

Caractérisation radioélectrique de l'environnement domestique

CLAUSSE Jean-Baptiste – RAZAFFERSON Richard – ZEDDAM Ahmed
(France Télécom R&D – RESA\FACE\CEP)
TERRÉ Michel (CNAM)

20/05/2008



sommaire

- 1 ■ Introduction
- 2 ■ Mode opératoire
- 3 ■ Systèmes d'éclairages
- 4 ■ Fours à micro-ondes
- 5 ■ Ordinateurs
- 6 ■ Conclusions et perspectives

1

Introduction

Introduction

- Augmentation du nombre de systèmes radioélectriques dans les environnements domestiques et professionnels
- Sensibilisation accrue des systèmes radioélectriques
- Importance accrue des études de cohabitations
- Principales sources d'interférences étudiées :
 - Systèmes radioélectriques de communications ;
 - Fours micro-ondes ;
 - Système d'éclairage : tubes fluorescents (métro, maison, bureau) ;
- Analyse faible niveau ?
 - Rayonnement certes faible mais non négligeable des PC pour certains systèmes comme les GPS

2

Modes opératoires



Paramètres et modes opératoires (1)

■ Présentation du matériel utilisé

- Analyseur de spectres & oscilloscopes numériques ;
- LNA 48 dB (0.1-10 GHz) selon les cas ;
- Antenne :
 - Log-P (1-18 GHz, directionnel) et TECOM (1-4 GHz, omni) ;
 - Log-P (200-1000 MHz) ;
 - Biconique (30-200 MHz) ;
 - Fouet (0,09-30 MHz) ;

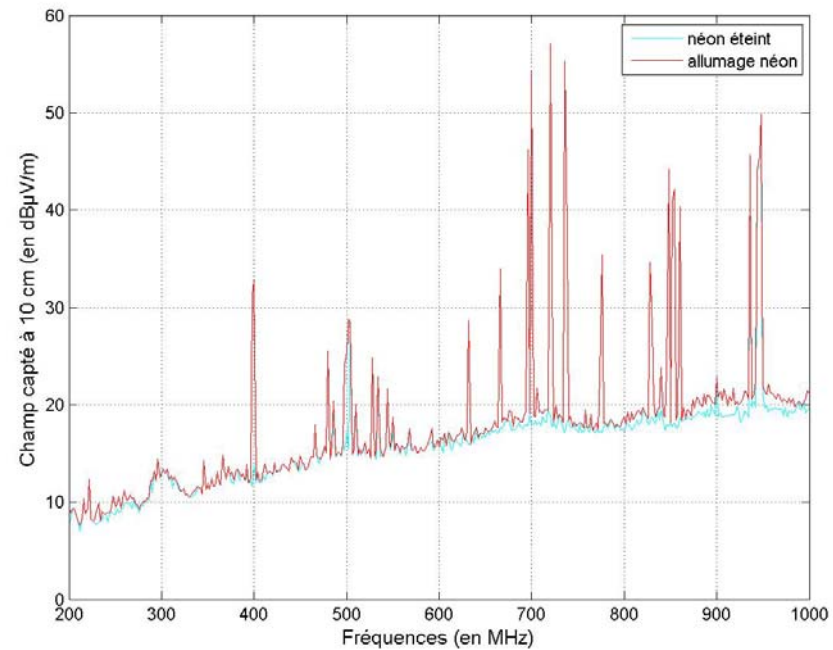
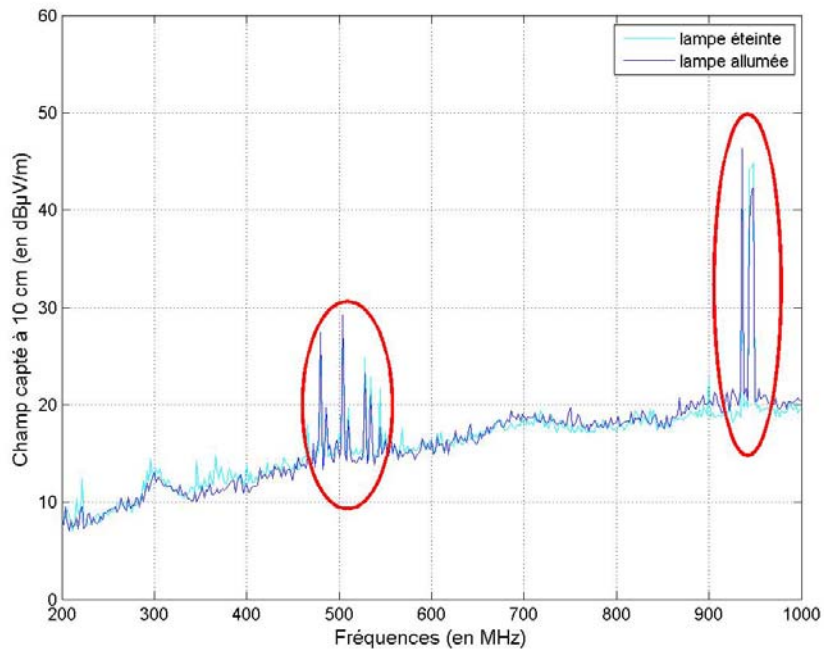
■ Paramètres principaux

- BR = 100 kHz ;
- Distance EST – antenne = 1 m ;
- Temps MaxHold = 10" ;
- Durée = 20 relevés, 10', 30' ou 12H ;

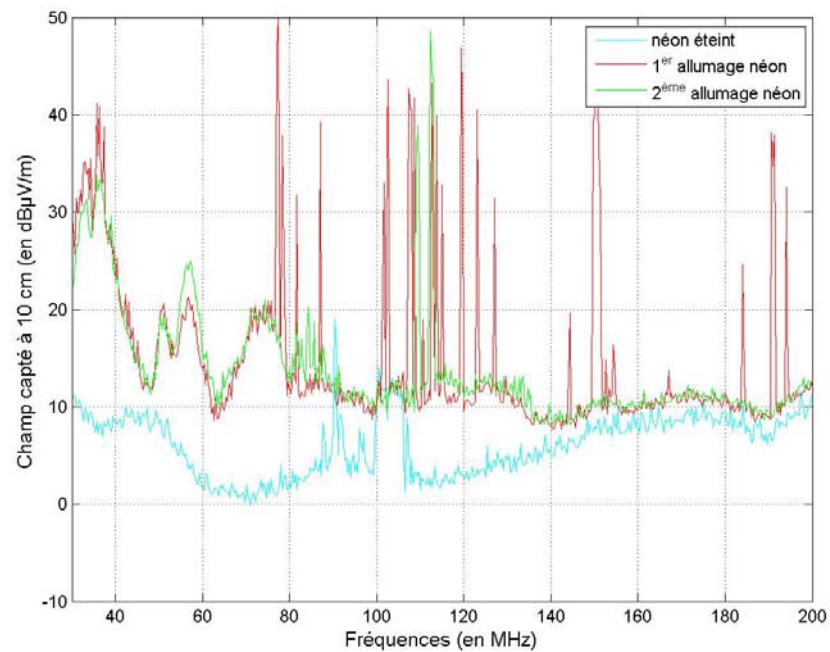
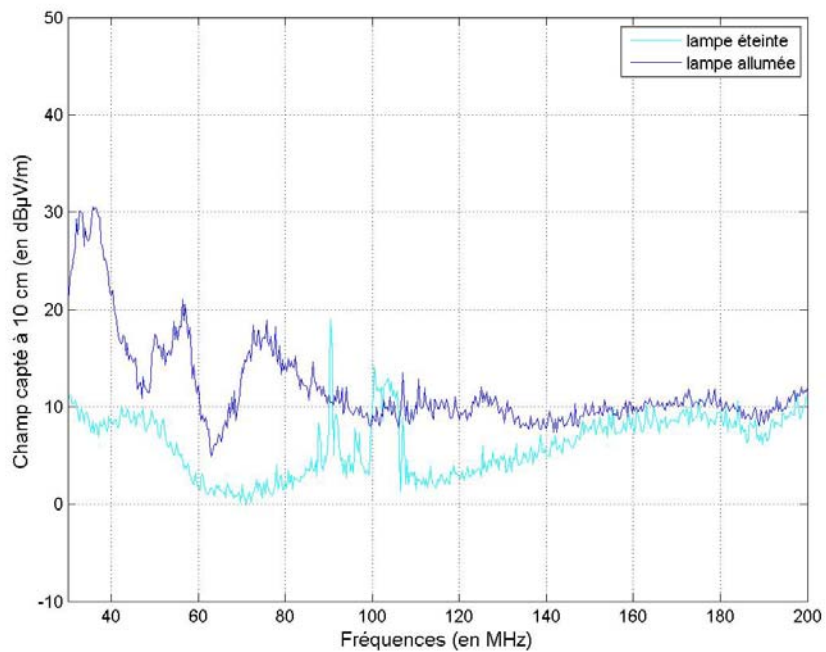
3

Systemes d'eclairages



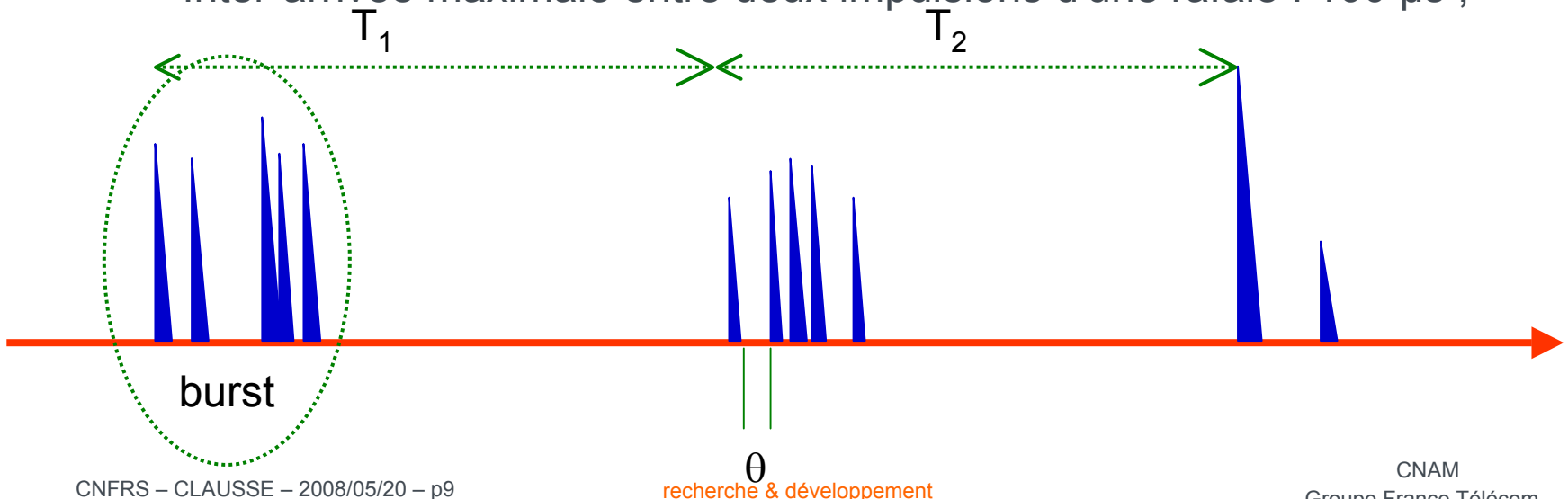


Résolution variable



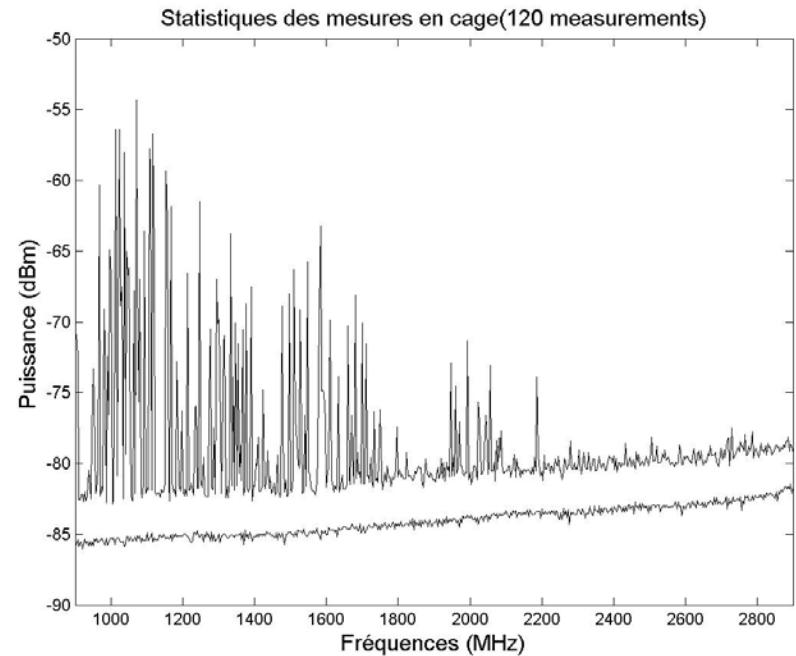
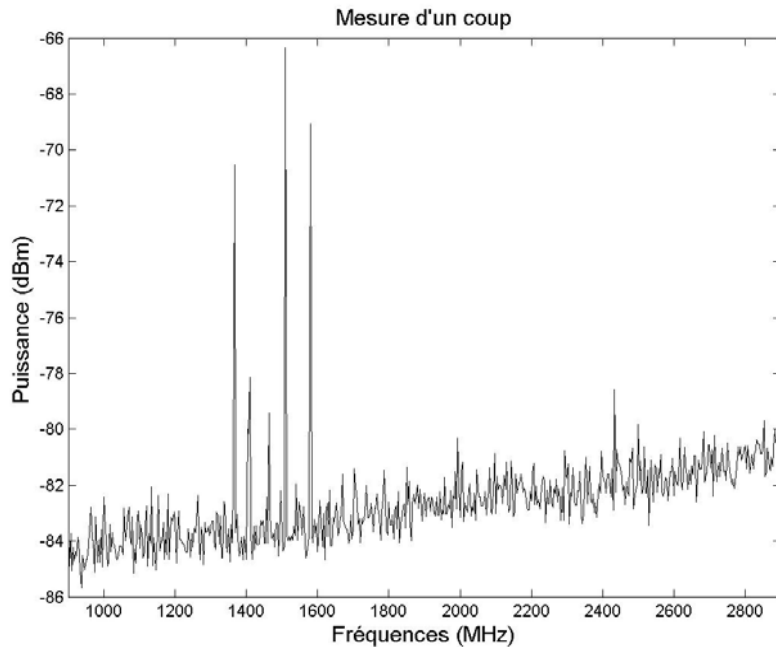
Systemes d'éclairages (2)

- Présentation du modèle temporel pour le rayonnement des tubes
 - Bruit radioélectrique noise entre le déclenchement de l'interrupteur et la stabilisation de la lumière ;
 - Durée maximum de la phase critique : 4" ;
 - Les impulsions regroupées en rafales ;
 - Chaque rafale contient un nombre aléatoire d'impulsions ;
 - Inter-arrivée maximale entre deux impulsions d'une rafale : 100 μ s ;

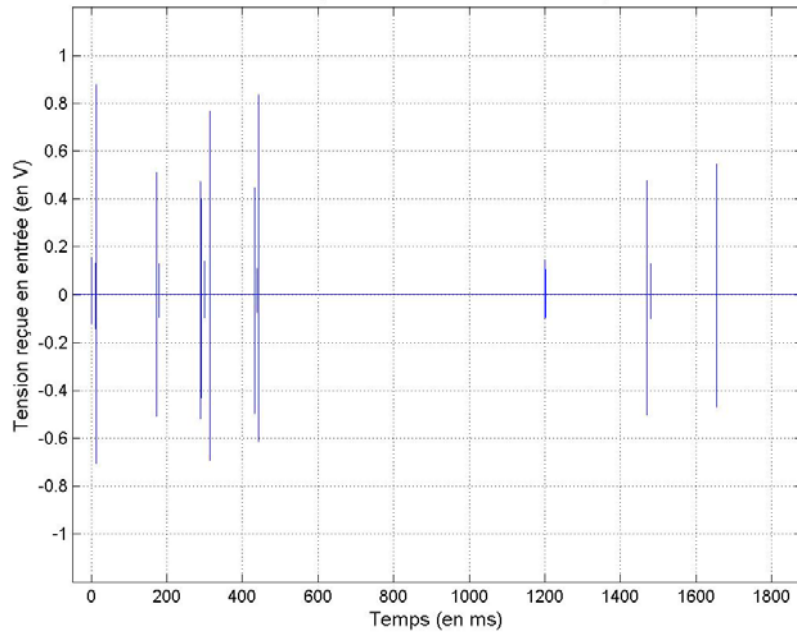


Systemes d'éclairages (3)

■ Mesures en chambre (domaine fréquentiel)

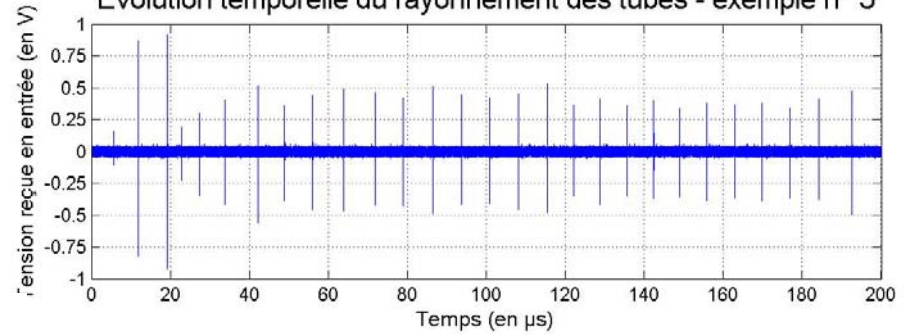


Allumage d'un tube - 4^{ème} exemple

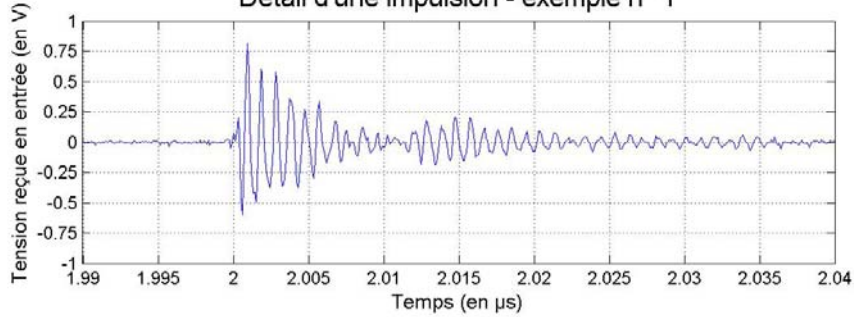


iges (4)

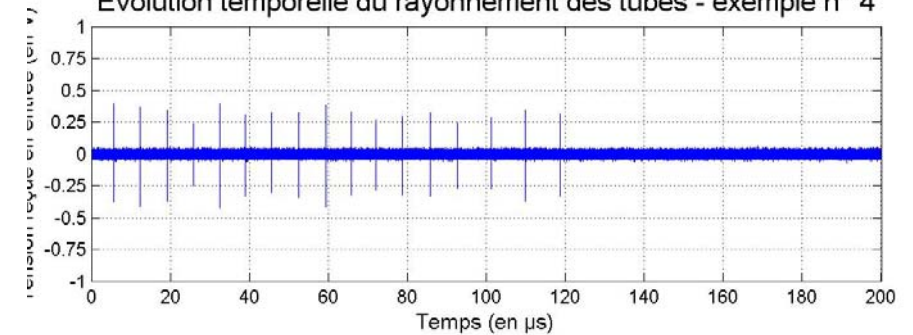
Evolution temporelle du rayonnement des tubes - exemple n° 3



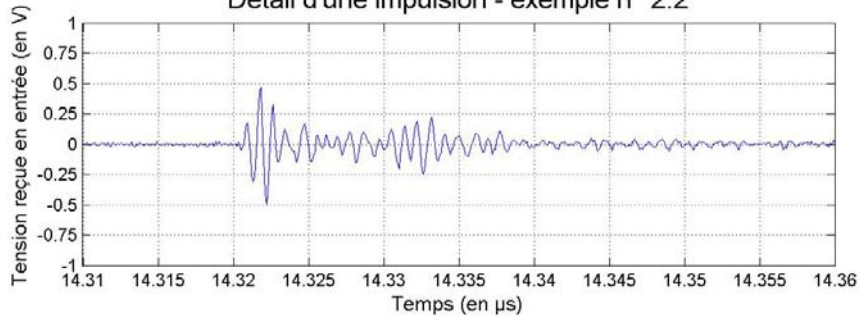
Détail d'une impulsion - exemple n° 1



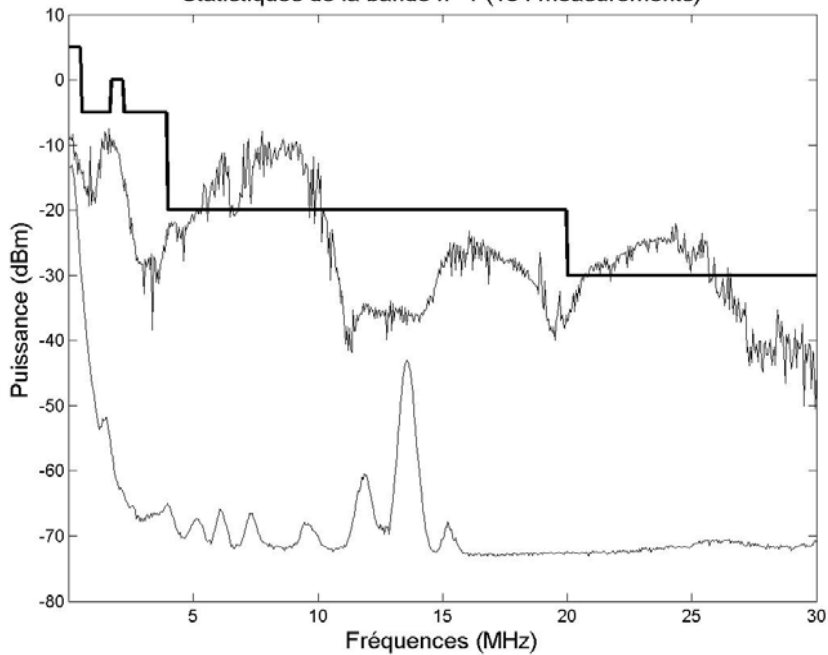
Evolution temporelle du rayonnement des tubes - exemple n° 4



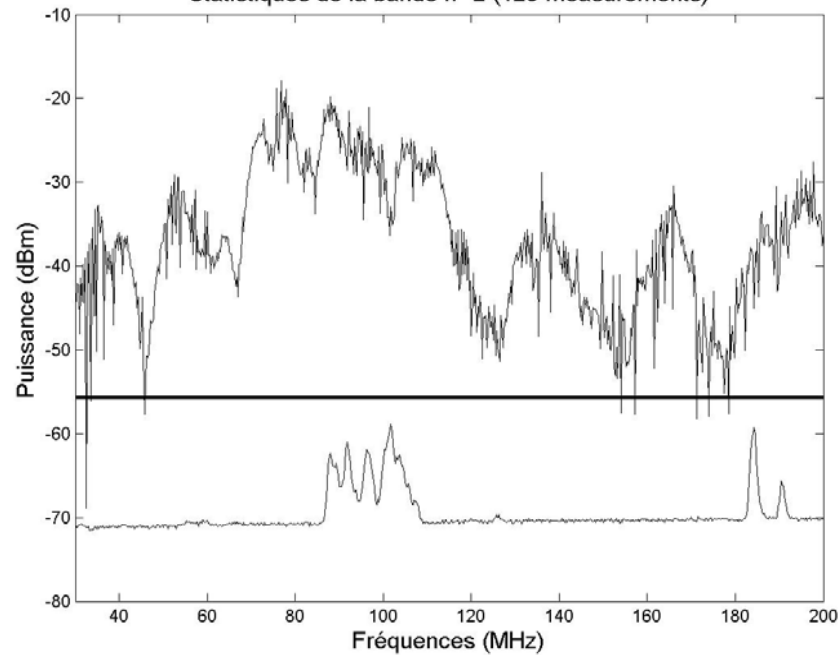
Détail d'une impulsion - exemple n° 2.2



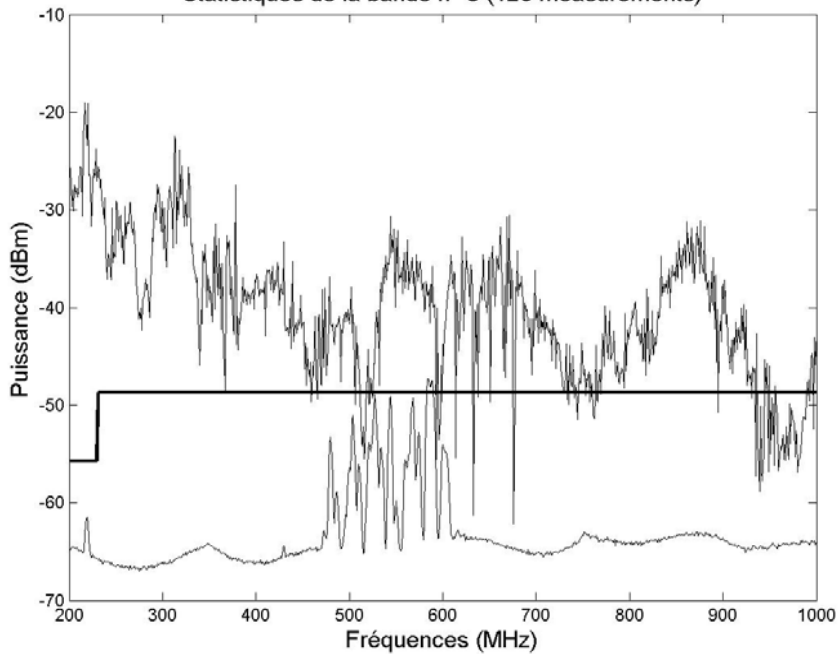
Statistiques de la bande n° 1 (134 measurements)



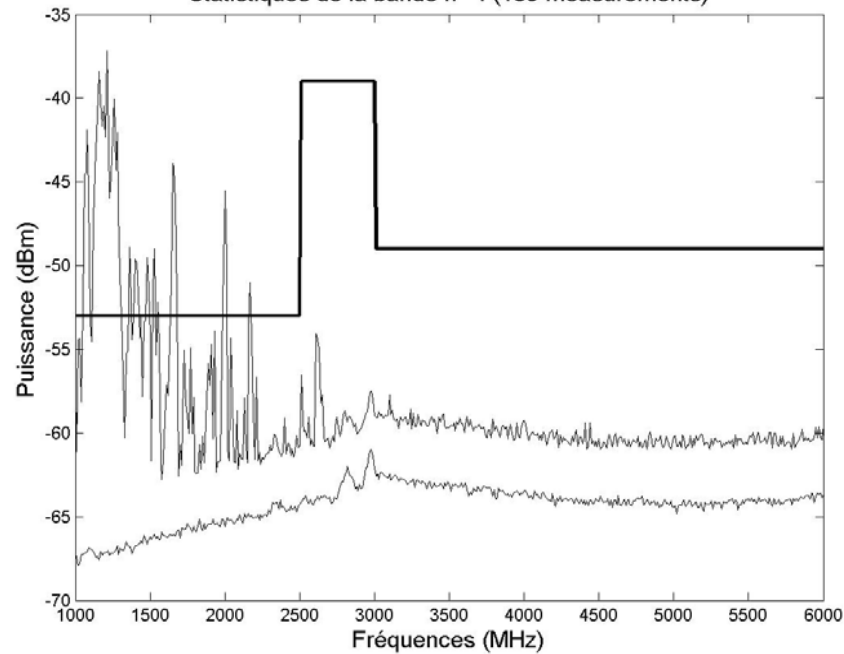
Statistiques de la bande n° 2 (129 measurements)



Statistiques de la bande n° 3 (126 measurements)



Statistiques de la bande n° 4 (139 measurements)



4



Fours à micro-ondes



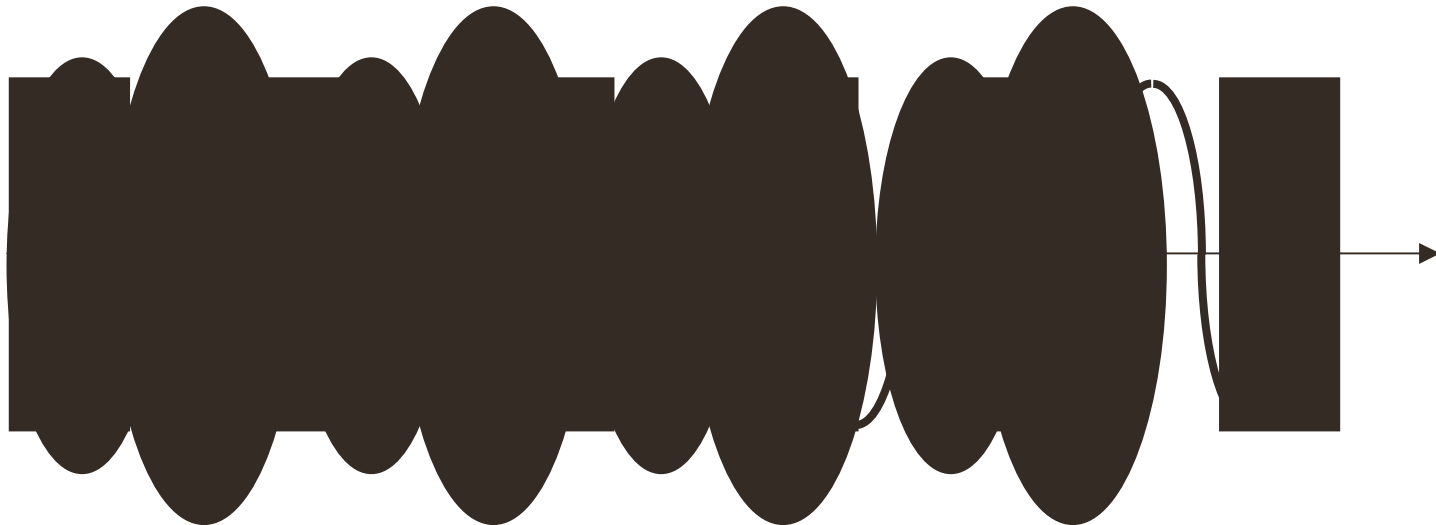
ment

CNAM
Groupe France Télécom

Fours à micro-ondes (1)

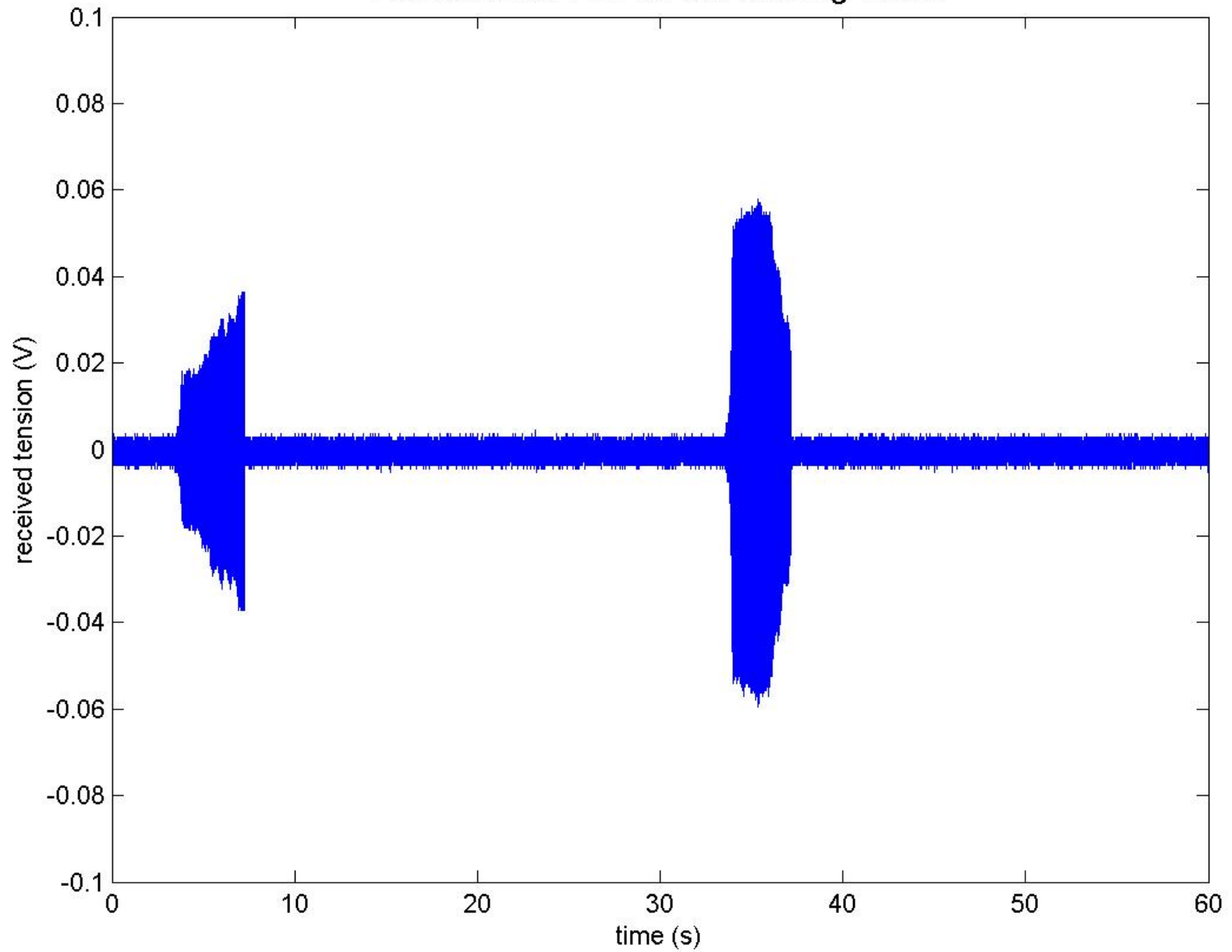
■ Présentation du modèle temporel

- Sinusoïde à 2 462 MHz ;
- Première fonction porte de 50% avec période de ~20 ms ;
- Deuxième fonction porte (taux dépendant du mode de cuisson) avec période de ~30 s ;

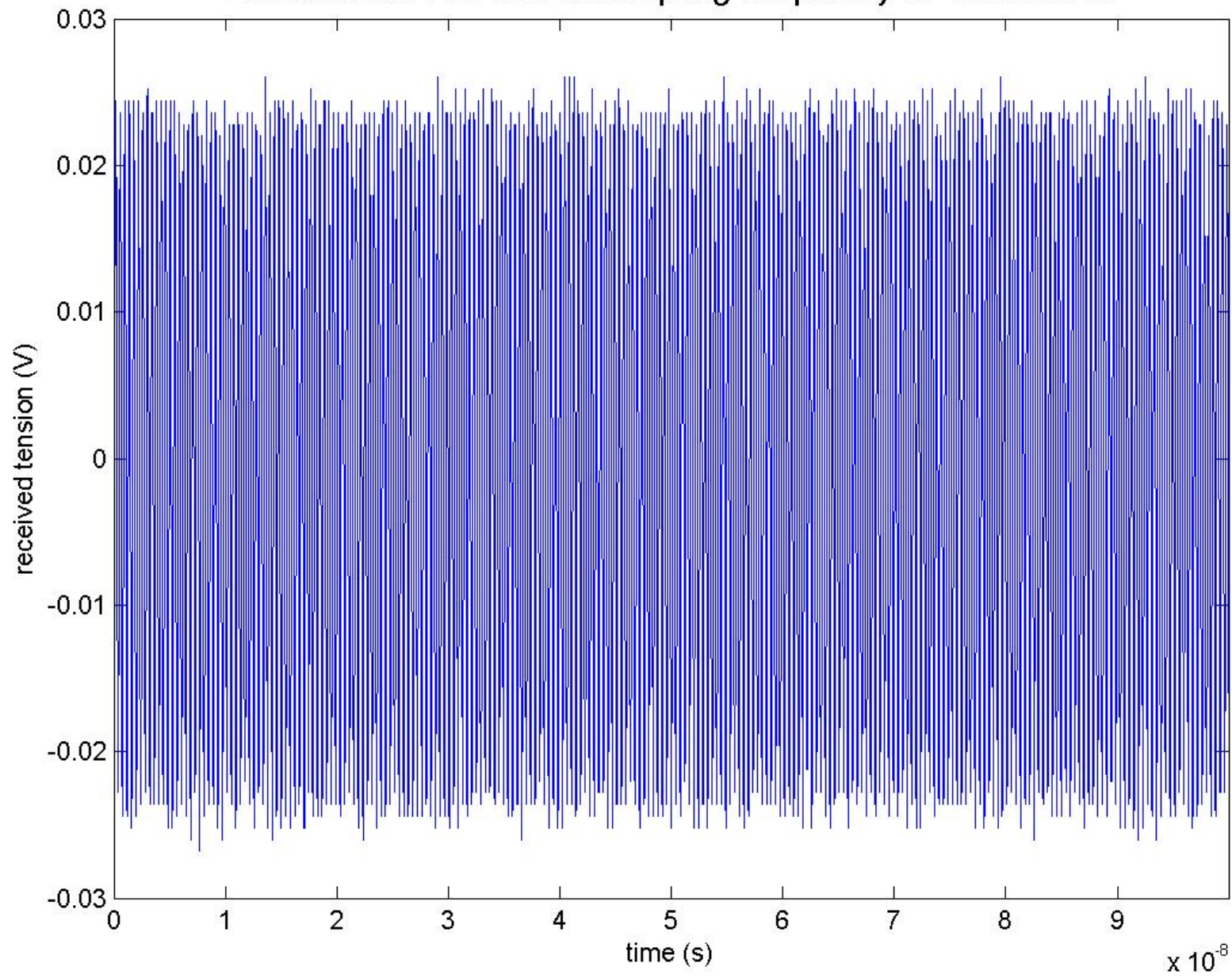


$$S(t) = a(t) \cdot (x(t) \cdot \pi_{\tau_1}(t) * W_{T_1}(t)) \cdot \pi_{\tau_2}(t) * W_{T_2}(t)$$

Radiation at 1 m for the holding mode



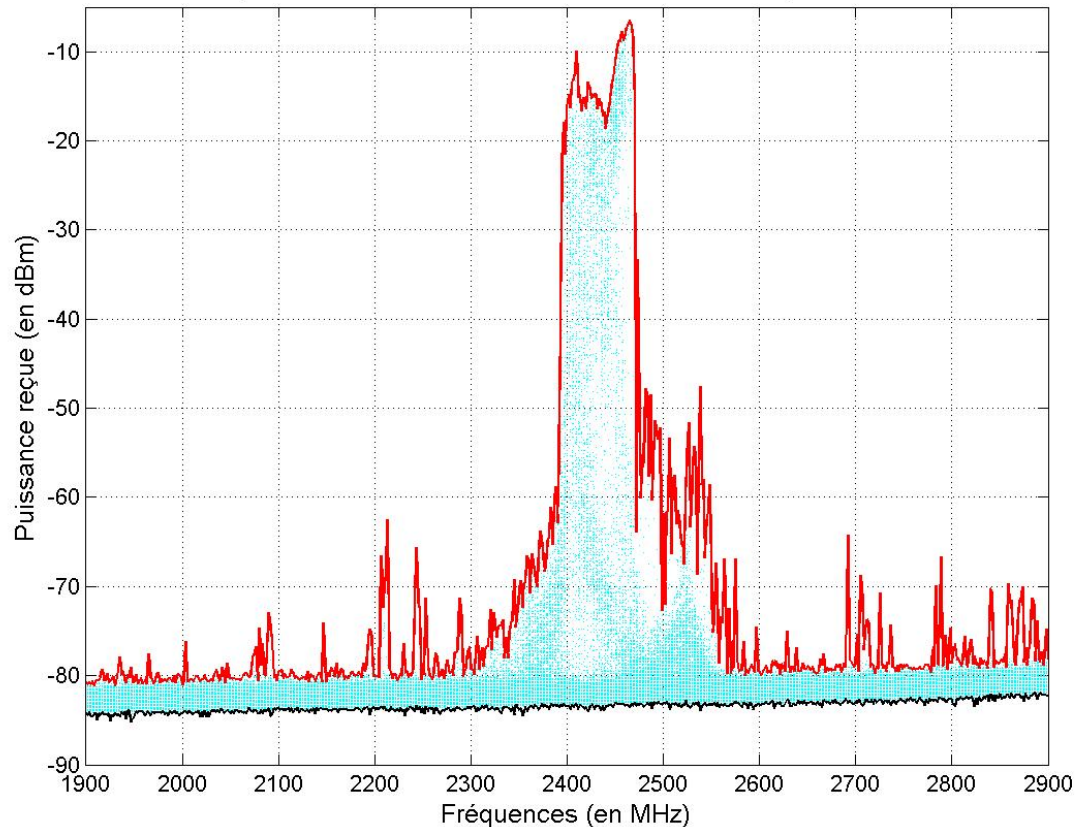
Radiation at 1 m with a sampling frequency of 40000 MHz



Fours à micro-ondes (3)

- Mesures en chambres (domaine fréquentiel)
 - EST à 1 m de l'antenne ;

Rayonnement d'un four à micro-ondes par l'avant

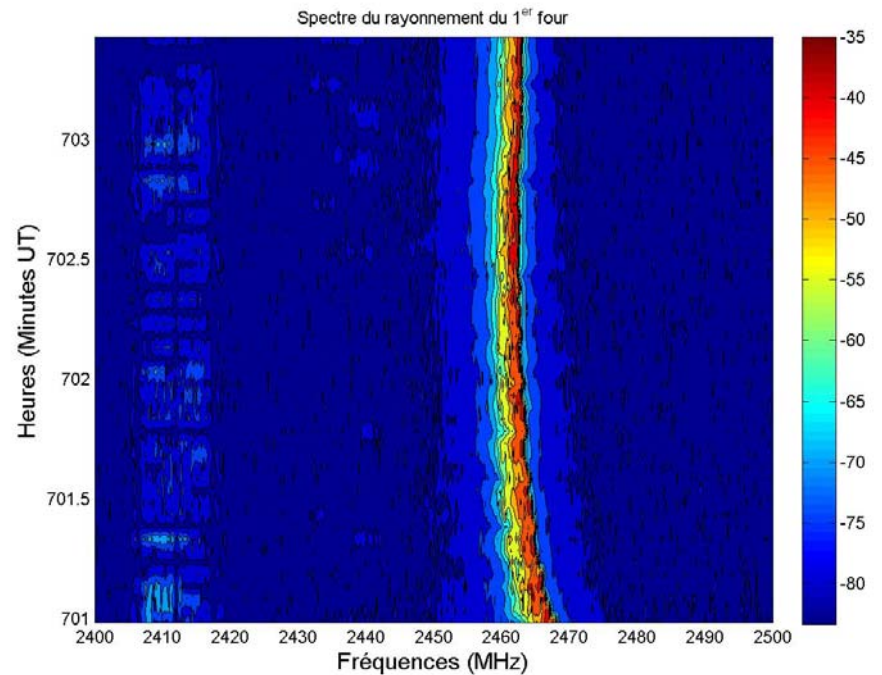
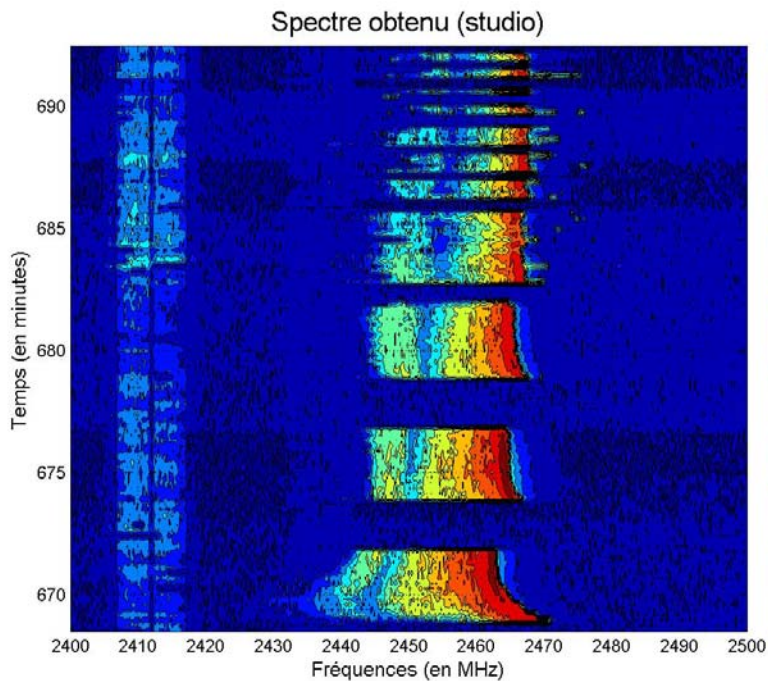


Fours à micro-ondes (4)

■ Mesures sur site

- EST à 1 m de l'antenne mais pas en vis-à-vis ;
- Surveillance sur l'ensemble de la bande ISM ;
- Surveillance à balayage unique

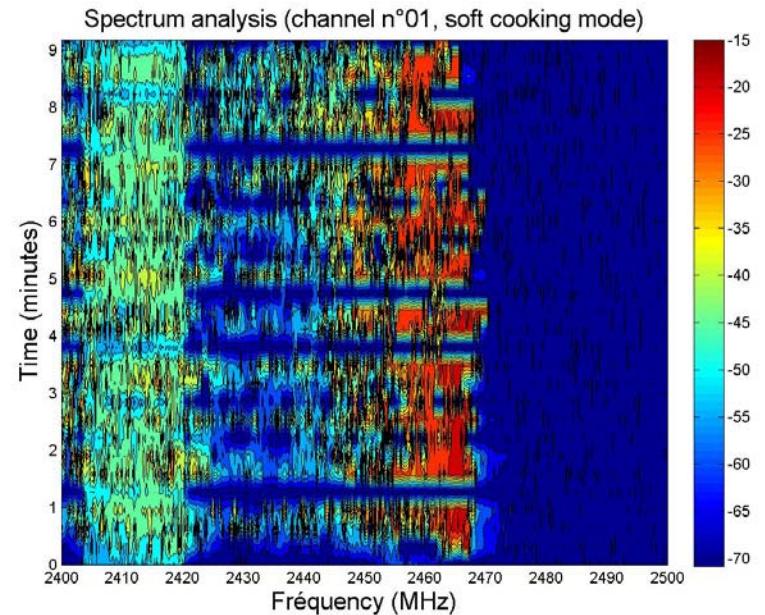
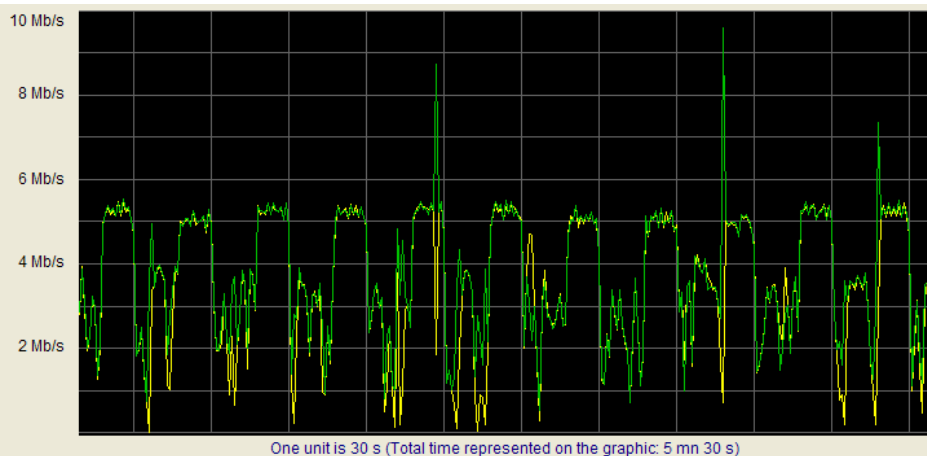
■ Résultats



Fours à micro-ondes (5)

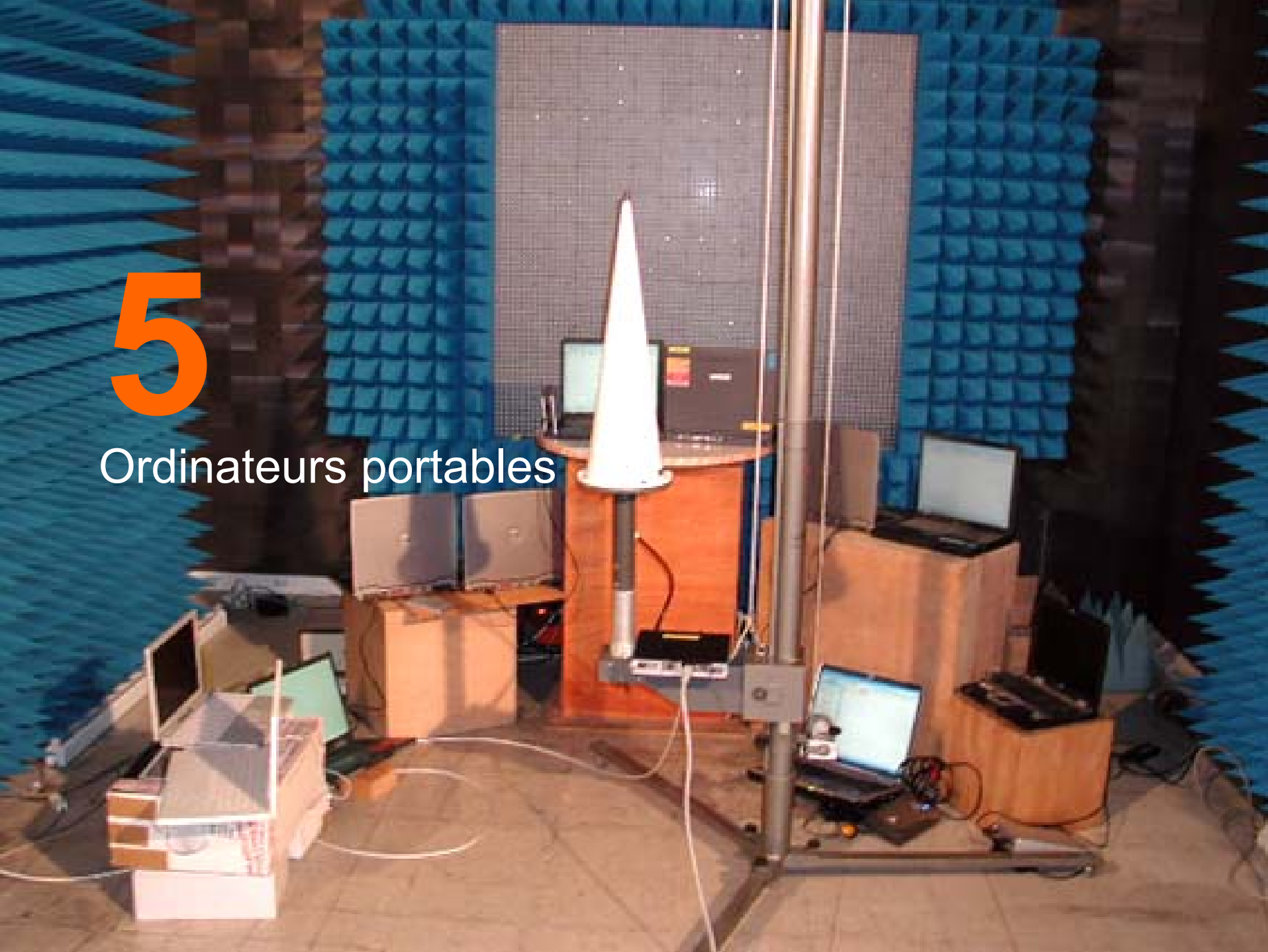
■ Impact sur Wi-Fi

- VLAN Traffic ;
- Distance AP-oven = 1 m ;
- Distance AP-PC1 = 1 m ;
- Distance AP-PC2 = 4 m ;
- Oven et AP à 1 m de l'antenne TECOM ;
- $T_{MH} = 10$ s ; BR = 100 kHz ;
- BF = 2.4-2.5 GHz ;

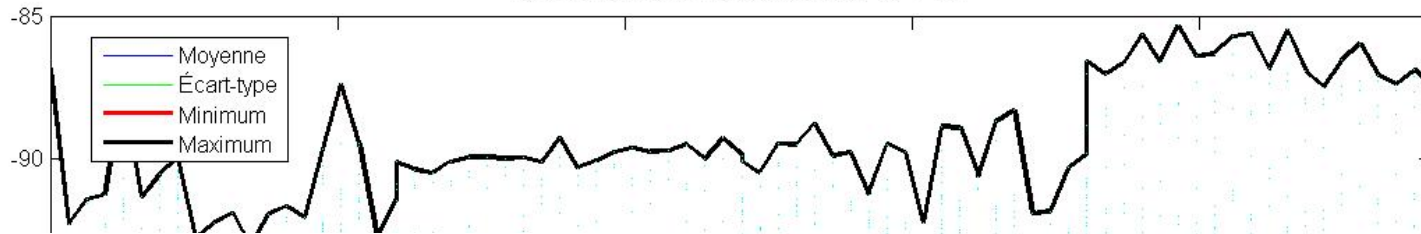


5

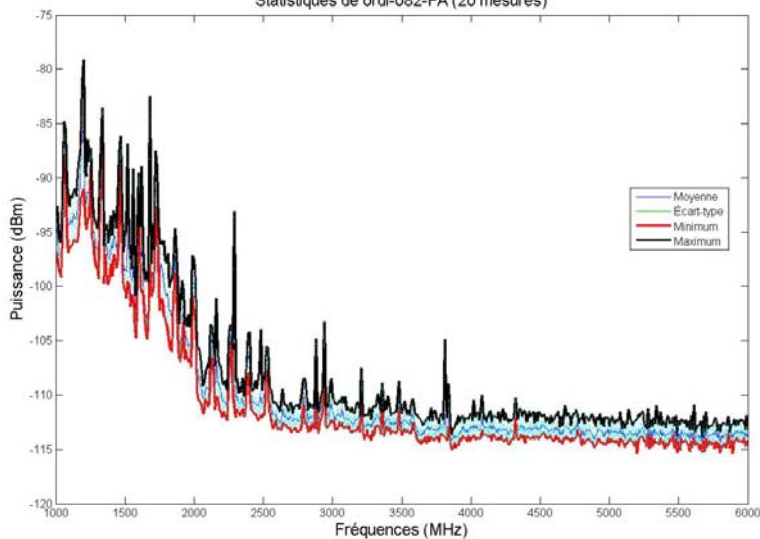
Ordinateurs portables



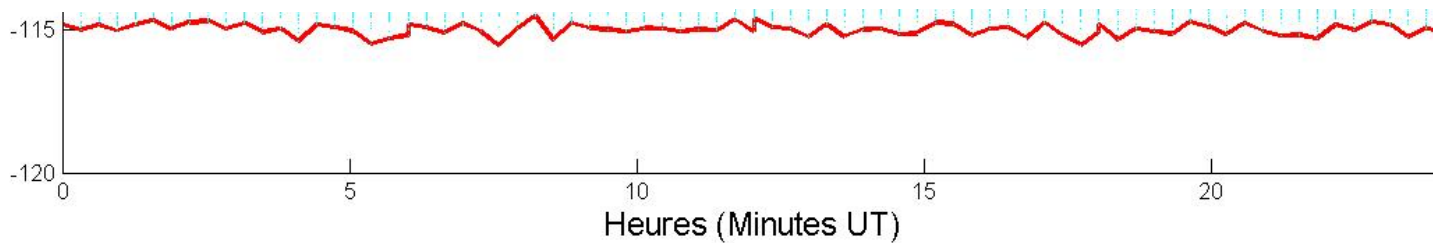
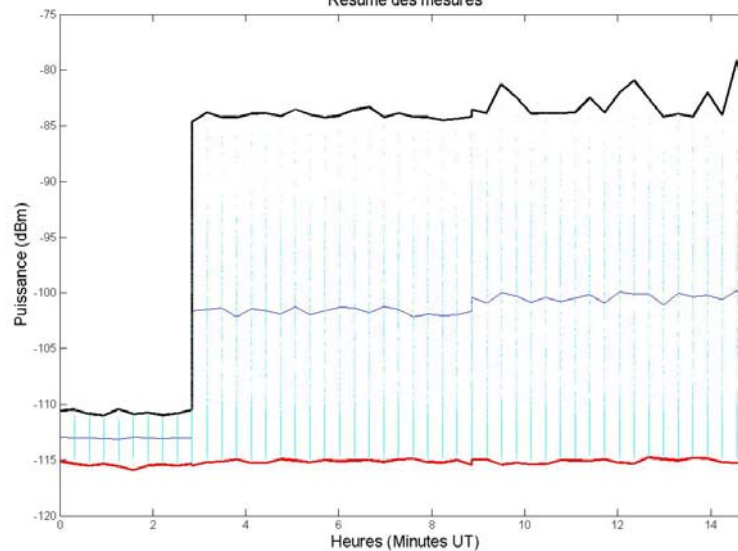
Résumé des mesures sur le PC1

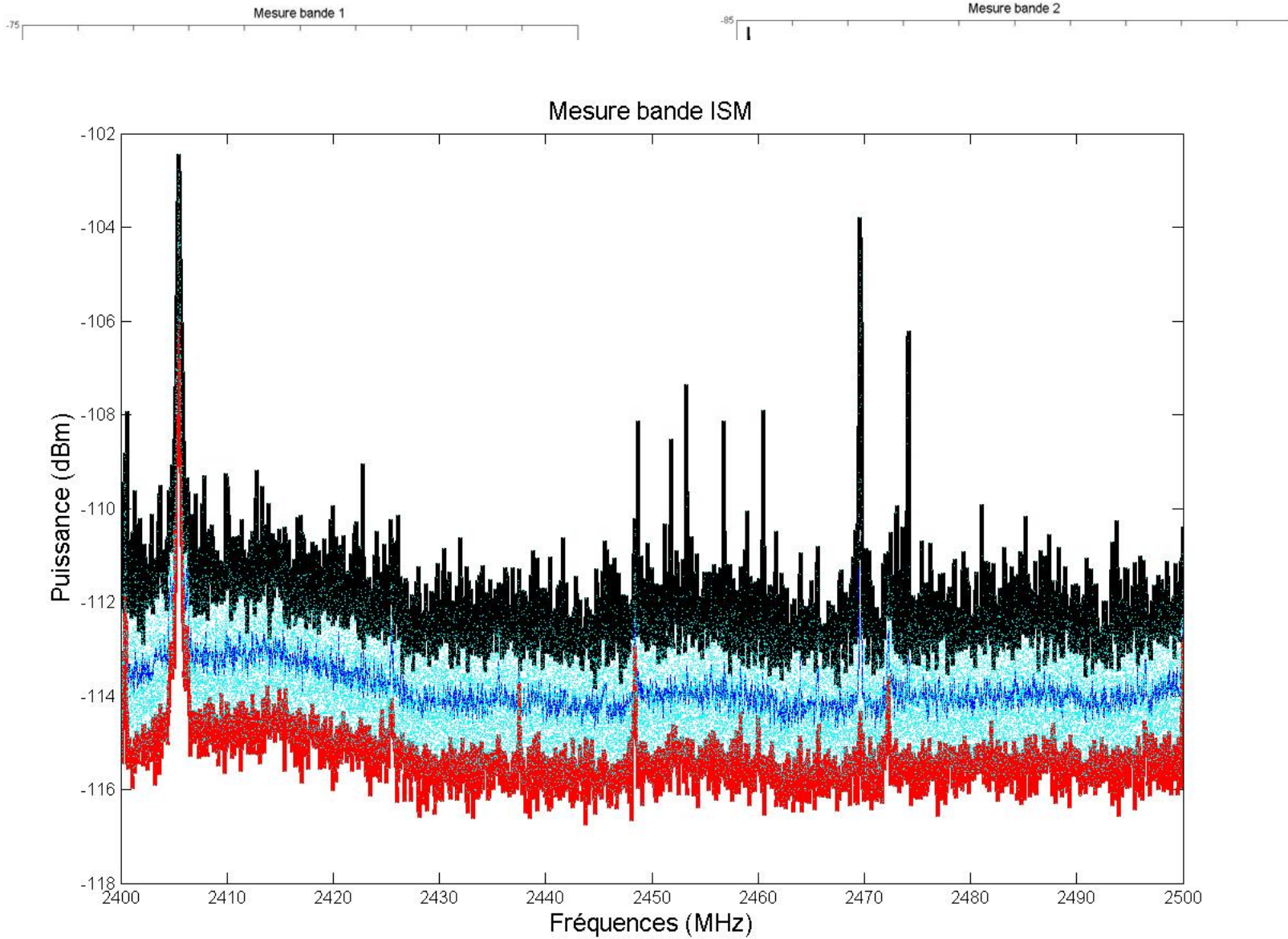


Statistiques de ordi-082-FA (20 mesures)

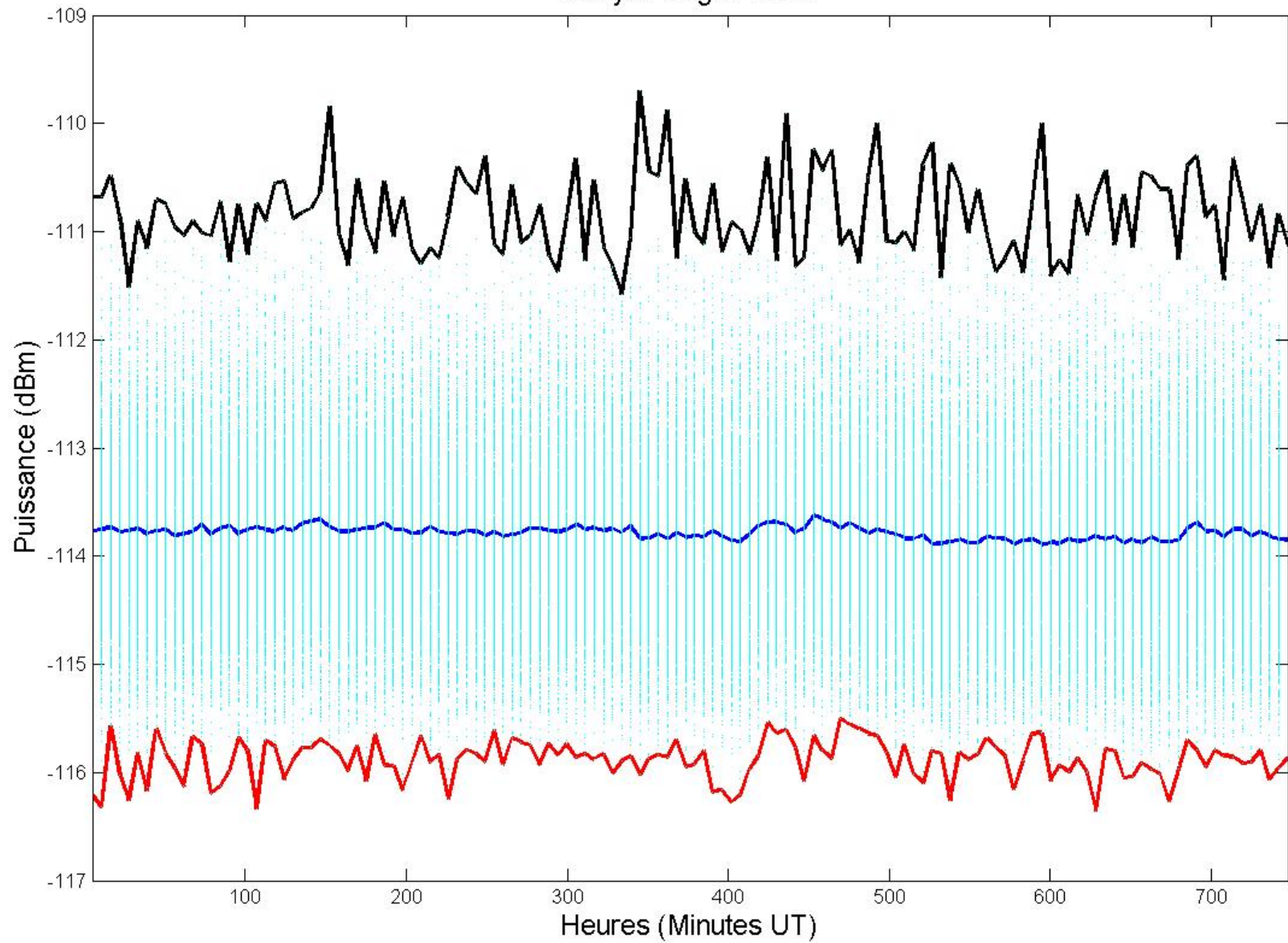


Résumé des mesures

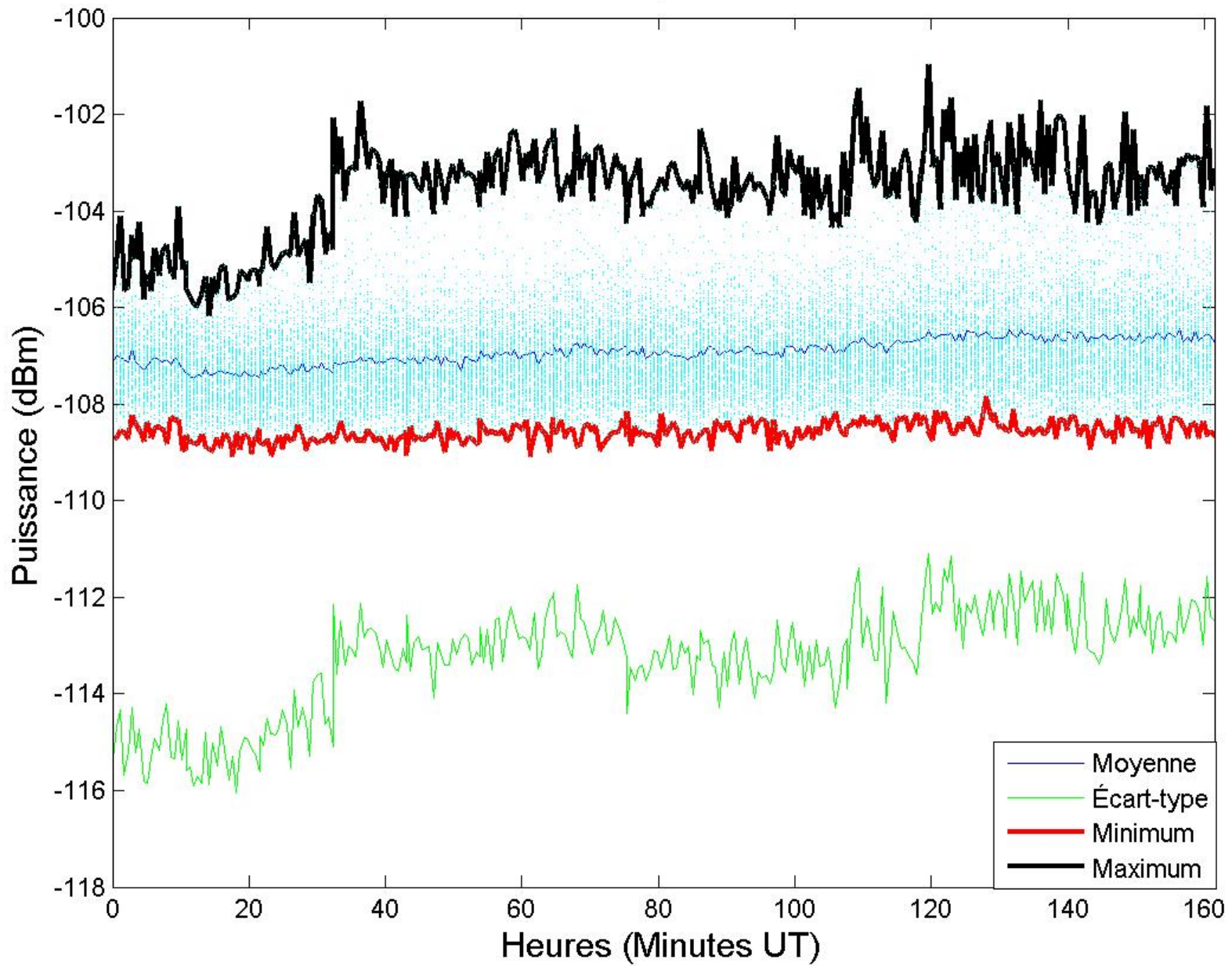




Analyse longue durée



Statistiques de ordi-108₁22-.1-FA (300 mesures)



6

Conclusions & perspectives

Conclusions et perspectives

■ Conclusions

- L'allumage d'un tube fluorescent est générateur de bruit radioélectrique, essentiellement dans les fréquences inférieures à 1.5 GHz, la bande ISM est donc peu atteinte mais les bandes GSM900, TV et FM sont sensibles à ce bruit ;
- Les fours micro-ondes perturbent l'ensemble de la bande ISM et entraîne sinon une coupure du canal, une chute du débit des systèmes Wi-Fi.
- Les ordinateurs émettent un rayonnement certes faible mais pouvant devenir dérangeant dans un contexte de très basse sensibilité...
- Le cumul et la durée de fonctionnement n'influe que très peu sur la température de bruit dans un grand volume...

■ Perspectives

- Analyse du rayonnement radioélectrique des ordinateurs, fours et tubes fluorescents dans d'autres configurations et avec des paramètres différents (taille, puissance, disposition, distance, antenne Wi-Fi allumée...) ;
- Analyse du rayonnement en 2D ou 3D ;