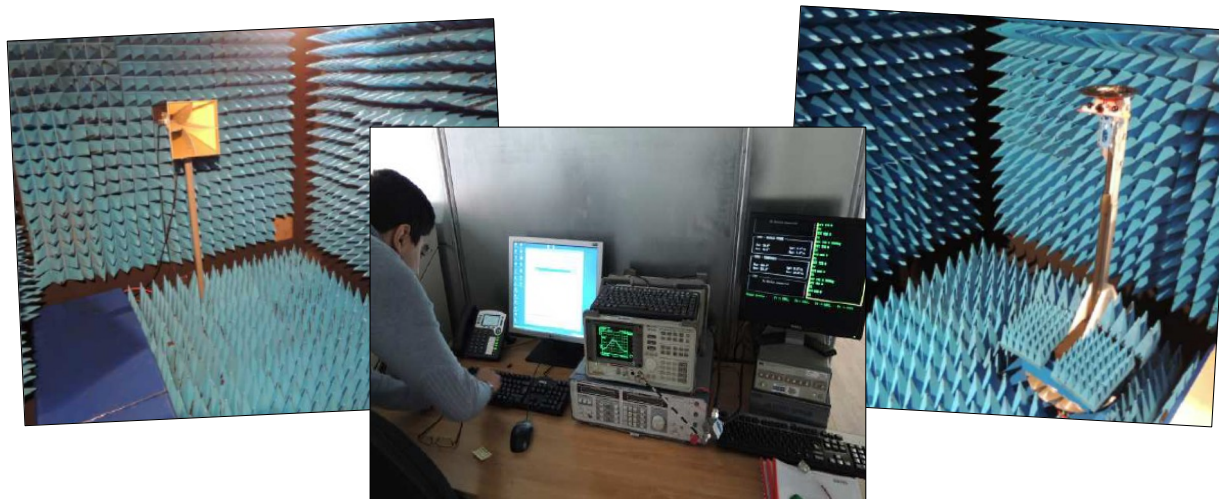
- ◆ Toujours faire les mesures avec le produit dans son **environnement cible**



# Une méthodologie pour s'en sortir

## Les grandes étapes (5/5)

- ◆ Toujours mesurer les performances de l'antenne résultante...

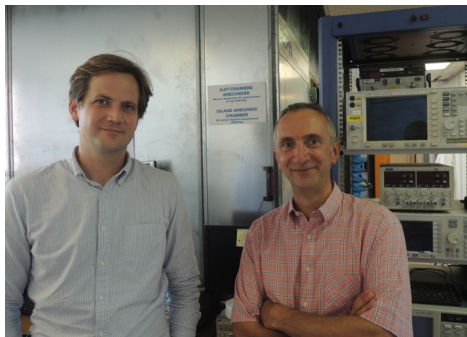


- ◆ Bien sûr les optimisations et vérifications d'antenne sont à faire avant les tests de conformité CE...
- ◆ Et se faire accompagner si besoin !





## Des questions ?



Robert Lacoste - Consultant R&D et formateur  
[rlacoste@alciom.com](mailto:rlacoste@alciom.com)

Thomas Demarne – Président  
[tdemarne@alciom.com](mailto:tdemarne@alciom.com)

ALCIOM - 3 Rue des Vignes – 78220 Viroflay  
01 4709 3051 (standard) - [www.alciom.com](http://www.alciom.com)