

Compte rendu de l'expérimentation LTE « Laval II »

Agglomération de Laval (Mayenne)

12 septembre – 31 octobre 2011

Une première expérimentation de coexistence LTE-TNT en zone urbaine

Des tests de diffusion de signaux LTE ont été réalisés en environnement rural dans la zone de desserte de l'émetteur régional de Laval -- Mont-Rochard du 17 au 28 janvier 2011. Pour compléter les données recueillies par des résultats représentatifs d'une utilisation de ce nouveau service en zone urbaine, une nouvelle expérimentation a été conduite entre le 12 septembre et le 31 octobre 2011. Ces tests ont été réalisés par un consortium dirigé par TDF et réunissant les opérateurs Orange, Bouygues Telecom et SFR. Cette expérimentation avait été préalablement autorisée par l'ARCEP, avec avis favorable du CSA, affectataire des fréquences utilisées pour la diffusion du LTE jusqu'au 30 novembre 2011.

Le but de ces tests était notamment de mieux évaluer les risques de brouillage de la réception de la TNT lorsque des stations diffusant le service LTE sont activées en zone urbaine. La particularité des zones urbaines réside dans un risque plus élevé de saturation des récepteurs (difficulté pour le téléviseur de discerner les multiplex du fait d'une amplification du signal reçu) et par la plus grande proportion d'installations collectives. L'expérimentation a consisté en la mise en service, essentiellement séquentielle, de huit stations de base LTE à Laval et dans la commune limitrophe de Saint Berthevin. La carte de l'implantation des stations est disponible en annexe 1.

Pour se placer dans des conditions reflétant les conditions les plus exigeantes de la coexistence entre la TNT et la 4G, les chaînes de télévision avaient accepté d'anticiper la mise en service de la haute définition sur le canal 60 à partir du réémetteur du stade Jean Macé, qui n'était prévue à l'origine que pour le printemps 2012. Ainsi, à partir du 5 septembre 2011, tous les Lavallois pouvaient recevoir trois chaînes supplémentaires en haute définition (France 2, TF1 et M6).

Les équipes de TDF avaient préalablement analysé l'environnement des différents sites LTE pour déterminer l'ordre d'allumage en fonction du risque de brouillage, en différenciant notamment les zones industrielles, les résidences individuelles et les immeubles collectifs.

Conformément à la demande du ministre chargé de l'industrie, de l'énergie et de l'économie numérique, l'Agence nationale des fréquences (ANFR) a joué un rôle d'observateur pendant ce test et a organisé le recueil des réclamations des téléspectateurs.

L'ANFR a mis en place, avec le concours du GIP de France Télé Numérique (FTN), un centre d'appel destiné à recueillir les appels des téléspectateurs qui seraient brouillés. Elle a également fait déposer 33 000 courriers non adressés dans l'agglomération de Laval pour informer les téléspectateurs de l'expérimentation et leur communiquer le numéro de téléphone à joindre en cas de perturbation de la réception TNT. Pendant toute la durée de l'expérimentation, deux agents de l'ANFR ont été présents à Laval avec un véhicule laboratoire.

La préfecture, les élus et les professionnels (installateurs d'antennes, vendeurs d'électroménager) ont également été spécifiquement informés par un courrier du Ministre, par l'ANFR ou par le consortium.

Les premiers émetteurs LTE ont démarré avec une dizaine de jours de retard par rapport au calendrier initialement prévu. Ces délais étaient dus à des difficultés de mise en œuvre de ces appareils de pré-série. Le calendrier d'allumage des stations LTE est disponible en annexe 2.

Les premiers émetteurs ont été démarrés avec un trafic variable sur le premier canal LTE (796 MHz avec une largeur de bande de 10 MHz) et une puissance de 64 dBm : les premiers essais ont eu lieu avec un trafic nul (mode à 0 %), puis d'autres essais ont examiné l'impact d'un trafic maximal (mode à 100 %). La majorité des brouillages ayant été constaté en mode 100 %, le consortium a décidé par la suite d'expérimenter systématiquement dans ce mode.

Les données issues du centre d'appel étaient régulièrement consultées par TDF et par l'ANFR. TDF en tirait les informations nécessaires au traitement rapide des appels des téléspectateurs brouillés par l'expérimentation. L'ANFR, en examinant le nombre et la typologie des réclamations, vérifiait le bon déroulement de l'expérimentation.

Un faible nombre de foyers a fait état de brouillages par le LTE

Le bilan transmis par TDF en date du 28 octobre indique qu'environ 200 réclamations ont été enregistrées, chiffre qu'il convient de rapprocher des quelques 34 400 foyers de la zone concernés par l'expérimentation.

Selon TDF, 40 % de ces réclamations seraient liées directement au LTE. Le bilan complet des brouillages par les stations LTE est disponible en annexe 3.

Factuellement, l'expérimentation a donc montré que, lors d'un fonctionnement intermittent des stations LTE pendant ces six semaines, environ **2,3 foyers pour mille** ont fait état de troubles de réception imputables à la mise en service du LTE.

Il convient néanmoins de tenir compte du fait que certains téléspectateurs perturbés ont pu ne pas se manifester pour diverses raisons (pertes du numéro de téléphone, brouillage non continu, durée trop réduite de la mise en service des stations LTE...). Il est donc légitime de considérer que le pourcentage de foyers brouillés susceptibles de se manifester en cas de fonctionnement continu du LTE sur plusieurs semaines serait supérieur à ce chiffre.

Pour mémoire, les études théoriques prévoient, dans les régions où le canal 60 est diffusé, un brouillage de 3,9 % à 6,4 % des foyers par l'opérateur du premier bloc (791-801 MHz).

Le taux de réclamation observé à l'issue de l'expérimentation de Laval n'apparaît donc pas de nature à remettre en cause ces estimations. Néanmoins, ce taux ressort à un niveau 10 à 30 fois plus faible que la prévision, ce qui constitue un écart trop important pour en tirer des corrélations. Compte tenu de la nature intermittente de la mise en œuvre des stations LTE, il est vraisemblable qu'un taux aussi bas ne puisse pas être observé en fonctionnement continu sur une plus longue période.

Le principal mode de brouillage est la saturation des récepteurs

- Les principales caractéristiques des brouillages constatés lors de l'expérimentation

L'expérimentation à Laval permet de faire les constatations suivantes :

- le mode de brouillage le plus souvent rencontré à Laval est la saturation des chaînes de réception par des stations de base LTE de forte puissance (64 dBm);
- des installations de réception TV comportant des éléments actifs (amplificateurs) peuvent être brouillées à plus d'un kilomètre de la station LTE;
- l'Agence a constaté une présence élevée d'éléments actifs dans les installations ;
- les brouillages ne concernaient pas uniquement le canal 60 mais ont été perceptibles jusqu'au canal 57, voire, pour des installations comportant des éléments actifs, dans des canaux inférieurs ;
- les cas de brouillage constatés correspondent toujours aux situations identifiées précédemment comme « à risque » :

- antenne de réception placée au même niveau que l'antenne de la station de base et orientées dans sa direction (pas de discrimination d'antenne) ;
 - zones situées en limite de couverture des émetteurs du Mont Rochard ou du stade Jean Macé, comme à Saint Berthevin commune d'implantation de la station LTE7, où le niveau de signal utile est à la limite de la norme ;
 - le mode de charge de trafic à 0 % ne s'est pas révélé dans cette expérimentation le mode le plus brouilleur ;
 - la co-localisation entre la station de base LTE et une station TNT permet de conserver un rapport signal sur interférence favorable sur toute la zone de l'émetteur TNT et donc aide à la cohabitation entre les deux services. On notera que cette solution ne règle toutefois pas les problèmes de saturation ;
 - quelques cas de brouillage n'ont pas pu être résolus par la pose de filtres pendant l'expérimentation.
- La puissance des stations de base est un facteur déterminant du risque de brouillage

Pour ces expérimentations, les opérateurs ont souhaité utiliser les stations de base LTE à la puissance maximale (64 dBm).

L'effet de la puissance apparaît particulièrement sensible pour les effets de saturation et de non linéarité dus aux amplificateurs des antennes collectives et de certaines antennes individuelles : des mesures réalisées pendant l'expérimentation (voir annexe 4) montrent que le niveau de brouillage lié à ces non linéarités, peut baisser trois fois plus vite que le niveau du signal LTE, conformément à la théorie (phénomène de non linéarité d'ordre 3). Une baisse du signal LTE de 3 dB se traduit ainsi par une réduction du brouillage de 9 dB.

Les études théoriques remises à jour en 2011 montrent que (voir annexe 5), par rapport à l'hypothèse d'une répartition de puissance correspondante à celle du réseau GSM (en annexe 6) :

- lorsque la puissance des stations de base LTE se situe à 59 dBm, le pourcentage théorique de foyers brouillés est multiplié par 2 pour les brouillages en rapport de protection et par 3 pour les brouillages en saturation ;
- lorsque la puissance des stations de base LTE se situe à 64 dBm, le pourcentage théorique de foyers brouillés est multiplié par 4 pour les brouillages en rapport de protection et par 10 pour les brouillages en saturation.

- Configurations créant les brouillages

L'expérimentation a confirmé que les configurations suivantes étaient génératrices de brouillages :

- antenne de réception placée au même niveau que l'antenne de la station de base et orientée dans sa direction (pas de discrimination d'antenne) ; dans ce cas, la distance de brouillage peut atteindre le kilomètre, sans que cela n'implique pour autant que toutes les antennes de réception situées à des distances plus proches soient également brouillées, compte tenu de l'importance du facteur de discrimination d'antenne et de la nature de la chaîne de réception (présence d'amplificateurs) ;
- zones situées en limite de couverture des émetteurs du Mont Rochard ou du stade Jean Macé, comme à Saint Berthevin commune d'implantation de la station LTE7, où le niveau de signal utile est à la limite de la norme ; dans ce cas, l'augmentation du niveau d'interférence entraîne la dégradation, voire la perte de la réception de télévision numérique. On notera que le département de la Mayenne avait été choisi en raison de la présence de zones à plus forte densité de population en limite de couverture, en particulier la ville de Laval, à distance de l'émetteur de Laval Mont Rochard ;
- mode de trafic des stations de base LTE à 100 %. Lors de l'expérimentation, une station de base LTE causait d'avantage de brouillage lorsqu'elle fonctionnait avec un trafic maximal (mode à 100 %) qu'avec un trafic nul (mode à 0 %). Les études de brouillages théoriques

réalisées par l'Agence ont considéré les deux modes de charge de trafic, c'est-à-dire 0 % et 100 %. Compte tenu de la sensibilité particulière de certains récepteurs, les estimations de brouillages en mode 0 % étaient ressorties nettement supérieures à celles du mode 100 %. Ce résultat s'expliquait par le fait que, même si la puissance différait de 10 dB entre ces modes, le rapport de protection pouvait être dégradé en mode 0 % de plus de 20 dB. Le résultat de l'expérimentation pourrait s'expliquer par un faible taux de pénétration de récepteurs sensibles à ce mode chez les téléspectateurs, rejoignant ainsi des conclusions provisoires qu'avait établies le régulateur anglais (OFCOM).

L'expérimentation à Laval n'a pas mis en évidence de brouillage de l'émetteur secondaire du stade Jean Macé qui réémet le signal reçu de l'émetteur principal de Laval Mont Rochard. Toutefois, le pilotage de ces émetteurs secondaires de la TNT pourrait être perturbé par le LTE avec pour conséquence la perturbation de la réception sur toute la zone de ces émetteurs. Comme pour l'expérimentation à Laval, ce type de brouillage peut être évité par anticipation (ingénierie sur site, filtre ou mode de pilotage alternatif).

L'expérimentation a mis en lumière la charge de travail qui serait liée à un accompagnement *a posteriori* du téléspectateur au lieu d'une communication *a priori* auprès de toutes les parties prenantes.

Les brouillages sont techniquement faciles à circonvenir, dès lors que la composition exacte de la chaîne de réception est parfaitement connue

Techniquement, l'expérimentation a fait apparaître que le filtrage à coût modéré permet de rétablir une situation de bonne réception TV, y compris pour les brouillages du canal 60. L'annexe 7 recense les filtres utilisés dans l'expérimentation et leur coût approximatif. Le filtre le moins cher (dont le prix peut être estimé en production industrielle à environ 20 €) suffit habituellement à éliminer le brouillage.

Néanmoins, il est apparu qu'il fallait plus de temps que prévu pour insérer le filtre adapté. En effet, il faut impérativement placer le filtre avant les étages d'amplification, ce qui suppose de détecter la position de l'amplificateur dans la chaîne de réception. Dans les immeubles, les composants actifs sont en général accessibles dans les parties communes et un antenniste est souvent chargé de l'entretien : l'insertion du filtre est donc aisée. Il n'en n'est pas de même pour les installations individuelles : lors de l'expérimentation, les équipes sur le terrain ont décelé des composants actifs dont les occupants du logement ignoraient l'existence, installés dans des combles, des greniers (parfois non accessibles à partir du logement) voire sur le mât des antennes de réception, sur le toit. Ainsi, en ce qui concerne les installations individuelles, le coût de l'intervention (diagnostic + main d'œuvre) pourrait être plus élevé : l'installation du filtre doit prendre en compte le coût de la main d'œuvre estimé aujourd'hui à 110 €, le coût total (filtre + main d'œuvre) peut être ainsi estimé à **130 €** par intervention.

On notera également que les études de brouillages avaient été réalisées sur un mode de réception de type « individuel », c'est-à-dire avec une antenne de réception TV à 10 mètres au-dessus du sol. Cette approche aurait pu conduire à sous-estimer les brouillages des habitations collectives. Néanmoins, lors de l'expérimentation, la pose d'un seul filtre sur un système de réception collectif avant amplification a permis de restaurer la réception sur plusieurs dizaines de foyers. Cet effet apparaît plus favorable que la prévision, puisque les études théoriques ne pouvaient différencier les brouillages des habitations collectives des brouillages individuels.

Conclusion

L'intégration des résultats de Laval dans les simulations n'est pas aisée, car le nombre de brouillages réels ne peut être approché que par le nombre de réclamations constatées, vraisemblablement trop faible compte tenu de la brièveté de l'expérimentation.

Ces essais ont néanmoins permis tout d'abord de constater qu'il existe un véritable risque de brouillage de la réception TV lors du déploiement des stations LTE, et tout particulièrement lorsque la chaîne de réception inclut un composant actif d'amplification et ensuite de ne pas remettre en cause les évaluations théoriques.

L'expérimentation n'a pas permis de faire fonctionner les stations LTE en continu pendant plusieurs semaines, ce qui aurait permis de mieux appréhender les différents cas de brouillage. En effet, les signalements en protection de la réception de la TNT font ressortir que, lors de brouillages sporadiques, les signalements par les téléspectateurs peuvent n'être faits que plusieurs semaines après le début des troubles.

Les cas de brouillage étudiés ont permis de constater les risques particuliers de brouillage et des antennes équipées d'amplificateur, ce qui constitue l'essentiel du parc collectif mais aussi une fraction importante de l'habitat individuel. En revanche, le problème spécifique des récepteurs particulièrement sensibles aux signaux LTE en mode 0 % n'apparaît pas, dans le cas de l'expérimentation de Laval, comme particulièrement aigu.

La solution aux brouillages est apparue techniquement simple mais sa mise en œuvre a nécessité dans la majeure partie des cas l'intervention d'un professionnel.