

Rapport de l'ANFR sur les expérimentations concernant la compatibilité TNT/LTE autour de 790 MHz

1. Introduction

Afin de compléter les études de compatibilité entre la bande numérique télévisuelle et la bande du dividende numérique menées au niveau européen et national, TDF et les opérateurs de téléphonie mobile ont souhaité réaliser une expérimentation terrain du brouillage des services TNT par des stations de base LTE. Dans cette expérimentation, la réception de la télévision est assurée par une antenne de réception TV du commerce et un adaptateur TNT grand public.

L'objectif de cette expérimentation a consisté en l'évaluation de l'impact d'une émission LTE sur les 3 canaux 796 MHz (DL1), 806 MHz (DL2) et 816 MHz (DL3) sur la réception TNT des canaux 60 (R5), 58 (R2), 57 (R4), 51 (R6), 43 (R3) et 33 (R1) de l'émetteur de Laval / Mont-Rochard. L'objectif des mesures étant de déterminer d'une part des rapports de protection nécessaires selon l'adaptateur externe utilisé et de pouvoir d'autre part envisager les techniques de protection permettant de se prémunir des risques de brouillages.

Afin de limiter le plus possible un éventuel impact préjudiciable aux installations d'utilisateurs existantes, une zone rurale peu peuplée située dans la zone de diffusion de l'émetteur de Laval / Mont Rochard a été choisie par TDF.

L'expérimentation s'est déroulée du 17 au 28 janvier 2011 et a été réalisée par les équipes techniques de TDF et de l'ANFR.

2. Méthodologie et déroulement des expérimentations

Afin de pouvoir maximiser le nombre de points de mesures et d'obtenir un panel d'essais le plus complet possible, TDF en collaboration avec les opérateurs, a retenu deux sites d'implantation des bases d'émission LTE et fixé la durée des expérimentations à deux semaines.

Le choix des sites a été motivé par le besoin de trouver des zones à risques potentiels tout en ayant une marge TNT suffisante pour s'affranchir de causes extérieures de brouillage qui auraient affecté la fiabilité des mesures.

Deux sites ont été installés au nord et au sud de la commune de Lassay-les-Châteaux, en Mayenne, à environ 25 km de l'émetteur de Laval / Mont Rochard. Le premier site, exploité par Alcatel-Lucent, était destiné à faire des essais en présence d'un champ TNT faible et le second, exploité par Huawei, a été choisi pour ses possibilités de mesures en champ TNT moyen.

Lors des mesures, trois fréquences ont successivement été utilisées à l'émission de la base LTE : 796 MHz (DL1), 806 MHz (DL2) et 816 MHz (DL3) ; chacune émettant avec 10 MHz de largeur de bande. A noter la présence d'une bande de garde de 1 MHz entre le canal 60 TNT et le signal LTE DL1 (entre 790 et 791 MHz).

De plus, au cours des essais, la charge de trafic de la station de base a été simulée selon trois paliers : 0% (ou idle mode), 50% et 100%. Des techniciens mandatés à cette fin sur place par les équipementiers modifiaient en temps réel les émissions de la station de base LTE. Ils pouvaient également moduler la puissance de sortie avant antenne entre 36 dBm et 46 dBm par pas de 1 dB.

Afin de respecter le cahier des charges validé par les opérateurs, la première tâche de TDF sur le terrain fut de trouver des points de mesures permettant à l'antenne de réception d'être alignée dans l'axe des antennes des émetteurs LTE et TNT de Laval, c'est-à-dire la configuration la moins favorable possible vis-à-vis du brouillage généré par la base LTE : le lobe de rayonnement principal de l'antenne de celle-ci aligné et orienté dans l'axe de réception de l'antenne usager.

Trois adaptateurs externes grand public ont été choisis par TDF comme échantillon représentatif (bon, moyen, médiocre) de la totalité du marché des adaptateurs non intégrés dans un téléviseur. Ces récepteurs ont été testés tour à tour par raccordement à une antenne TV grand public placée à 10 mètres par rapport au sol sur le mât télescopique du véhicule technique de TDF.

Les tests de TDF ont consisté à visionner pendant au moins 30 secondes une chaîne représentative de chaque multiplex émis depuis Laval, à savoir : R5-C60, R2-C58, R4-C57, R6-C51, R3-C43 et R1-C33. Le multiplex est considéré par TDF comme perturbé sur l'adaptateur testé lorsque l'image et/ou le son subit des dégradations. Dans la pratique, le canal 43, correspondant au multiplex R3 diffusant les programmes du groupe Canal +, n'a pas été testé du fait de son cryptage effectif pendant la durée des expérimentations, rendant impossible la constatation éventuelle d'un brouillage.

TDF pilotait l'expérimentation et donc les modifications en temps réel de la BTS par l'intermédiaire d'un technicien dépêché sur place par l'équipementier ; l'ANFR était donc tributaire de ces modifications, parfois rapides, de conditions d'émission du brouilleur (puissance et charge réseau) pour ses propres mesures.

L'ANFR a utilisé pour ses mesures du matériel professionnel et grand public : deux analyseurs Rohde & Schwarz pour les relevés de niveaux (ETL et FSP 40), deux adaptateurs externes HD grand public et un téléviseur récent grand public avec démodulateur TNT HD intégré. Pour ce qui concerne les adaptateurs externes, il est à noter que l'un était de même marque que l'adaptateur utilisé et jugé comme médiocre par TDF, et l'autre de même marque que celui jugé moyen, toujours par TDF. Un préamplificateur grand public de bonne qualité de gain 22 dB et un réjecteur monocanal ont également été utilisés dans les essais.

3. Résultats des mesures

Selon TDF, ces essais ont permis dans une large mesure de confirmer sur le terrain, les valeurs de rapport de protection obtenus préalablement en laboratoire sur ces 3 récepteurs.

Dès le départ, les points ont été choisis pour obtenir une certaine diversité dans les niveaux de champs TNT reçus. Le site n° 2 (Huawei), ayant été choisi pour ses possibilités de mesures en champ TNT reçu moyen, a permis d'avoir des niveaux entre 53 et 85 dB μ V/m, soit la grande majorité des cas courants de réception. En revanche, depuis le site n°1 (Alcatel-Lucent) et en raison du relief du terrain (présence d'une colline au nord de l'axe des deux

émetteurs) favorisant un bon niveau de champ TNT, les équipes de TDF et de l'ANFR ont rencontré de grandes difficultés pour trouver des points de mesures à la fois en champ TNT faible et en champ LTE fort. TDF et l'ANFR ont contourné ce problème en dépointant l'antenne de réception afin de diminuer le niveau TNT tout en gardant une marge suffisante et un maintien de niveau LTE fort. Cet exercice délicat a été rendu nécessaire pour garantir une diversité dans l'étude des rapports de protection TNT/LTE mesurées.

Différentes combinaisons de niveaux TNT et LTE ont donc pu être mesurés tout au long des deux semaines et sont résumés ci-après.

3.1 Présence d'un champ TNT faible et d'un champ LTE faible à moyen

Les essais menés par l'ANFR depuis le point n° 4 de mesures (voir annexe – brouilleur LTE 2) n'ont pas fait état de brouillages en champs TNT et LTE faibles sans préamplificateur. Le C/I mesuré a oscillé entre -20 et -30 dB suivant les multiplex et les variations de puissance du signal LTE demandées par TDF. Ceci a permis de constater que le récepteur le moins performant fonctionnait correctement en présence d'un C/I jusqu'à -30 dB, sauf lors du passage de la base à une charge de trafic nulle pour laquelle le C/I nécessaire est nettement dégradé.

En champ LTE moyen (entre -35 et -25 dBm à l'entrée du récepteur, correspondant à un C/I entre -30 dB et -40 dB), le canal 60 s'est souvent retrouvé brouillé principalement sur le récepteur jugé médiocre et parfois sur le récepteur moyen. Le récepteur moins performant s'est aussi révélé plus sensible au brouillage par une émission LTE sans charge de trafic.

Des essais avec un préamplificateur ont révélé une tendance à la saturation des récepteurs. En effet, malgré un rapport de protection à priori favorable pour l'adaptateur le moins performant (environ -20 dB), ce dernier s'est révélé le plus perturbé dans ces essais.

Le changement de canal de la base LTE apporte un gain de réception non négligeable au fur et à mesure que l'on s'éloigne du canal 60. Ce gain est cependant beaucoup moins marqué en présence d'un préamplificateur, confirmant la tendance à la saturation des récepteurs.

3.2 Présence d'un champ TNT faible et d'un champ LTE fort

Dans cette situation défavorable (niveaux TNT entre 53 et 57 dB μ V/m et champ LTE élevés), des tests complémentaires à ceux de TDF, avec et sans préamplificateur, ont pu être menés par l'ANFR.

Sans préamplificateur, le comportement des récepteurs se dégrade légèrement par rapport à la situation en champ LTE moyen, mais sans être catastrophique. C'est le récepteur le plus médiocre qui est souvent brouillé.

L'ajout d'un préamplificateur en présence d'un champ LTE fort (> -25 dBm à l'entrée du récepteur) aggrave sans surprise la réception au point de saturer certains récepteurs. Les tests sur plusieurs modèles ont permis de constater que ces derniers ne sont pas tous égaux devant les phénomènes de saturation que cela engendre. Les récepteurs externes saturent avec des niveaux de brouillage plus faibles et ce, quel que soit le niveau de charge du réseau mobile et souvent sur tous les canaux. Le téléviseur à démodulateur intégré HD semble mieux se comporter, mais restant toutefois perturbé sur le canal 60.

Des tests complémentaires ont permis de déterminer que les phénomènes de saturation se produisaient dans les récepteurs et non pas au niveau de l'amplificateur. Ce dernier, de bonne qualité, possédait en effet une plage de niveau de sortie assez étendue.

Le passage sur le canal DL2, puis DL3 améliore la situation sans préampli au point de permettre la réception de toutes les chaînes, même pour les récepteurs moyens. Cette amélioration disparaît lors de l'insertion d'un amplificateur, ce qui est caractéristique d'un effet de saturation. Même sur le DL3, le signal LTE amplifié perturbe fortement les récepteurs les plus sensibles.

A noter que le récepteur médiocre se comporte souvent très mal avec un signal LTE sans charge de trafic (mode appelé aussi « idle »). Ce comportement, également constaté par TDF, semble s'expliquer par des choix de conception pour ce récepteur impliquant un contrôle automatique de gain très sensible aux variations brutales de signaux à l'intérieur de la bande TV. En effet, le signal LTE en mode 0% de trafic génère des signaux à transitoires rapides liées à l'émission de données de signalisations indispensables à l'inscription d'un mobile LTE sur la base.

3.3 Présence d'un champ TNT moyen et d'un LTE moyen à fort

Globalement, avec des niveaux moyens de signal LTE (entre -35 et -25 dBm), les mesures en champ TNT moyen (environ 65 dB μ V/m) ont conduit à une légère amélioration de la réception sur le récepteur moyen. En champ LTE fort (> à -25 dBm), l'augmentation du signal TNT n'apporte pas d'amélioration notable par rapports aux conditions précédentes. En revanche, le récepteur médiocre se comporte toujours de manière erratique dans les conditions de charge de trafic nulle de la base LTE.

Les essais avec un amplificateur ont confirmé ce qui a été écrit précédemment, à savoir que sa présence fait saturer les récepteurs lorsque le champ brouilleur est moyen à élevé. Ce préamplificateur aggrave également la sensibilité du récepteur moins performant aux « bursts » de la base.

Des essais complémentaires ont été menés avec un filtre réjecteur monocanal réglé à l'analyseur de spectre sur les canaux LTE et inséré entre l'antenne et le récepteur. Avec une émission LTE sur DL2 ou DL3, cet équipement permet une réjection très efficace du brouilleur. Tous les récepteurs, y compris le moins performant ont récupéré les multiplex perturbés. Pour DL1, la réjection est tout aussi efficace, en tenant compte cependant d'une atténuation de 6-8 dB du signal utile sur le canal 60 adjacent. Cela signifie donc qu'une marge est nécessaire pour recevoir correctement ce canal tout en filtrant efficacement le brouilleur.

Enfin, il a été noté un comportement particulier de notre récepteur TV à TNT HD intégré. L'équipe technique de l'ANFR a décelé une perturbation apparemment interne du démodulateur intégré lié à une fréquence image. En effet, en présence d'un signal LTE émis sur le canal DL1, le canal TNT 57 est brouillé alors que les canaux 60 et 58 ne le sont pas. Le même phénomène est constaté sur le canal 58 (sans brouillage sur le 60 et le 57) en présence cette fois du canal LTE DL2. Il semble donc qu'une fréquence image décalée de 32 MHz (4 x 8 MHz) perturbe en interne le récepteur TNT intégré. L'ajout d'un atténuateur dans la chaîne de réception (réduisant donc les signaux utiles et brouilleurs) a permis de récupérer la démodulation du canal TV impacté, ce qui laisse également supposer pour ce cas de figure, qu'un filtre réjecteur dans la bande LTE, ou tout simplement un petit atténuateur de ligne, peut solutionner ce type de problème.

4. Conclusions (solutions pour se prémunir du brouillage)

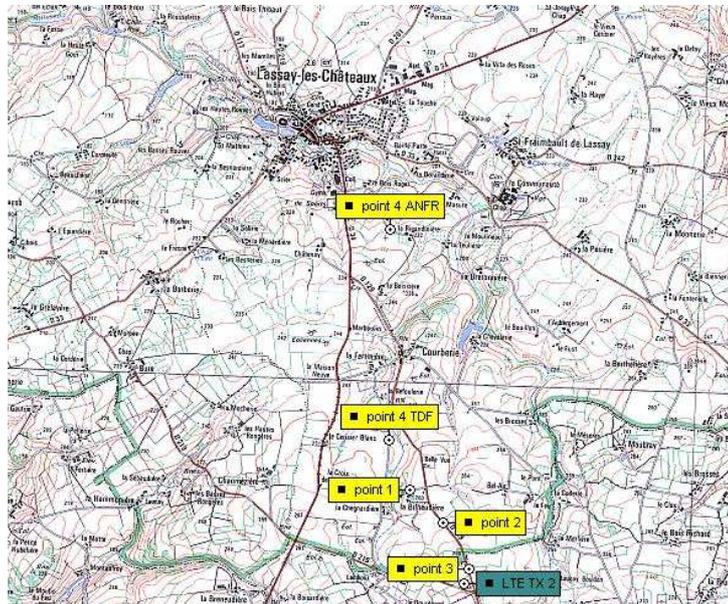
.

.

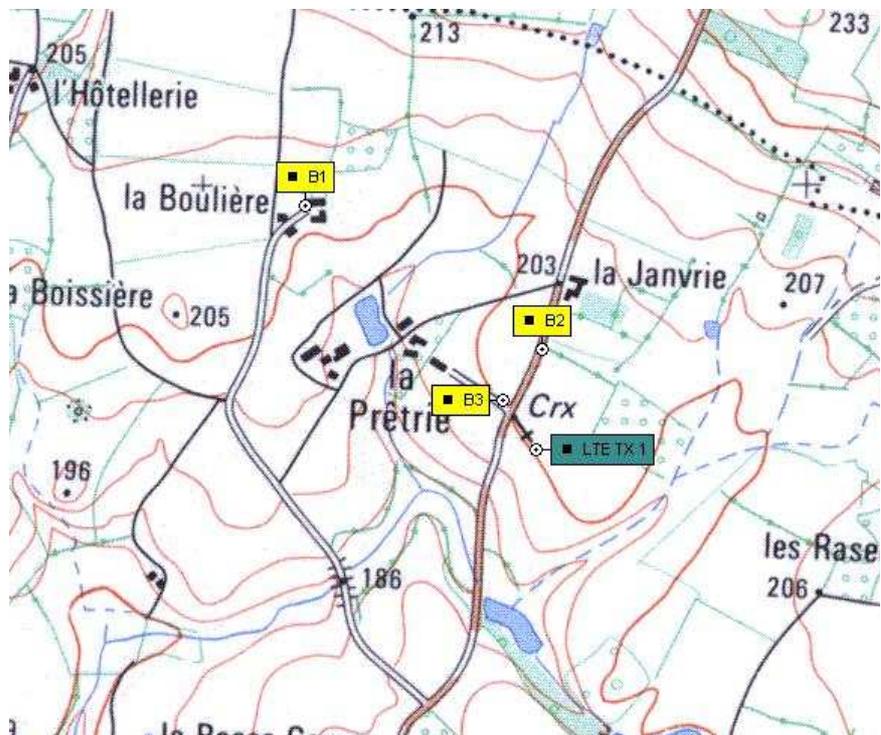
5. Annexes

5.1 Emplacement des points de mesures

Première semaine : brouillage depuis site LTE 2

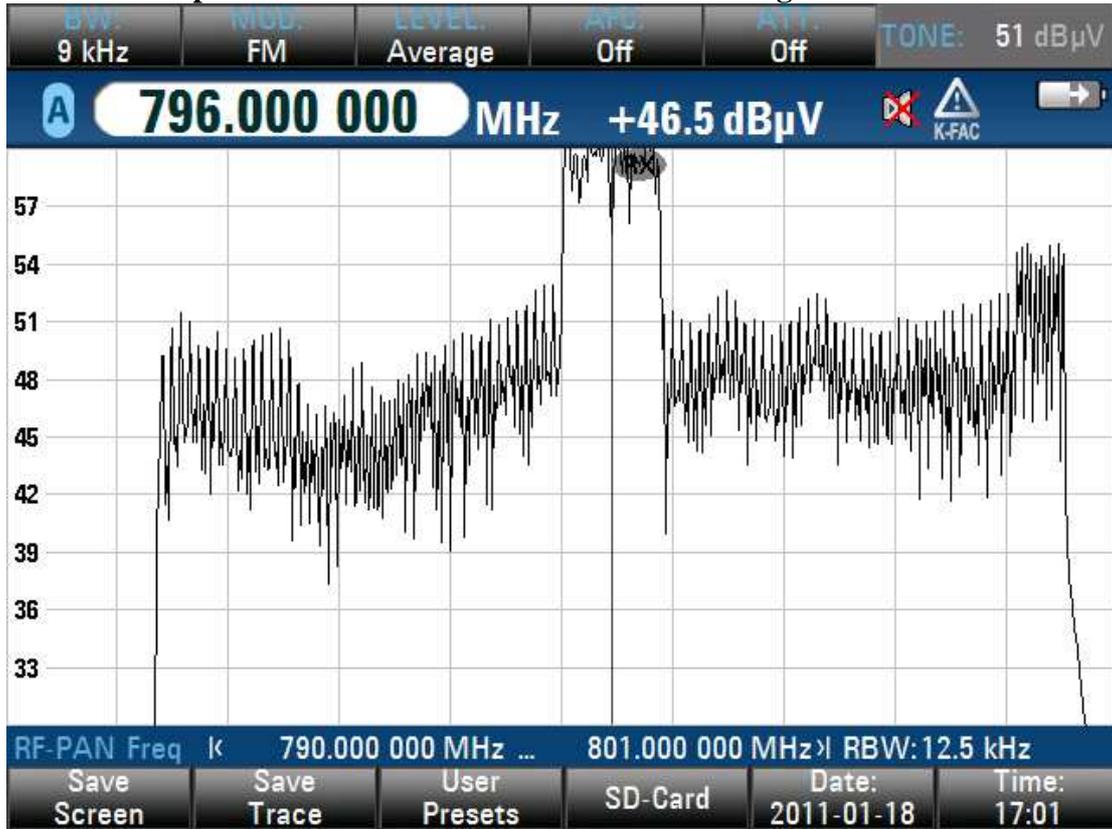


Deuxième semaine : brouillage depuis site LTE 1

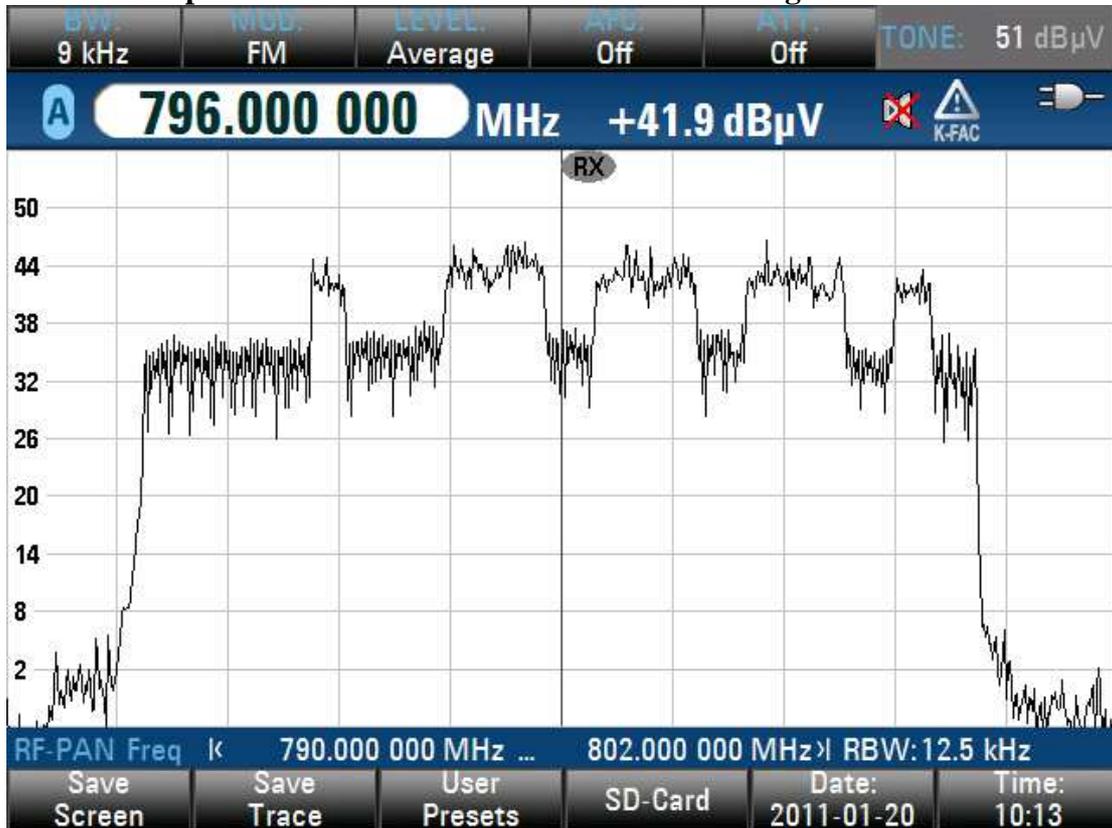


5.2 Graphes

Spectre LTE sur le canal DL1 à 0% de charge de trafic :



Spectre LTE sur le canal DL1 à 50% de charge de trafic :



Spectre LTE sur le canal DL1 à 100% de charge de trafic :

