

## SOMMAIRE

### Conception

Chips ou Modules ?

Emetteurs

Récepteurs

Les antennes !!!

### Développement

Emetteurs

Récepteurs

### Validation & pré-qualif

Méthodologie

### Effort projet

Idées de budget

## CONCEPTION

### Chips ou Modules

**Modules pour des quantités < 1 à 5 kpcs**

Pas de mise au point RF

Support à la mise en œuvre & intégration d'antenne

Certaine assurance de conformité réglementaire

**Chips au-delà de 10 kpcs**

Plus forte compacité

Design qui « colle » à l'application

Meilleure pertinence économique

### CONCEPTION

#### Intégration schématique d'un émetteur

Ne consomme que lorsque ce que l'on s'en sert ...  
... mais consomme beaucoup en impulsionsnel !

- Typ de 10 à 750 mA (/ qq ms)

Par définition, un beau perturbateur RF

- Typ un champ E de 10 à 30 V/m à proximité

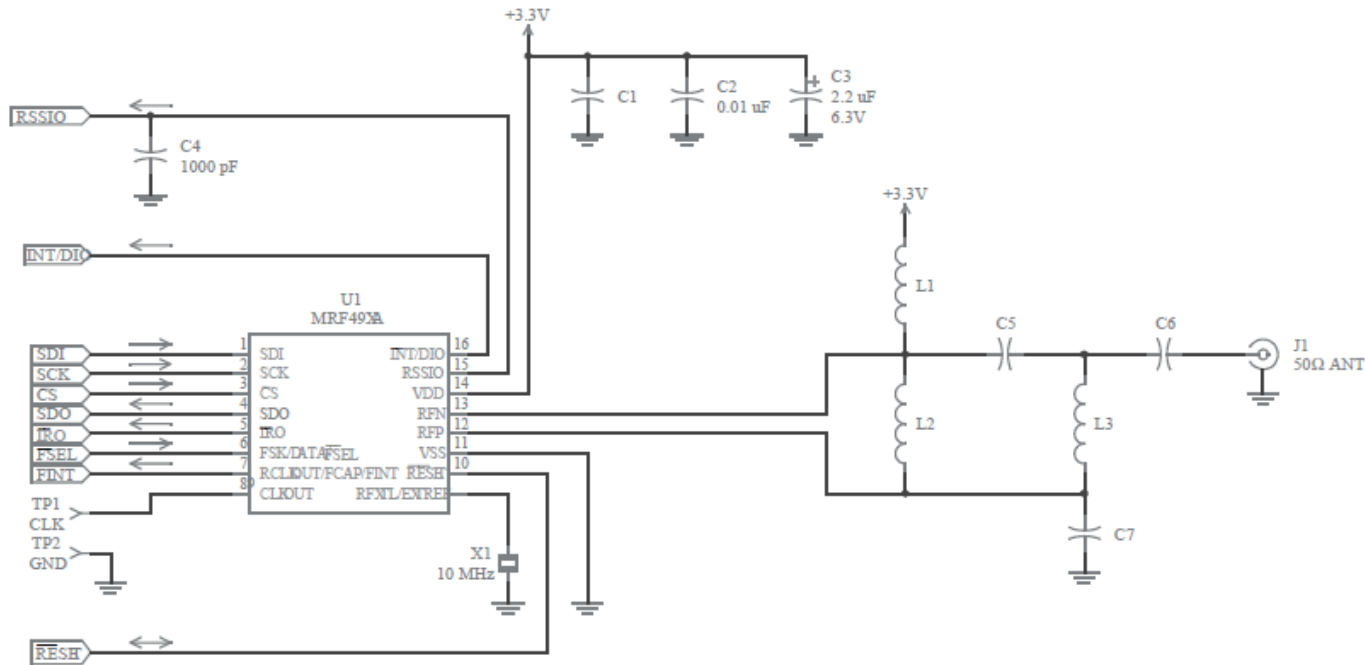
Privilégier les solutions intégrées avec « Packet Handler »

- Permet de minimiser le firmware associé

Attention au réglementaire présenté par les fabricants !!!

### CONCEPTION

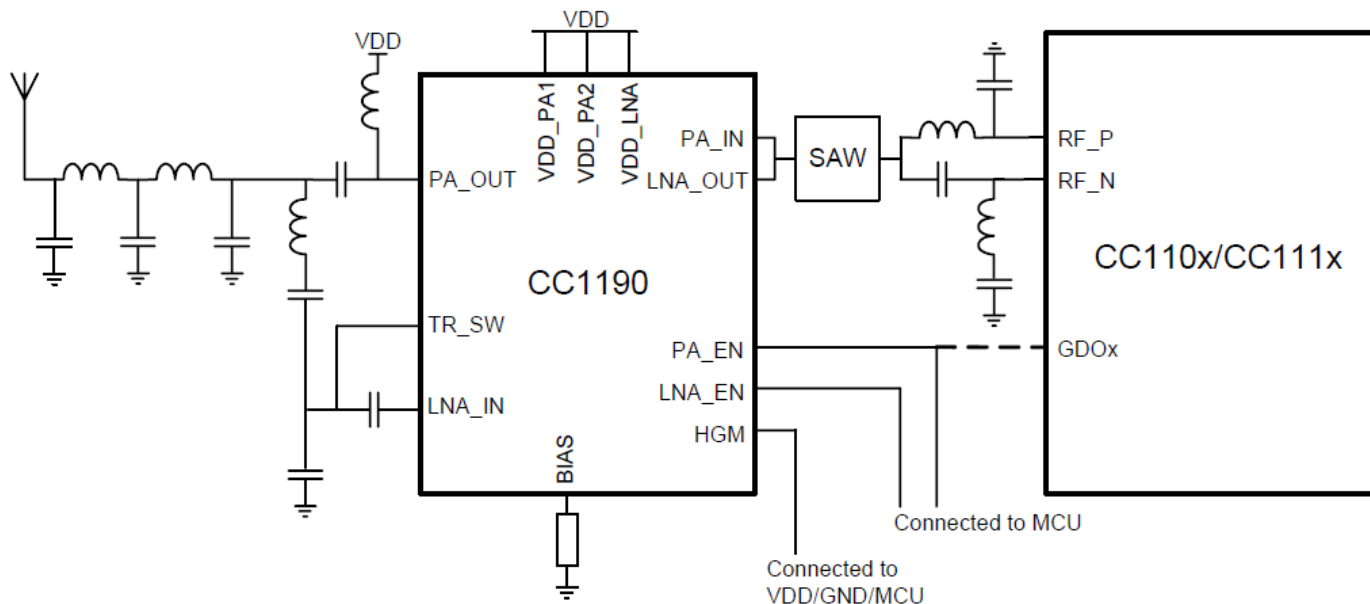
#### Intégration schématique d'un émetteur



Freq.	C1	L1	L2	L3	C5	C6	C7
433 MHz	220 pF	390 nH	33 nH	47 nH	2.7 pF	68 pF	5.1 pF
868 MHz	47 pF	100 nH	8.2 nH	22 nH	1.2 pF	27 pF	2.7 pF
915 MHz	33 pF	100 nH	8.2 nH	22 nH	1.2 pF	27 pF	2.7 pF

## CONCEPTION

### Intégration schématique d'un émetteur



**Figure 6.1. Simplified CC11xx-CC1190 Application Circuit**

## CONCEPTION

Intégration schématique d'un récepteur (... le dual de l'émetteur !)

Consomme tout le temps d'écoute !

- Typ de 8 à 50 mA

Par définition, sensible aux perturbations CEM

- Des niveaux de réception jusqu'à 30 nV !

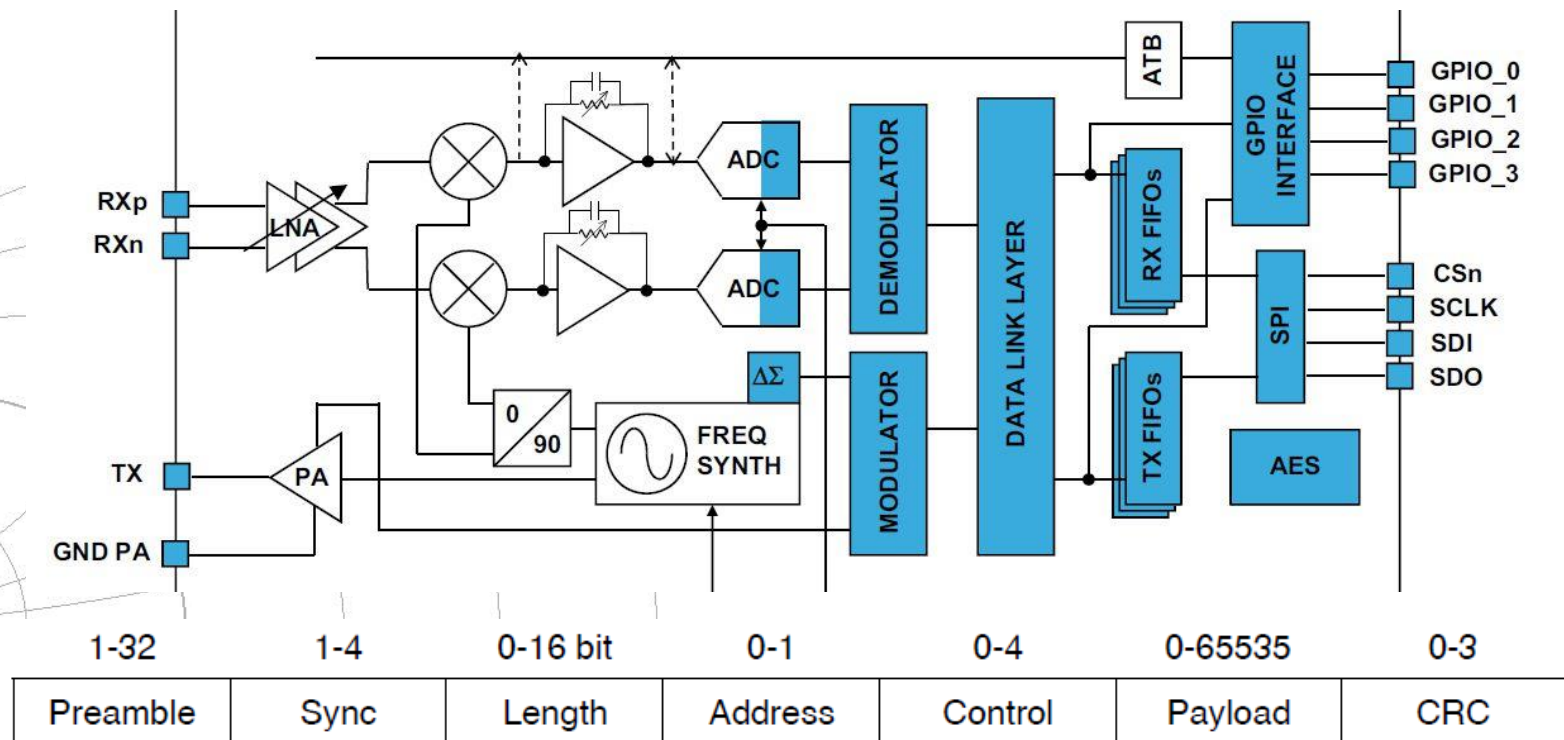
Privilégier également les « Packet Handler »

- Permet d'éviter des tâches fastidieuses au MCU

### CONCEPTION

#### Intégration schématique d'un récepteur

#### Le « Packet Handler »



## CONCEPTION

Les antennes ... dont personne ne veut ...

Élément essentiel pour un bon rayonnement

- Un élément « moyen » divise la portée par 3 !
- Non, ce n'est pas un « bout de fil »...

Par définition, sensible aux perturbations CEM

... impossible à protéger et qui nécessite du dégagement.

Possibilités de solutions intégrées ou imprimées

- Efficace = Design pointu / expert
- Solution chip = Économique en R&D mais « moyen » < GHz

## CONCEPTION

Les antennes intégrées ou imprimées

**Le quart de longueur d'onde dans l'air ne s'applique plus !!!**

Fil intégré (replié dans le boîtier)

- SubGiga : > 4 dB de perte

A faire examiner pour obtenir le meilleur accord !

Antenne imprimée

- SubGiga : > 4 à 6 dB de perte
- 2G45 / PiFa imprimée : > 3 dB de perte
- 2G45 / Chip ceram: > 0 dB de perte

Très dépendant de la structure de la masse

## DEVELOPPEMENT (CAO PCB)

### Intégration d'un émetteur

Les capa de découplage au plus près / réglementaire

- Réservoir d'énergie local
- Toutes doublées d'une 22p (2G45) à 68p (434M)

Tous les liens RF au plus court

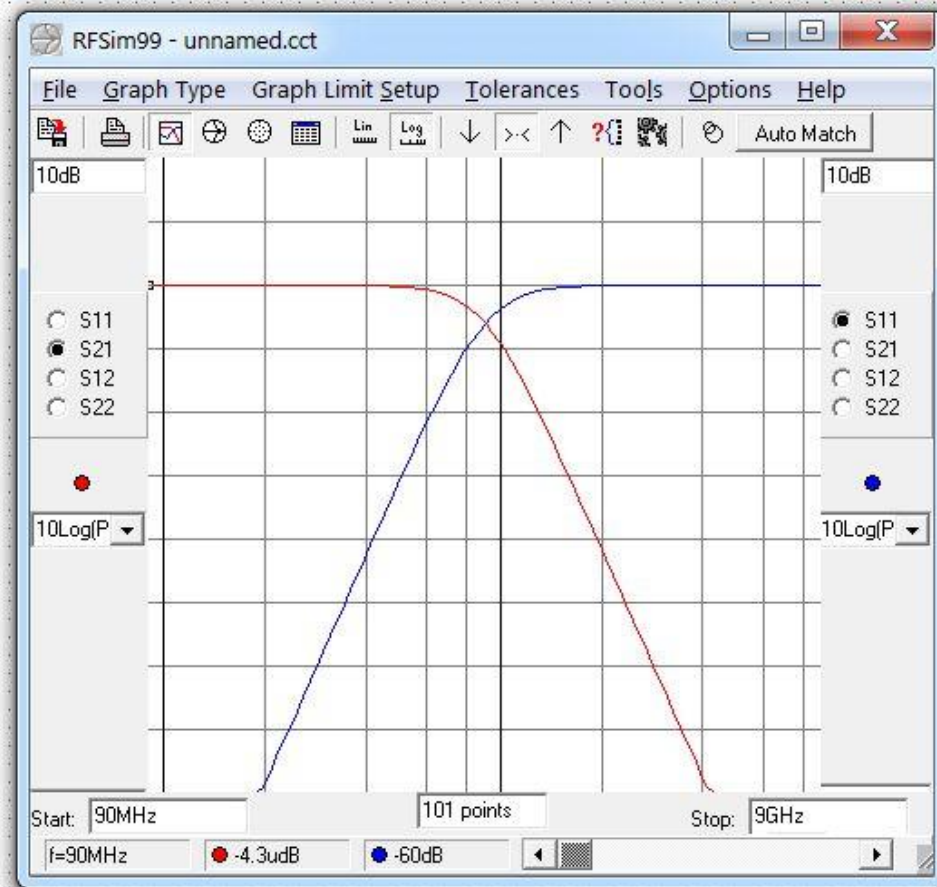
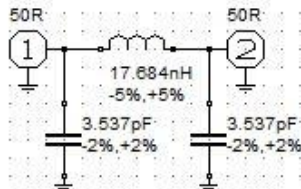
- $1 \text{ cm} = 10 \text{ nH} = 54 \Omega @ 868 \text{ MHz}$
- Placer des 1k série sur les accès numériques
- Mettre des perles typ TDK MPZ1608... / alims

Un plan de masse irréprochable

- Ce qui ne veut pas dire continu, si « tricoté »
- 1 masse = 1 via !!!

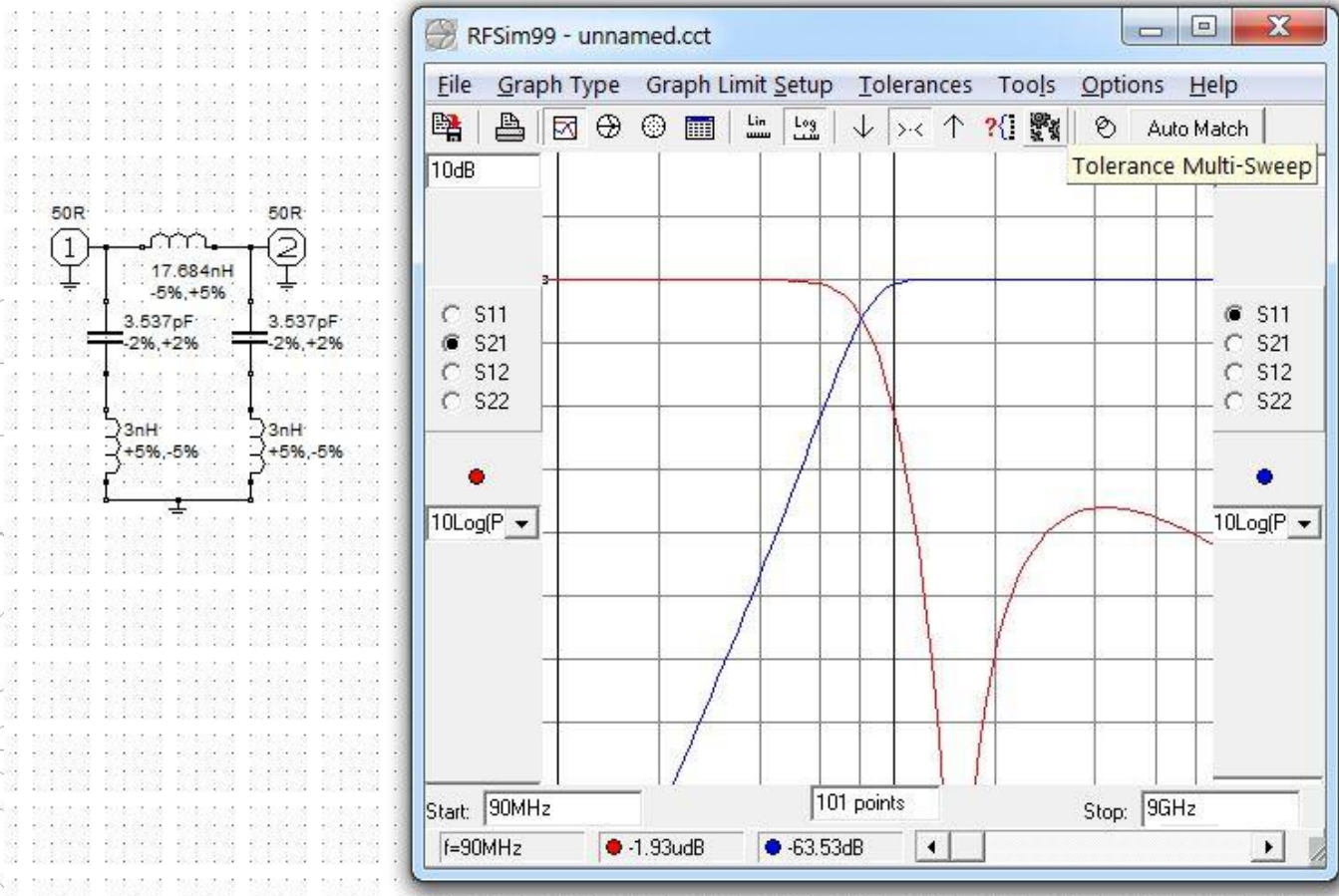
### DEVELOPPEMENT (CAO PCB)

Une masse = un via !



### DEVELOPPEMENT (CAO PCB)

Une masse = un via !



## DEVELOPPEMENT (CAO PCB)

### Intégration d'un récepteur

Les capa de découplage au plus près / fonctionnel

- Toutes doublées d'une 22p (2G45) à 68p (434M)
- Attention au DC/DC en RF ... et IF !!!

Tous les liens RF au plus court

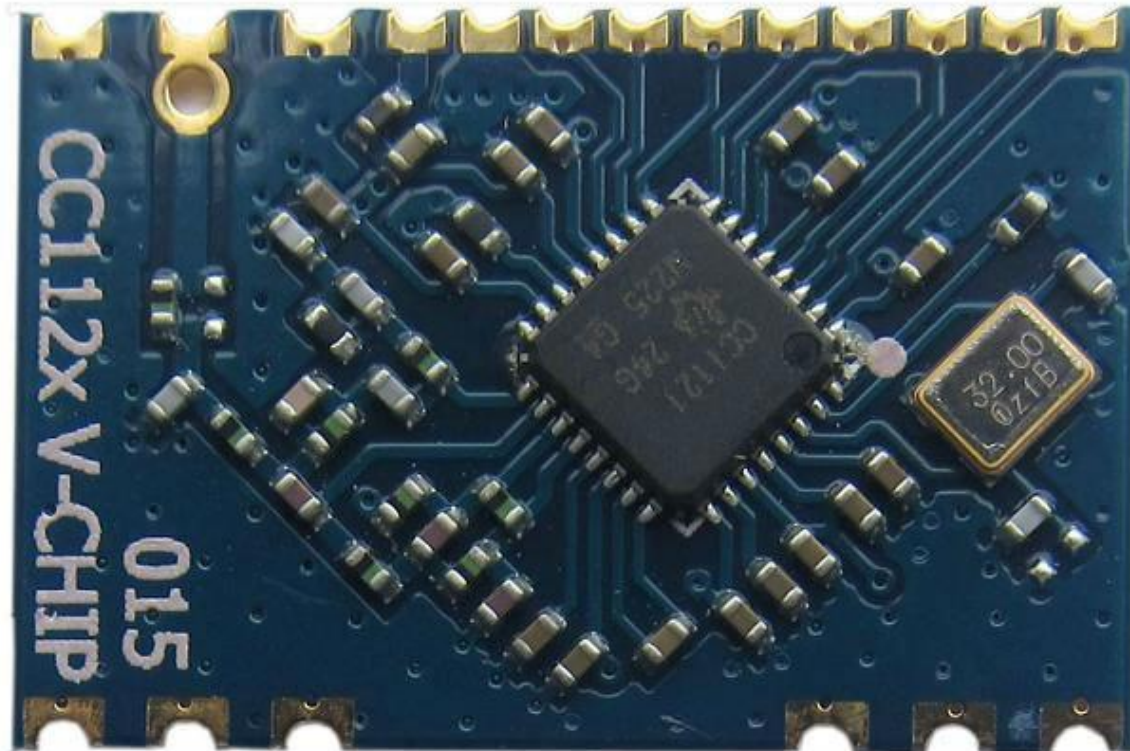
- Utiliser des lignes 50  $\Omega$  si  $> 10$  mm
- Un blindage ne vaut pas grand chose

Un plan de masse encore plus irréprochable

- Éviter le commun avec du numérique rapide
- 1 masse = 1 via !!!

## DEVELOPPEMENT (CAO PCB)

### Intégration d'un récepteur



## VALIDATION

### Fonction émission

L'instrument de base est l'Analyseur de Spectre :

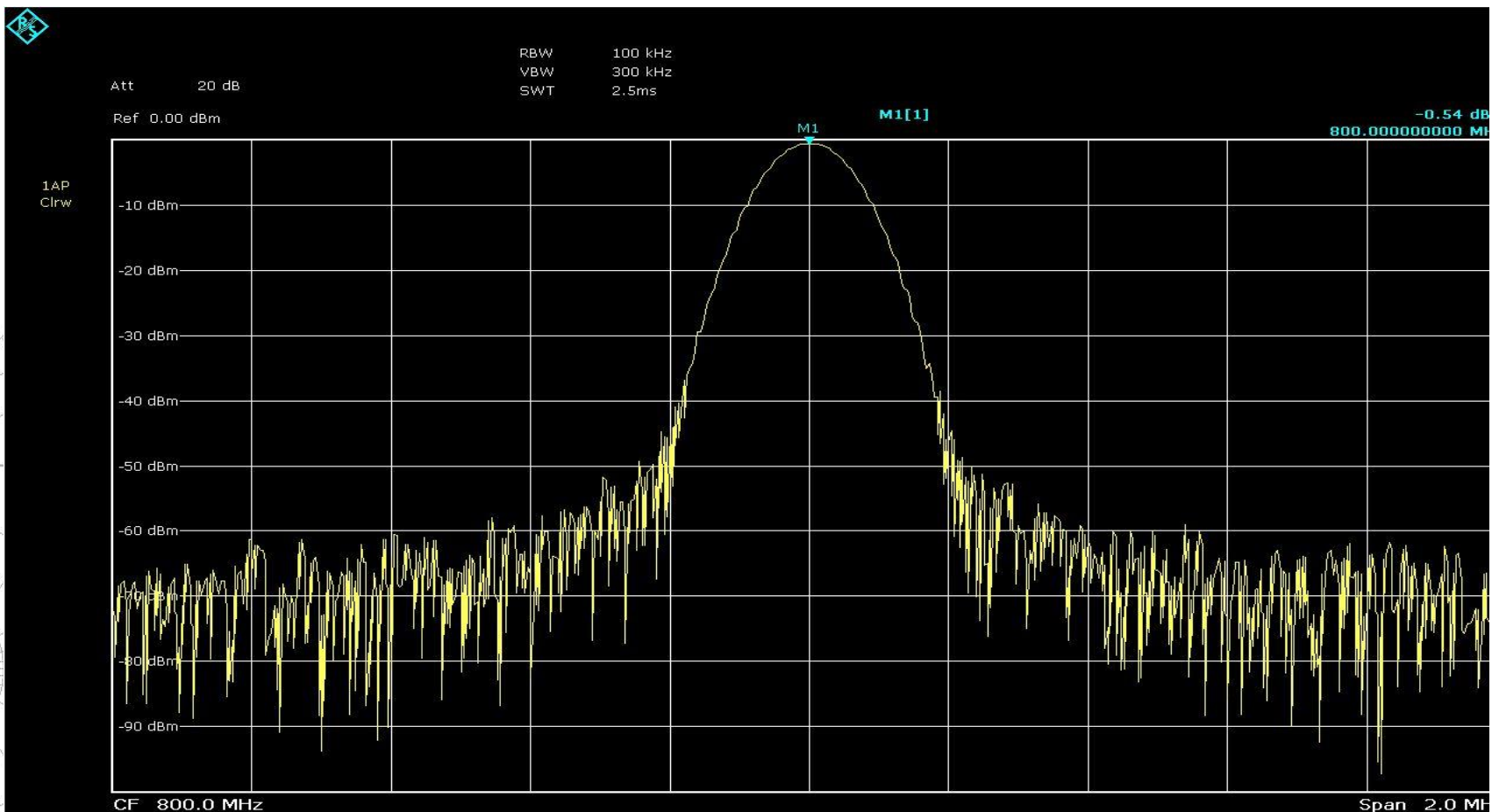
- C'est un instrument plein de pièges !
  - Niveau d'entrée en exploration harmonique
  - Plancher de bruit vs bruit de phase
  - Résolution vs Modulation

Les mesures en rayonné

- Impossible hors chambre anéchoïque
- Suppose une calibration pointue
- Préférer le labo reconnu

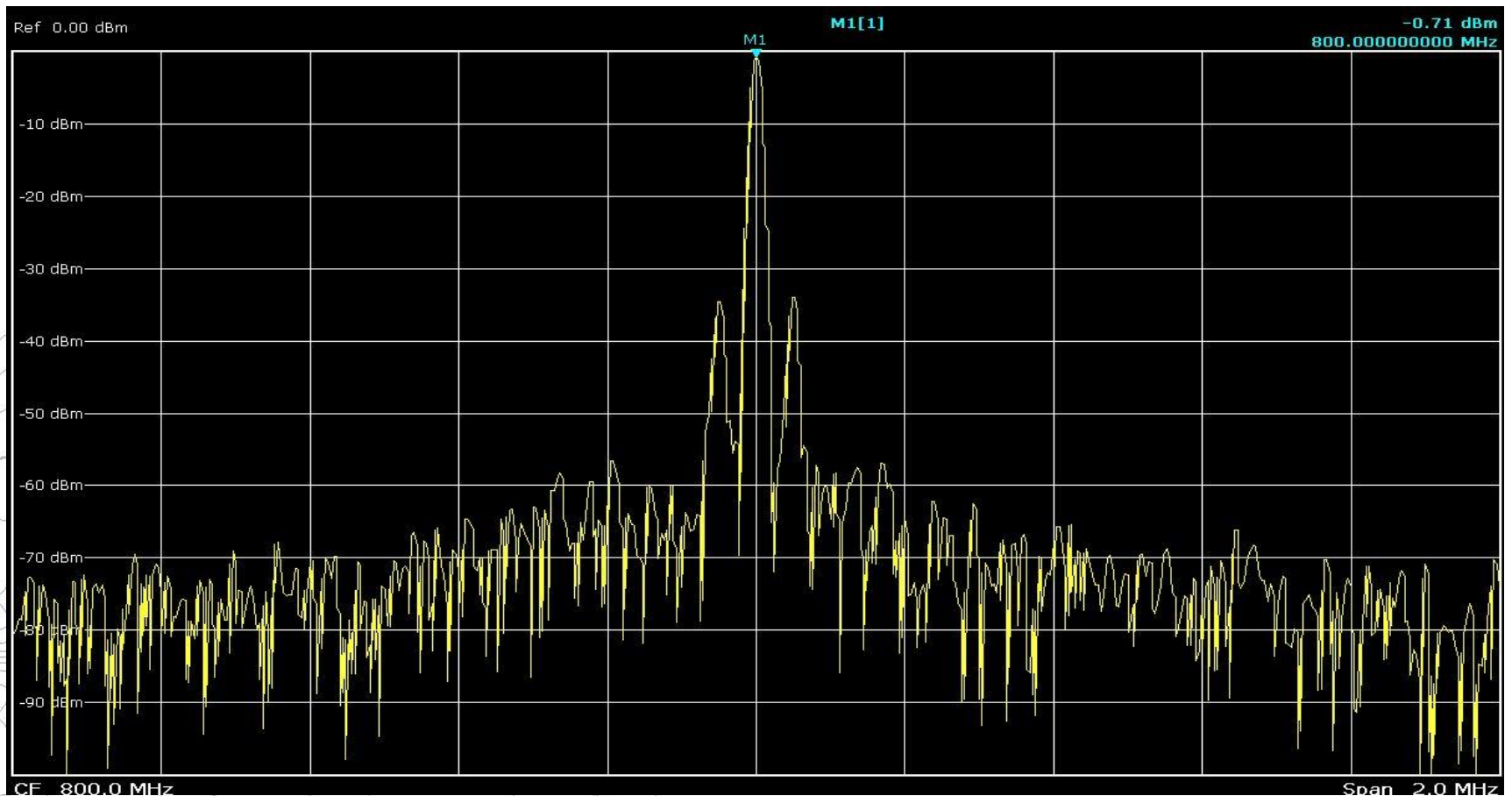
## VALIDATION

Analyseur de spectre : Mode « AUTO » / CW



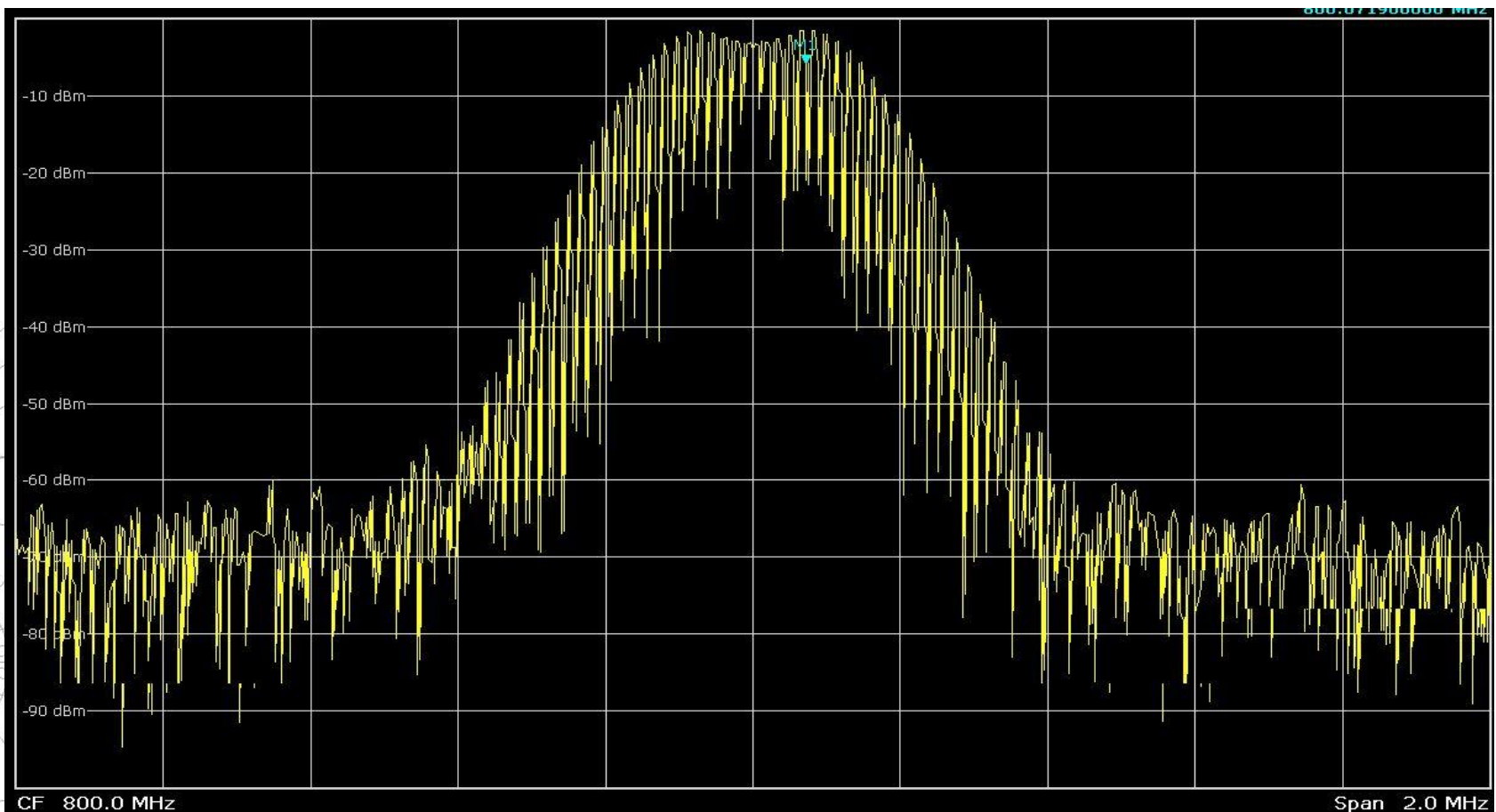
## VALIDATION

Analyseur de spectre : Ce qu'il aurait fallut voir...



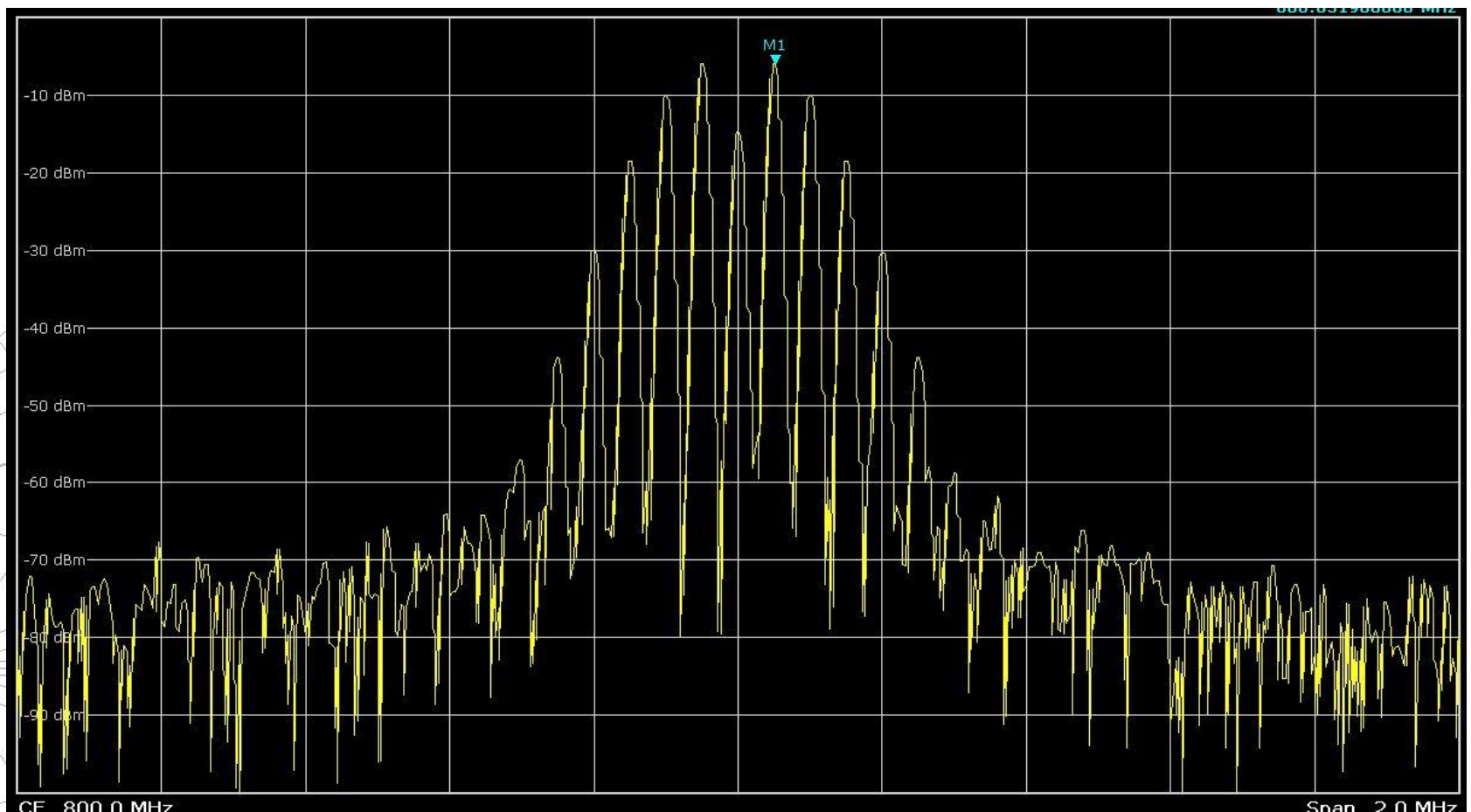
## VALIDATION

Analyseur de spectre : Mode « AUTO » / WBFSK



## VALIDATION

Analyseur de spectre : Erreur en mode « Manuel » !!!



## VALIDATION

### Fonction réception

L'instrument de base est le Générateur RF Vectoriel :

- Il n'y a pas de piège... mais il faut un brevet de pilote !

Souvent le « point faible » du système :

Pas de portée = pb de sensibilité RX dans 90% des cas

- Investigation au géné RF
- Substitution des alims / source labo
- Examen des points chauds / numérique associé

## BUDGET ESTIMATIF

### Instrumentation :

Analyseur + Génér RF  $\approx$  60 k€ (Attention à l'occasion...)

Ingénieur RF expérimenté = Introuvable !!!

### Budget projet (HW + FW + CAO + Qualif):

Intégration Module  $\approx$  15 à 20 k€ / 2 mois

Télécommande ou récepteur  $\approx$  25 à 30 k€ / 3 mois

Modem RF / secteur  $\approx$  50 k€ / 5 mois

Modem RF 500 mW / secteur  $\approx$  70 k€ / 6,5 mois

Émetteur récepteur / pile  $\approx$  90 k€ / 8 à 10 mois

Merci pour votre attention