



Etude des besoins en fréquences en France à l'horizon 2020



DGMIC, DGCIS

Réf : 2011-28-AF-DGCIS-DGMIC-Besoins en fréquences 2020

TERA Consultants
32, rue des Jeûneurs
75002 PARIS
Tél. + 33 (0) 1 55 04 87 10
Fax. +33 (0) 1 53 40 85 15

S.A.S. au capital de 200 000 €
RCS Paris B 394 948 731

ON-X
15, Quai de Dion Bouton
92816 PUTEAUX Cedex
Tél. +33 (0)1 40 99 29 83
Fax. +33 (0)1 40 99 99 58

SA au capital de 3 750 000 €
RCS Natterre B 391 176 971

Septembre 2011

Table des matières

Synthèse	4
Introduction	8
1 Analyse des besoins en fréquences des services audiovisuels	11
1.1 Facteurs d'évolution démographique, économique, sociale et technologique (parc utilisateurs et terminaux)	11
1.1.1 Etat des lieux	11
1.1.2 Evolution du marché des récepteurs à l'horizon 2020	17
1.2 Impact du développement des usages et services actuels et de l'émergence possible de nouveaux usages et services	20
1.2.1 Evolution de l'écosystème TNT	20
1.2.1.1 Evolution du nombre de chaînes en clair	20
1.2.1.2 Evolution du nombre de chaînes payantes	23
1.2.1.3 Evolution de la qualité de l'image diffusée par les chaînes TNT	25
1.2.1.4 Développement de nouveaux services audiovisuels (vers une télévision personnalisée)	27
1.2.2 La Télévision Mobile Personnelle	33
1.2.3 La Radio	35
1.3 Evaluation des besoins en fréquences	37
1.3.1 Considérations technologiques	38
1.3.2 Besoins en fréquence	39
1.4 Synthèse des besoins en fréquences pour les services audiovisuels	41
2 Analyse des besoins en fréquences des services de communications électroniques	45
2.1 Facteurs d'évolution démographique, économique, sociale et technologique (parc utilisateurs et terminaux)	45
2.1.1 Etat des lieux	46
2.1.2 Evolution à l'horizon 2020	51
2.2 Impact du développement des usages et services actuels et de l'émergence possible de nouveaux usages et services	55
2.2.1 Services interpersonnels (voix et SMS)	55
2.2.2 Données mobiles	57
2.2.2.1 L'Internet mobile et ses applications	58
2.2.2.2 Services multicast	67
2.2.2.3 Services M2M	68
2.2.2.4 Service très haut débit fixe	70
2.3 Evaluation des besoins en fréquences	72
2.3.1 Considérations technologiques	72
2.3.2 Modélisation des besoins en fréquence	77
2.3.3 Estimation des besoins en spectre à l'horizon 2020	80

2.4 Synthèse des besoins en fréquences pour les services de communications électroniques	82
3 Analyse des besoins en fréquences des services d'urgence et de sécurité	85
3.1 Facteurs d'évolution démographique, économique, sociale et technologique (parc utilisateurs et terminaux)	85
3.1.1 Les utilisateurs des services d'urgence et de sécurité	85
3.1.2 L'état des lieux	86
3.1.3 L'évolution à l'horizon 2020	91
3.2 Impact du développement des usages/services actuels et de l'émergence possible de nouveaux usages/services	92
3.2.1 Les usages à bande étroite	92
3.2.2 Les usages à large bande	94
3.2.3 Approche opérationnelle pour la qualification des applications critiques	99
3.2.4 Estimation de la volumétrie liée aux échanges de données	100
3.3 Evaluation des besoins en fréquences	102
3.3.1 Etat des lieux du besoin en fréquence pour les usages bande étroite	102
3.3.2 Estimation du besoin en fréquences	103
3.4 Analyse des trajectoires de réponse au besoin estimé	104
3.4.1 Analyse de l'impact du choix des fréquences d'accueil	105
3.4.2 Modalités des offres industrielles de réseau propriétaire proposées	105
3.4.3 Recherche des solutions alternatives ou d'attente en phase transitoire	107
3.5 Synthèse des besoins en fréquences pour les services d'urgence et de sécurité	108
4 Scénarii de besoins en fréquences	111
4.1 Principales analyses des besoins en fréquence à l'international	111
4.2 Principales évolutions des usages	112
4.3 Scénarii d'évolution des usages audiovisuels	115
4.3.1 Migration de l'offre TNT actuelle vers le tout HD	115
4.3.2 Migration vers une offre TNT HD enrichie	117
4.4 Scénarii d'évolution des usages des communications électroniques	120
4.4.1 Continuité de la croissance actuelle des usages mobiles	120
4.4.2 Emergence d'une hyperconnectivité sans fil	122
4.4.3 Substitution fixe-mobile en zone rurale	124
5 Prochaines étapes	127
6 Annexes	129
6.1 Références bibliographiques	129
6.2 Liste des acteurs rencontrés	134
6.3 Liste des pays considérés dans l'enquête internationale	135

Synthèse

Qu'il s'agisse des services audiovisuels, de télécommunications ou d'urgence et de sécurité, les usages des français connaissent de profondes mutations, portées par le rythme soutenu des évolutions technologiques.

Dans le domaine de l'**audiovisuel**, l'offre de service est en pleine mutation sous l'effet du numérique, aussi bien en termes d'accroissement du nombre de chaînes proposées au plus grand nombre (permis par le passage à la TNT), que de richesse des contenus (HD, ultra HD, 3D, etc.) ou que de type de services (services délinéarisés ou à la demande, services interactifs, services mobiles...).

On assiste également à la fin de l'hégémonie de la diffusion hertzienne, avec une progression constante de la consommation des services audiovisuels via de nouvelles plates-formes, et en particulier une forte progression des téléviseurs connectés à une plate-forme à haut ou très haut débit. Le développement de la fibre devrait accentuer encore le taux de pénétration de la télévision en mode IP au sein des foyers français. Néanmoins, il ne semble pas envisageable que les modes de réception alternatifs soient en mesure de marginaliser la TNT à l'horizon 2020, sachant que le coût que représenterait la migration de la totalité du parc TNT vers un autre mode de réception paraît prohibitif. Ainsi, la TNT reste à cet horizon une plate-forme incontournable pour la diffusion de la télévision.

Par ailleurs, la radio n'échappera pas à l'évolution naturelle que constitue la numérisation des contenus. D'ici à 2020, cette numérisation pourrait passer par le démarrage de la Radio Numérique Terrestre (RNT). Ainsi, même si l'existence d'un modèle technico-économique viable pour la RNT est encore à l'étude en France, il convient de conserver une capacité supplémentaire de fréquence sur le spectre afin de maintenir la possibilité d'une telle migration. En effet, sa réalisation nécessite une longue période de *simulcast* des programmes sur les réseaux analogiques et numériques.

Dans le domaine des **radiocommunications mobiles**, on observe depuis ces deux dernières années une augmentation considérable du trafic de données, en particulier avec l'essor des Smartphones. Cette progression va s'accroître dans les années à venir avec leur généralisation et la montée en puissance des objets communicants et des terminaux dédiés à un usage internet, type tablette tactile. A l'instar de la mutation qu'ont connue les réseaux fixes il y a une dizaine d'années, les réseaux mobiles sont à leur tour impactés par un développement rapide des usages de données et de multimédia mobile (web, musique, vidéos), ainsi que l'émergence de nouveaux services disponibles en mobilité (paiement sur mobile, géolocalisation, jeux en ligne, réseaux sociaux, *cloud computing*).

Par ailleurs, le Programme National « Très Haut Débit » (PNTHD), rendu public en juin 2010, s'inscrit dans un objectif de déploiement des réseaux à très haut débit en France couvrant 70% de la population à l'horizon 2020 et 100% à 2025. Les réseaux mobiles

devraient contribuer à la couverture en très haut débit de la France, notamment dans les zones rurales.

Les **réseaux d'urgence et de sécurité**, traditionnellement réservés à des usages en phonie voix et en transmission de messages courts à faible débit, sont aujourd'hui confrontés à une demande croissante en services dits large bande, fortement consommateurs en capacité (reconstitution d'un environnement professionnel de travail au sein des véhicules, remontée de données du terrain en temps réel, ...).

Pour l'ensemble des services étudiés, l'explosion des nouveaux usages est aujourd'hui réelle et mesurable. Cependant le niveau de consommation attendu dans la prochaine décennie fait l'objet d'un certain nombre d'incertitudes. Au total, deux scénarii clés pour les usages audiovisuels, trois pour les usages de communications électroniques et deux pour les usages des services d'urgence et de sécurité ont été envisagés à l'horizon 2020 afin de qualifier le champ des possibles.

- **Scénarii clés pour les usages audiovisuels :**

Les scénarii pour les usages audiovisuels se sont concentrés sur l'évolution de l'offre TNT car les besoins liés aux démarrages éventuels de la TMP et de la RNT s'avèrent beaucoup moins dimensionnant sur le plan spectral.

Ces scénarii reposent sur une généralisation de la HD ainsi que sur la capacité d'un multiplex à accueillir 6 chaînes HD à l'horizon 2020, au moyen du couplage de la norme de diffusion DVB-T2 avec l'une des deux évolutions possibles de la norme de compression : l'optimisation de l'encodage MPEG-4 ou la migration vers le HEVC. Ils supposent par ailleurs une relative stabilité du marché publicitaire de la télévision, et considèrent que les usages émergents tels que les SMAD, la 3D, la télévision connectée, s'avèreront peu dimensionnant s'ils sont accompagnés par une gestion plus souple du spectre au sein de chaque multiplex.

- **Migration de l'offre TNT actuelle vers le tout HD**

Les besoins en spectre pour une migration de l'offre TNT actuelle (soit 30 chaînes) vers le tout HD en utilisant les technologies généralisables dans les foyers à l'horizon 2020 s'élèvent à environ 245 MHz (soit 75 MHz de moins que la ressource actuellement attribuée). En cas d'évolution favorable des négociations aux frontières, ce besoin pourrait descendre jusqu'à environ 170 MHz (soit 150 MHz de moins qu'actuellement). Toutefois la réalisation des objectifs de ces négociations aux frontières semble difficilement atteignable à l'horizon 2020.

- **Migration vers une offre TNT HD enrichie¹**

Les besoins en spectre en cas de migration vers une offre de TNT HD enrichie (qui correspond à une quarantaine de chaînes TNT HD) à l'horizon 2020 s'élèvent à environ 320 MHz (soit la totalité de la ressource actuellement attribuée). Néanmoins,

¹ Le scénario « offre TNT HD enrichie » chiffré correspond à un scénario limite d'ajout de chaînes (une dizaine). Les besoins en spectre obtenus avec ce scénario rendent par ailleurs possible tous les scénarios d'enrichissement de la TNT HD jusqu'à une dizaine de chaînes.

en cas de négociations aux frontières optimisées, ce besoin pourrait descendre jusqu'à environ 245 MHz (soit 75 MHz de moins qu'actuellement).

- **Scénarii clés pour les usages des communications électroniques :**

Les scénarii clés pour les usages des communications électroniques reposent sur le déploiement de réseaux mobiles LTE offrant une efficacité spectrale 3,3 fois supérieure à l'efficacité spectrale de la 3G actuelle. Ils prévoient un maintien de bandes de fréquences en 3G mais une disparition des réseaux 2G. Enfin, tous les scénarii incluent l'utilisation de femtocells ou du wifi afin de migrer une partie du trafic mobile vers les réseaux fixes (de 20 à 40% du trafic).

Par précaution, les évaluations ont été réalisées sans prendre en compte les bandes de fréquence au-delà de 3 GHz car il n'existe pas à ce jour d'équipements industriellement disponibles pour offrir un service mobile.

- **Continuité de la croissance actuelle des usages mobiles**

Les besoins en spectre pour les services utilisant les fréquences de communications électroniques sont compatibles, en cas de continuité avec la croissance actuelle des usages mobiles, avec les ressources attribuées ou en cours d'attribution aujourd'hui aux opérateurs mobiles.

- **Emergence d'une hyperconnectivité sans fil**

En cas de généralisation de l'hyperconnectivité sans fil, une attribution de 450 MHz supplémentaires pour les services utilisant les fréquences de communications électroniques serait nécessaire. Dans un tel contexte, plus les opérateurs disposeront de bandes de fréquences en dessous de 1 GHz, meilleure sera la qualité de service fournie aux consommateurs, en raison notamment de la qualité de pénétration de ces fréquences en indoor. La largeur de spectre supplémentaire nécessaire en cas de réalisation de ce scénario approche la quantité de spectre supplémentaire devant être alloué aux communications électroniques dans le cadre du « National Broadband Plan » présenté début 2011 par les Etats-Unis et qui prévoit d'allouer 500 MHz supplémentaires aux communications électroniques à l'horizon 2020.

- **Substitution fixe-mobile en zone rurale**

L'utilisation d'un réseau mobile pour délivrer un service fixe d'accès THD en zone rurale nécessiterait l'attribution de l'ordre de 100 MHz (si les fréquences déjà allouées contribuent au service d'accès THD) à 200 MHz supplémentaires (si les fréquences pour le service d'accès THD doivent être dissociées des fréquences attribuées aux réseaux mobiles) en dessous de 1 GHz aux services utilisant les fréquences de communications électroniques à l'horizon 2020.

- **Scénarii clés pour les usages d'urgence et de sécurité :**

- **Utilisation de réseaux de communications électroniques ouverts au public pour la fourniture des services large bande**

Les services d'urgence et de sécurité utilisent déjà à petite échelle des réseaux de communications électroniques ouverts au public. Une « industrialisation » de cette utilisation qui garantirait la confidentialité des échanges et permettrait des préemptions temporaires des capacités si nécessaire pourrait constituer une solution répondant aux besoins en usages sans accroître le spectre réservé.

- **Déploiement d'un réseau en propre pour la fourniture des services large bande**

Le déploiement d'une infrastructure en propre pour répondre aux besoins en fréquence des services d'urgence et de sécurité nécessite une attribution d'une bande de 20 MHz en plus de la bande utilisée actuellement pour les services à bande étroite.

Introduction

Qu'il s'agisse des services des télécommunications, de l'audiovisuel ou d'urgence et de sécurité, les usages des français connaissent de profondes mutations, portées par le rythme soutenu des évolutions technologiques. La dématérialisation des services et des contenus, la convergence entre l'audiovisuel et les télécommunications, la forte demande d'accès, en mobilité, à un nombre croissant de services, caractérisent ces mutations. Lorsque la délivrance de ces différents services nécessite de recourir au spectre radioélectrique, ces nouveaux usages se traduisent auprès des acteurs des communications électroniques, de l'audiovisuel, et des services d'urgence et de sécurité, en nouveaux besoins en fréquences, susceptibles dans certains cas, de se substituer les uns aux autres et dans d'autres cas, de s'additionner. L'attribution en 2010 de bandes de fréquences supplémentaires aux opérateurs de réseaux radio mobiles de 3ème génération, ainsi que le lancement en 2011 du processus d'attribution de fréquences pour des réseaux radio mobiles de 4ème génération dans les bandes 800 MHz et 2,6 GHz reflètent les besoins croissants en fréquences des opérateurs de réseaux mobiles terrestres et permettent d'y répondre à court et moyen terme.

L'identification de nouvelles bandes de fréquences au plan national, européen et international puis le réaménagement du spectre qui en découle constituent des processus qui s'inscrivent dans la durée. Sur le plan international, la prochaine Conférence Mondiale des Radiocommunications, en 2012, doit définir un ordre du jour de la Conférence suivante concernant l'évolution et l'harmonisation internationale du spectre radioélectrique en fonction des besoins des pays participants. Au niveau européen, la Commission européenne a émis une communication le 6 avril 2011, portant sur la proposition de lignes directrices communes en vue de la Conférence Mondiale des Radiocommunications de 2012², et a commandé une étude portant sur l'inventaire et la revue du spectre de fréquences³. Sur le plan national enfin, l'identification d'une position unifiée à présenter aux niveaux européen et international nécessite la mise en place d'un processus général de planification à long terme des ressources spectrales. Ainsi en octobre 2010, le Président du Comité Stratégique pour le Numérique (CSN) a remis un rapport au Premier Ministre dégageant les grands principes nécessaires à la définition d'une politique de l'Union européenne dans le domaine du numérique. Cette réflexion nationale se poursuit, notamment avec une étude menée par l'Agence Nationale des Fréquences sur les bandes de fréquences présentant un intérêt pour les services mobiles terrestres et les possibilités d'attribution à l'horizon 2020 de nouvelles fréquences pour ces services, ou encore la mission de consultation et de réflexion, remise au Premier ministre par le président du CSA en septembre 2011, sur l'évolution de la télévision numérique terrestre.

² http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/itemlongdetail.cfm?item_id=6855

³ http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecommm/library/calls_tenders/index_en.htm

La réévaluation à long terme des besoins en spectre pour les services de communications électroniques, les services audiovisuels, et les services d'urgence et de sécurité s'inscrit dans ce processus global de planification des ressources spectrales, et doit donc être initiée dès à présent. La Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS) et la Direction générale des médias et des industries culturelles (DGMIC) ont chargé les cabinets TERA Consultants et ON-X de réaliser cette étude.

La présente étude vise plus particulièrement à :

- réaliser un état des lieux en France des usages des services audiovisuels, des services de communications électroniques et des services d'urgences et de sécurité, et de de la capacité nécessaire sur les réseaux actuels pour écouler le trafic lié à ces usages ;
- proposer des scénarii d'évolution de ces usages à l'horizon 2020 ;
- réaliser une estimation des besoins en fréquences nécessaires à l'acheminement sur les réseaux du volume de données engendré par les usages de ces services à l'horizon 2020 pour chaque scénario envisagé, en prenant en compte les gains d'efficacité spectrale susceptibles d'être apportés par les progrès techniques réalisés à ce même horizon.

Cette étude exclut les réseaux de transports tels que les liaisons fixes d'acheminement des communications entre équipements de réseau de type faisceaux hertziens, les réseaux satellitaires, ou encore les réseaux de PMR « civile ».

Par ailleurs, cette étude n'a pas vocation à identifier les bandes de fréquences pouvant être utilisées pour l'acheminement des besoins déterminés, cette démarche relevant du champ de l'étude menée en parallèle par l'Agence Nationale des Fréquences. Toutefois, les usages mobiles, nomades et fixes impliquant le recours à des bandes de fréquences différentes, car dotées de caractéristiques de propagation variables, la présente étude précise si les besoins en spectre estimés se situent en deçà ou au-delà de 1 GHz.

Afin de réaliser la présente étude, TERA Consultants et ON-X se sont appuyés, d'une part sur un ensemble d'études récentes disponibles, et d'autre part sur l'audition de l'ensemble des acteurs concernés – groupes présents dans la radio et la télévision, opérateurs télécoms, équipementiers, régulateurs, administrations, syndicats professionnels et associations. La liste des études utilisées ainsi que la liste des acteurs auditionnés figurent en annexe du présent rapport.

Par ailleurs, une enquête internationale a été réalisée, afin de recenser les études déjà réalisées dans d'autres pays et d'examiner les solutions adoptées. La liste des pays interrogés figure elle aussi en annexe du présent rapport.

L'ensemble de ces analyses et des auditions effectuées ont ainsi permis, d'une part d'identifier les facteurs d'évolution démographique, économique, sociale, et technologique susceptibles de faire évoluer les usages, et d'autre part d'apporter un éclairage sur les évolutions technologiques attendues à l'horizon 2020 qui seront en mesure de modifier les besoins en spectre pour chacun des usages ou services considérés.

Par ailleurs, des analyses complémentaires ont été réalisées, afin d'ajuster les prévisions issues des études recensées et de modéliser les besoins en spectre dans le cas particulier du marché français, à l'horizon temporel souhaité pour cette étude.

Le présent rapport se divise en quatre parties :

- Une première partie consacrée aux services utilisant aujourd'hui les fréquences réservées à l'audiovisuel ;
- Une deuxième partie dédiée aux services utilisant aujourd'hui les fréquences réservées aux communications électroniques ;
- Une troisième partie dédiée aux services d'urgence et de sécurité ;
- Une quatrième partie synthétisant les besoins en spectre pour chaque classe de fréquences selon différents scénarii ;

Au sein de chacune des trois premières parties, l'étude consiste à

- Identifier les facteurs d'évolution démographique, économique, sociale et technologique des usages associés au type de services considéré, en décrivant plus particulièrement le nombre et la typologie des utilisateurs des services considérés et en prédisant leur évolution à l'horizon 2020.
- Proposer différents scénarii concernant le développement des usages et services actuels, l'émergence de nouveaux services et l'impact de ces évolutions sur les besoins en capacité des utilisateurs à l'horizon 2020.
- Estimer les besoins en spectre à partir des besoins en capacité déterminés précédemment, et d'hypothèses technologiques influençant les paramètres de conversion de la capacité requise en fréquences à l'horizon 2020.

Enfin, la dernière partie de cette étude synthétise les besoins globaux en fréquences, en fonction des différents scénarii identifiés pour chacun des services analysés, tout en intégrant les phénomènes de substituabilité pouvant intervenir entre les différentes classes de fréquences.

1 Analyse des besoins en fréquences des services audiovisuels

Dans le domaine de l'audiovisuel, l'offre de service est en pleine mutation sous l'effet du numérique, aussi bien en termes de richesse des contenus (HD, Ultra HD, 3D, etc.), que de type de services (services délinéarisés ou à la demande, services interactifs, services mobiles...). De plus, les services audiovisuels sont d'ores et déjà diffusés sur de multiples infrastructures de communications électroniques, qu'elles soient hertziennes ou filaires. L'impact de ces différentes transformations sur les services utilisant les fréquences audiovisuelles doit donc être évalué.

1.1 Facteurs d'évolution démographique, économique, sociale et technologique (parc utilisateurs et terminaux)

La consommation de services de télévision et de radio en termes de durée d'écoute reste stable depuis quelques années.

Les écosystèmes de la télévision ou de la radio reposent sur des équilibres mettant en œuvre à la fois les diffuseurs, les équipementiers et les éditeurs.

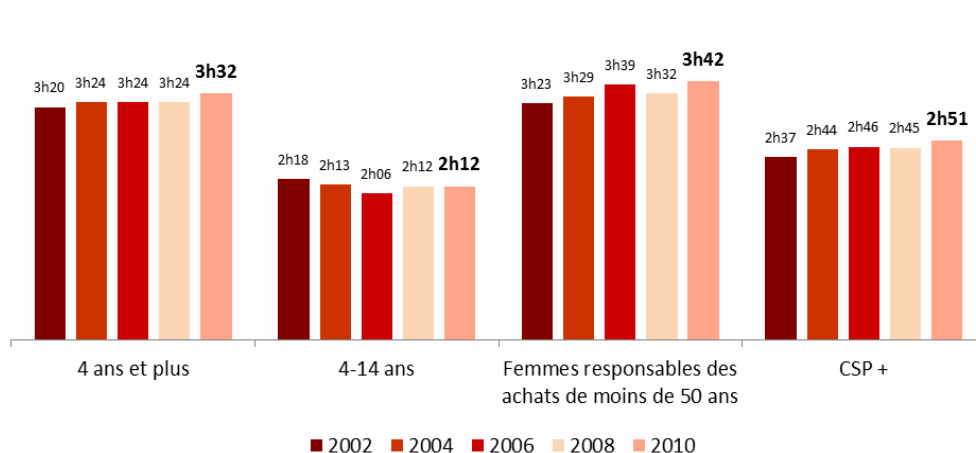
1.1.1 Etat des lieux

La consommation de services TV et Radio

En France, les durées d'écoute de télévision et de radio en France n'ont que très peu évolué au cours des dix dernières années. Ces durées sont en très légère augmentation concernant la télévision, et quasiment stable pour la radio.

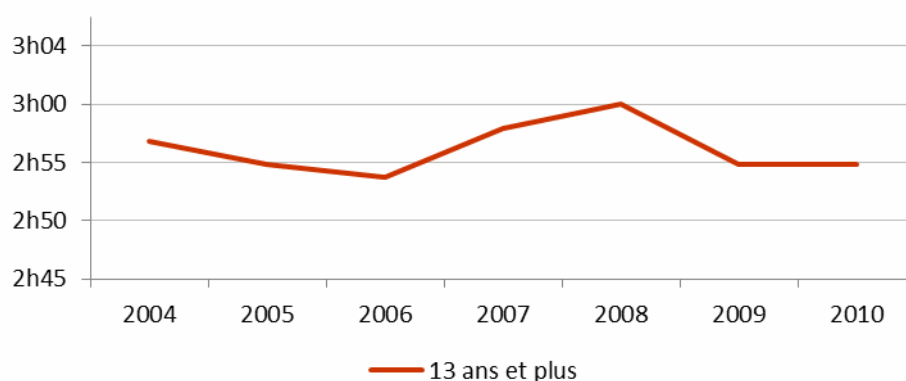
Ainsi, la place occupée par ces média dans la vie des Français devrait rester stable dans les années à venir, et en particulier à l'horizon 2020.

Figure 1 - Durée d'écoute journalière par individu (DEI) de la télévision pour différentes catégories d'individus



Source : CSA, rapport annuel 2010

Figure 2 - Durée d'écoute journalière de la radio par individu (population de 13 ans et plus)



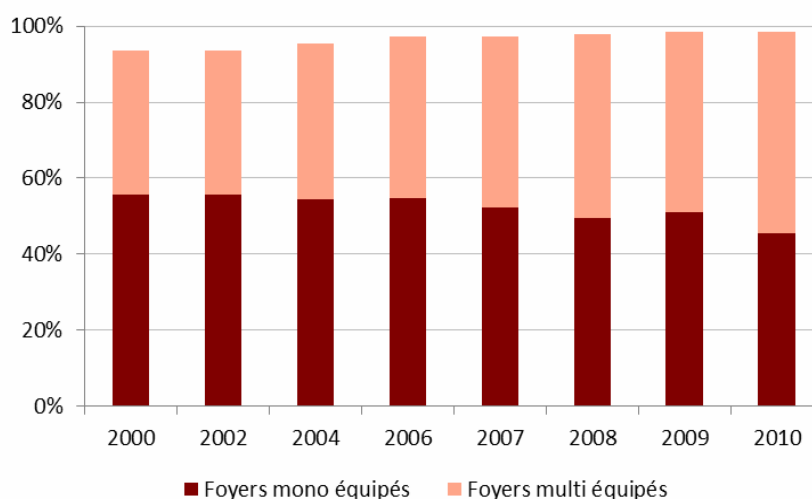
Source : CSA, rapport annuel 2010

Le marché des récepteurs de télévision et les modes de réception

En 2011, la quasi-totalité des foyers français est équipée d'au moins un poste de télévision. Cette forte pénétration du médium audiovisuel est accentuée par un taux de multi équipement particulièrement élevé puisqu'un foyer sur deux possède au moins deux téléviseurs⁴.

⁴ Guide des chaînes numériques, février 2011

Figure 3 - Equipement et multi équipement en télévision des foyers français



Source : CSA, rapport annuel 2010 et guide des chaînes numériques 2011

Au sein de ce marché, la télévision numérique a pris aujourd'hui une place prépondérante. Ainsi en 2010, près de 90% des foyers équipés d'un poste de télévision ont accès à la télévision numérique sur au moins un de leurs postes, que ce soit via la TNT, le satellite, le câble, l'ADSL ou encore la fibre optique⁵. Néanmoins, à cette date, la numérisation de l'ensemble du parc de terminaux conserve encore une marge de progression, avec plus de la moitié des postes secondaires restant à numériser⁶.

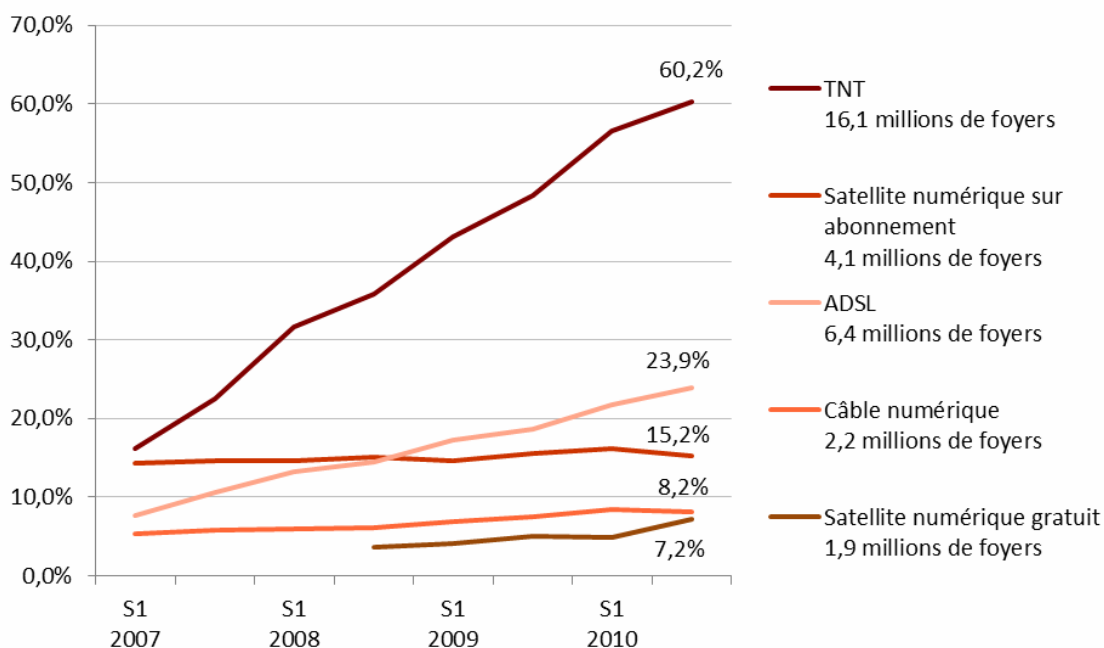
Parmi les différents modes de réception associés à la télévision numérique, la TNT est le mode le plus utilisé et touche aujourd'hui plus de foyers que tous les autres modes de réception numériques réunis. Ainsi en 2010, près de 60% des foyers reçoivent la télévision numérique par voie terrestre⁷.

⁵ Guide des chaînes numériques, février 2011

⁶ Guide des chaînes numériques, février 2011

⁷ Guide des chaînes numériques, février 2011

Figure 4 - pénétration des modes numériques de réception en France métropolitaine (en %)



Source : Observatoire de l'équipement des foyers pour la réception de la TV numérique, 2nd semestre 2010.

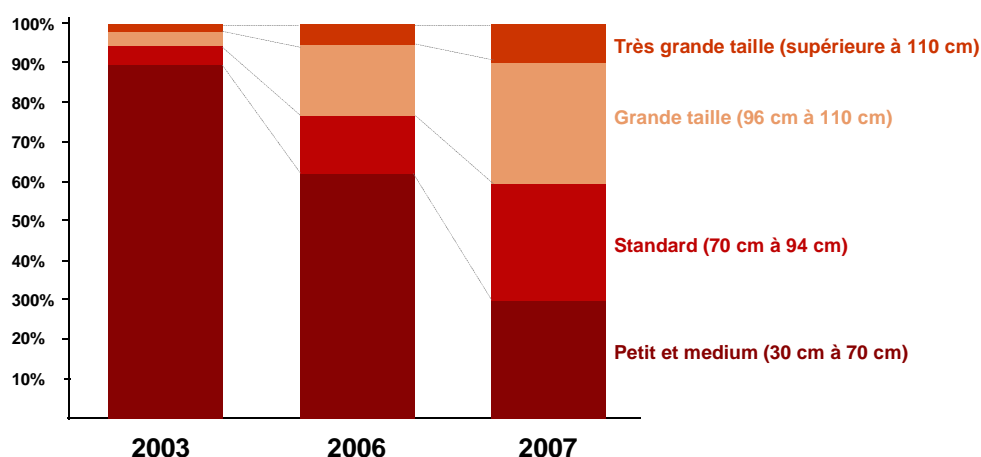
Par ailleurs, si la quasi-totalité des postes principaux est numérisée, 20% des postes secondaires reçoivent encore la télévision en analogique fin 2010. Au total, environ 2 postes secondaires sur 3 reçoivent la télévision par voie hertzienne (analogique ou numérique).

Enfin, si la réception de la télévision via l'ADSL est en forte croissance, ce mode de réception est a priori complémentaire à la TNT, et non pas substituable. En effet outre le caractère gratuit de la TNT, sa facilité de mise en œuvre en comparaison de l'ADSL, et sa nature adaptée au multi équipement, (il semblerait que les débits offerts par l'ADSL, en particulier dans les zones peu denses, ne suffisent pas toujours à la réception en simultané de plusieurs services de télévision et d'un accès internet haut débit) sont des facteurs favorables.

Parallèlement à la progression des modes de réception de la télévision numérique au sein des foyers français, on constate également une évolution de la nature des récepteurs installés.

L'augmentation de la taille des écrans à laquelle on assiste depuis près d'une décennie (Cf. Figure 5), a entraîné chez le téléspectateur un accroissement de l'exigence concernant la qualité de l'image reçue.

Figure 5 - Taille des écrans en pourcentage des ventes



Source : Simavelec

Le passage à la télévision numérique, grâce à l'amélioration de la qualité du signal qu'elle a apportée, a permis d'accompagner cette exigence de qualité suscitée par l'apparition de téléviseurs de plus en plus grands et capables de restituer une image haute définition.

Sous l'égide de la loi sur la télévision du futur de 2007, les fabricants ont ainsi intégré un adaptateur DVB-T/MPEG-4, permettant la réception de programmes en HD, dans tous les téléviseurs de plus de 66 centimètres de diagonale à partir du 1^{er} décembre 2009.

Sous l'effet cumulé de la progression de la couverture TNT et de l'extinction programmée de la réception analogique, ainsi que de l'appétence des français suscitée par l'amélioration de la qualité des terminaux et leur besoin croissant en multi équipement, les deux dernières années ont enregistré des ventes records de téléviseurs, au cours desquelles près de 30% du parc a été renouvelé⁸.

Ce fort taux de renouvellement a permis en particulier une pénétration rapide des téléviseurs HD au sein des foyers français, avec un peu plus de 60% des foyers équipés à fin 2010⁹, dont les deux tiers capables de recevoir les chaînes HD de la TNT.

Par ailleurs, le passage à la TV numérique a également permis d'enclencher d'autres évolutions technologiques au sein des récepteurs de télévision. L'année 2010, a ainsi été marquée par la forte croissance des ventes de téléviseurs connectés qui ont

⁸ 7,3 million d'unités vendues en 2009 (source : Guide des chaînes numériques) et 8.5 million d'unités vendues en 2010 (source : SIMAVELEC, Satellifax, 19 janvier 2011)

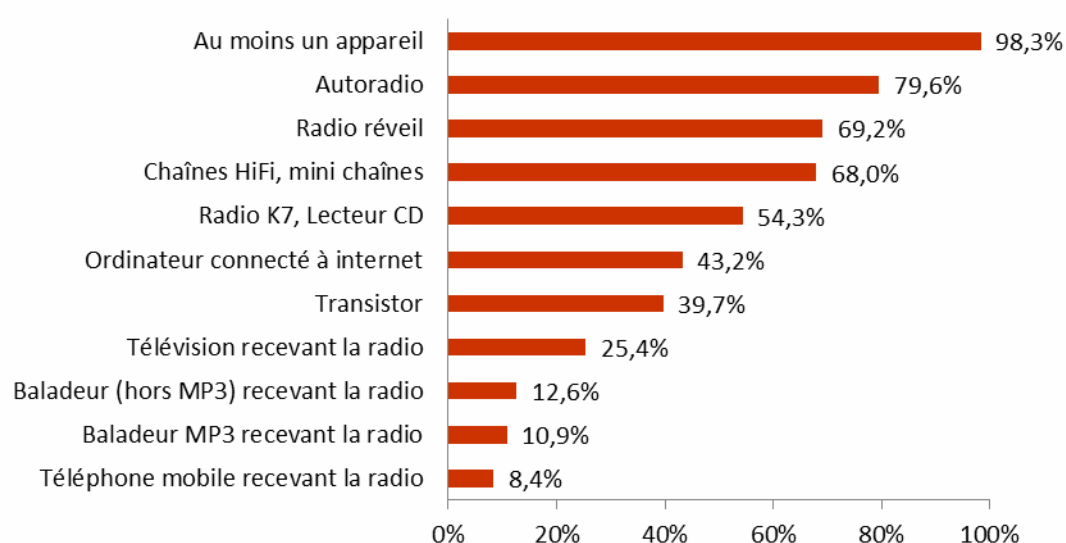
⁹ CNC, Marché de la vidéo, 2011

représenté 25% des téléviseurs vendus pendant l'année¹⁰, et dans une moindre mesure la commercialisation des premiers écrans 3D (avec 150 000 unités vendues¹¹).

Le marché des récepteurs radio

A l'instar de la télévision, la radio est également présente dans la quasi-totalité des foyers français. Toutefois, dans le cas de la radio le taux de multi-équipement est bien plus prononcé, avec plus de 6 récepteurs en moyenne dans chaque foyer équipé¹².

Figure 6 – Taux de pénétration par foyer des équipements permettant de recevoir la radio



Source : Médiamétrie, Mars 2006

Le marché des équipements PMSE

L'appellation PMSE (Program Making and Special Events) recouvre l'ensemble des professions associées à la réalisation et à la production de contenus destinés à être radiodiffusés, qu'il s'agisse de produits audiovisuels tels que des films, des publicités, ou d'événements ponctuels comme des concerts ou des compétitions sportives.

La possession d'une autorisation PMSE permet l'utilisation d'un ensemble d'équipements radio (type microphones sans fil ou caméras sans fil), appelés équipements PMSE, nécessaire à la réalisation et à la production de ces contenus.

On estime aujourd'hui le parc en France à environ 500 000 unités (en liaisons ou en équipements) opérant principalement (près de 75% du parc) au sein de la bande

¹⁰ Simavelec

¹¹ Simavelec

¹² CSA, les tendances d'écoute de la radio, juin 2009

470 MHz – 790 MHz, dans les espaces de fréquences non utilisés par la télévision terrestre et appelés « zones blanches »¹³.

Le nombre d'utilisateurs au sein de cette bande de fréquences est amené à augmenter légèrement dans les années à venir. En effet 10% des utilisateurs PMSE opèrent aujourd'hui dans les bandes 790 MHz – 823 MHz¹⁴. Or, l'attribution en 2010 de cette bande supérieure UHF aux services de communications électroniques (fréquences 4G), a rendu l'utilisation des équipements PMSE un peu plus contrainte. Ainsi certains professionnels ont déjà entrepris la migration du parc de microphones fonctionnant dans la bande 790-823 MHz vers des fréquences plus basses et ont commencé à investir dans de nouveaux équipements.

Aujourd'hui l'utilisation des espaces blancs, au sein des bandes de fréquences traditionnellement attribuées aux services audiovisuels, semble être en adéquation avec les besoins des utilisateurs PMSE, malgré quelques problèmes de saturation des fréquences disponibles dans certains lieux très densément utilisés (problème de la simultanéité des tournages pour la télévision dans les studios de la Plaine Saint Denis, Champs Elysées)¹⁵.

Néanmoins, l'extinction de la télévision analogique a permis la libération de canaux supplémentaires¹⁶ dans les bandes de fréquences 470 MHz – 790 MHz, qui permettront de compenser les besoins des utilisateurs PMSE et d'accueillir l'augmentation prévisible, quoique modérée, du parc d'utilisateurs dans cette bande de fréquences (parc PMSE - moins de 10% - opérant sur l'espace des fréquences 4G). La bande de fréquences 470 MHz – 790 MHz compte ainsi 40 canaux UHF, dont une trentaine de canaux potentiellement disponibles localement pour les utilisateurs PMSE dans cet espace de fréquences¹⁷.

1.1.2 Evolution du marché des récepteurs à l'horizon 2020

Le marché des récepteurs de télévision

Tout semble indiquer que l'équipement des français en récepteurs HD continuera à s'intensifier dans les années à venir. Selon les prévisions du Simavelec, les records de ventes de postes de télévision enregistrées en 2010 devraient à nouveau être battus en 2011, avec environ 20% du parc renouvelé au cours de cette année. Si un

¹³ Synthèse de la consultation « microphones sans fil professionnels » lancée par la DGMIC et la DGCA auprès des acteurs du marché (organisations professionnelles, équipementiers et distributeurs, sociétés de productions, salles de spectacles), décembre 2010.

¹⁴ Synthèse de la consultation « microphones sans fil professionnels » lancée par la DGMIC et la DGCA auprès des acteurs du marché (organisations professionnelles, équipementiers et distributeurs, sociétés de productions, salles de spectacles), décembre 2010.

¹⁵ Synthèse de la consultation « microphones sans fil professionnels » lancée par la DGMIC et la DGCA auprès des acteurs du marché (organisations professionnelles, équipementiers et distributeurs, sociétés de productions, salles de spectacles), décembre 2010.

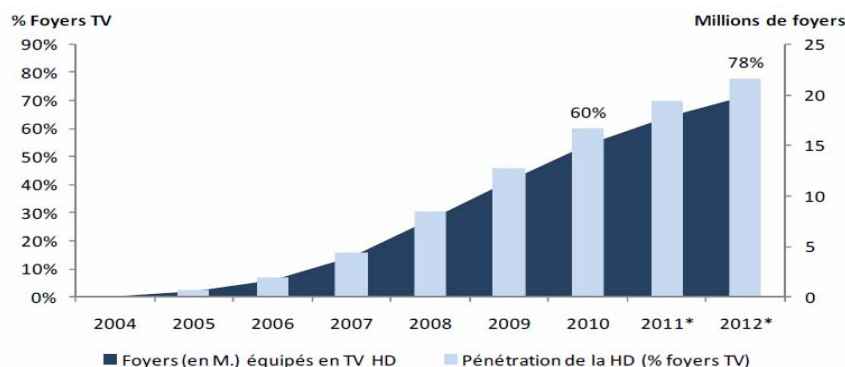
¹⁶ Qui ne seront pas tous utilisés par les nouveaux multiplex TNT.

¹⁷ Dans les zones disposant d'une multi couverture TNT, ce nombre de canaux peut être un peu réduit.

tassement des ventes est attendu pour 2012 et 2013, le marché reste néanmoins soutenu par le remplacement des écrans à tubes cathodiques.

Par ailleurs, à partir du 1^{er} décembre 2012, tous les téléviseurs mis en vente sur le marché français devront intégrer un adaptateur DVB-T/MPEG-4 permettant la réception de programmes en HD. Ainsi, à fin 2012, on estime que près de 80% des foyers français devraient être équipés d'au moins un écran HD.

Figure 7 - Equipement des foyers TV français en écrans HD



Source : NPA Conseil, 3^{ème} Observatoire de la HD, 2011

Compte tenu du taux de renouvellement des téléviseurs (qui s'étale généralement sur une durée de 6 à 7 ans), il est raisonnable de penser que la quasi-totalité des foyers français sera équipée d'au moins un téléviseur capable de recevoir la TNT HD à l'horizon 2015.

Concernant les ventes de téléviseurs 3D, en revanche, les démarrages en 2010 n'ont pas été à la hauteur des prévisions attendues, en raison notamment de la faible quantité de contenus 3D disponibles, ainsi que d'un manque d'information du consommateur sur l'utilisation de ce matériel. Si des prévisions de ventes plus optimistes ont été réalisées pour les deux prochaines années¹⁸, il est difficile de se prononcer sur l'importance de la part de ces téléviseurs dans le parc à plus long terme en l'absence de vision définie des contenus 3D qui seront disponibles à moyen terme et compte tenu de la multiplicité actuelle des standards de visionnage : lunettes polarisées, lunettes synchronisées, autostéréoscopie (procédé ne nécessitant pas de lunettes), etc.

Le marché des récepteurs radio

Pour ce qui concerne la radio, le niveau d'équipement actuel du parc (entre 6 et 7 récepteurs par foyer) est tel qu'a priori le parc ne devrait pas évoluer sensiblement à l'horizon 2020. Toutefois, les postes compatibles avec des nouveaux standards de

¹⁸ 1,5 millions d'unités vendues en 2012 et 2,5 millions en 2013 (SIMAVELEC, Satellifax, 19 janvier 2011)

diffusion (radio numérique, radio internet) peuvent commencer à se diffuser massivement.

La télévision et la radio sont aujourd'hui des services solidement ancrés dans les habitudes de consommation des Français. Leur usage massif, caractérisé par une durée d'écoute importante, un taux de pénétration de quasiment 100% des foyers, ainsi qu'un niveau de multi-équipement élevé, est resté relativement stable ces dernières années.

Cependant, en ce qui concerne le service de télévision, cette stabilité masque en réalité un profond dynamisme qui s'exprime notamment au travers de la rapide montée en puissance de la TNT au sein des foyers français, et du renouvellement tout aussi rapide du parc de récepteurs, dont les évolutions techniques permettent aujourd'hui des niveaux de définition d'image plus élevés, sur des écrans toujours plus grands. Ainsi à l'horizon 2020, on peut anticiper une réinitialisation complète du parc de téléviseurs en HD.

1.2 Impact du développement des usages et services actuels et de l'émergence possible de nouveaux usages et services

En ce qui concerne la TNT, deux évolutions majeures peuvent se dessiner à l'horizon 2020 : une évolution vers plus de contenu, donc vers une offre de chaînes plus importante, et une évolution vers plus de qualité, c'est-à-dire vers des chaînes diffusées en haute définition, voire en 3D. Ces deux évolutions ne sont d'ailleurs pas incompatibles.

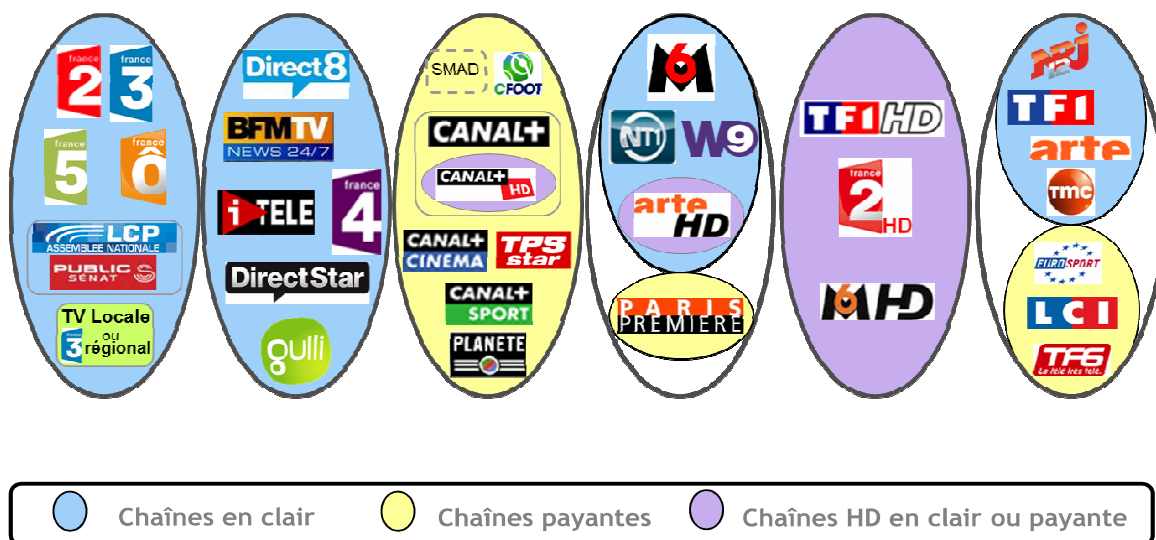
En ce qui concerne la radio, même si le développement de la Radio Numérique Terrestre n'est toujours pas engagé à ce jour, une numérisation des contenus radio FM apparaît inéluctable à l'horizon 2020, avec la RNT ou une autre plate-forme.

1.2.1 Evolution de l'écosystème TNT

Le paysage de la TNT est constitué aujourd'hui de 30 chaînes nationales dont 19 chaînes « en clair » (avec 8 chaînes publiques et 11 chaînes privées) et 11 chaînes payantes.

Parmi ces chaînes, 5 sont aujourd'hui diffusées en HD.

Figure 8 - Les chaînes de la TNT



Source : TDF, Juin 2010

1.2.1.1 Evolution du nombre de chaînes en clair

Le modèle économique des chaînes en clair

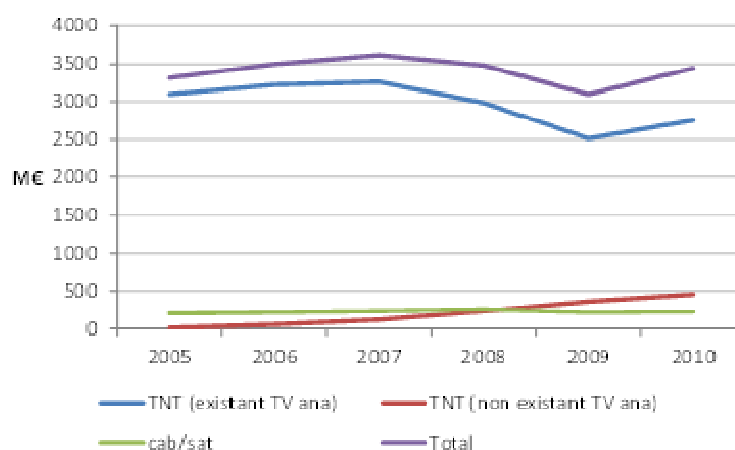
Le modèle économique de la télévision en clair repose sur les ressources constituées par la contribution à l'audiovisuel public pour les chaînes du service public, et sur des revenus issus de la publicité pour l'ensemble des chaînes. Ces espaces de

communications vendus aux annonceurs sont valorisés en fonction de l'audience réalisée par la chaîne, qualifiée à la fois en termes de volume et de profils de téléspectateurs (valorisés en fonction de leur appartenance à telle ou telle catégorie socioprofessionnelle).

Les coûts d'une chaîne de télévision en clair sont constitués quant à eux principalement des coûts de diffusion, ainsi que des coûts de production des contenus diffusés par la chaîne.

Les chaînes de la TNT en clair n'échappent pas à ce modèle, tout en y intégrant néanmoins certaines spécificités. Par rapport aux autres chaînes, elles bénéficient tout d'abord de revenus accrus du fait d'une part de la forte pénétration du mode de diffusion hertzien mais également de l'obligation de reprise sur l'ensemble des autres plates-formes de diffusion (câble, satellite ou télévision par ADSL).

Figure 9 – Evolution des revenus publicitaires de la télévision en France



Source : IREP, rapports annuels TF1, M6, C+, Estimations FTV (rapports parlementaires/CP), TNT/cabsat

Néanmoins cette disponibilité auprès d'un plus grand nombre de téléspectateurs, dont bénéficient les chaînes de la TNT, est contrebalancée par un coût de diffusion plus élevé¹⁹, ainsi que par des obligations en matière de production audiovisuelle.

Evolution du nombre de chaînes TNT en clair à l'horizon 2020

La dispersion du marché publicitaire au sein des nouvelles chaînes de la TNT permet d'estimer qu'il existe encore de la place pour des chaînes en clair supplémentaires. Toutefois, étant donné la relative stabilité de ce marché, fluctuant entre 3 et 3,5 milliards d'euros depuis 2005, l'évolution du nombre de chaînes en clair doit être considérée avec une approche progressive au cours du temps.

Par ailleurs, lorsque l'on observe le nombre de chaînes nationales TNT en clair dans les autres grands pays européens utilisant massivement la télévision hertzienne (Italie,

¹⁹ Environ 3 à 4 M€/an et jusqu'à 10 M€ / an environ pour une double diffusion simulcast en SD/HD
Réf : 2011-28-AF-DGCIS-DGMIC-Besoins en fréquences 2020

Espagne et Royaume Uni) et qu'on l'illustre avec la taille de chaque marché publicitaire de la télévision, on s'aperçoit que la France s'avère être plutôt dans la moyenne basse avec ses 18 chaînes pour un marché publicitaire de l'ordre de 3 à 3,5 Md €.

Figure 10 - Nombre de chaînes nationales en clair sur la TNT et valeur des marchés publicitaires TV

	France	Italie	Espagne	Royaume Uni
Chaînes nationales TNT en clair	18	60	27	50
Valeur du marché publicitaire TV	~ 3Md €	~ 4 Md €	~ 3 Md €	~ 4 Md €

Ainsi, le nombre d'une dizaine de chaînes en clair supplémentaires en France semble constituer un ordre de grandeur raisonnable à l'horizon 2020, portant le nombre total de chaînes en clair à un peu moins de 30 chaînes à cet horizon, soit une situation proche de celle de l'Espagne. Il conviendra de s'interroger à l'horizon 2020 si une convergence ultérieure vers la situation de l'Italie et du Royaume-Uni pourrait être opportune.

Il convient néanmoins de noter que cette estimation s'inscrit dans l'hypothèse d'un marché publicitaire demeurant à peu près stable à l'horizon 2020. Or la valeur de ce marché est fixée par la valeur du GRP (Gross Rating Point), c'est-à-dire le nombre de chances de contacts d'une campagne publicitaire. Ainsi le morcellement des audiences, généré par l'apparition de nouveaux entrants, pourrait potentiellement diminuer le pouvoir de marché de l'ensemble des chaînes face aux annonceurs. Cette diminution de la valeur totale du marché publicitaire de la TNT remettrait alors en cause l'équilibre économique des chaînes, et plus significativement encore celui des nouveaux entrants. Toutefois, la négociation de la valeur de la publicité ne se réalise pas au niveau des chaînes mais des régies publicitaires. En parallèle de la réflexion sur l'introduction de nouvelles chaînes, se pose donc la question du nombre de régies publicitaires. En cas d'augmentation de ce nombre de régies, la fragmentation de l'offre d'audience entraînera une baisse de la valeur et donc une baisse du marché total.

Au sein d'un marché publicitaire stable, un accroissement de la diversité des contenus en clair est attendu : jusqu'à 10 nouvelles chaînes en clair pourraient ainsi trouver un espace économique viable à l'horizon 2020. Toutefois, une condition nécessaire à cette diversification est le maintien de la valeur de l'audience. Ce maintien nécessite une stabilité du nombre de régies publicitaires, afin d'éviter une chute des revenus publicitaires pouvant entraîner un effondrement de l'écosystème actuel.

1.2.1.2 Evolution du nombre de chaînes payantes

Le modèle économique des chaînes payantes

Le marché de la télévision payante peut se décliner en deux marchés :

- un marché aval, où se rencontrent l'offre des distributeurs de chaînes payantes et la demande des abonnés ;
- un marché amont où se rencontrent l'offre des éditeurs de chaînes payantes et la demande des distributeurs.

Le distributeur de télévision payante est chargé du recrutement, de la gestion et de la facturation du parc d'abonnés. Il tire ainsi ses revenus directement auprès des abonnés principalement grâce aux abonnements et à la vente de décodeurs permettant d'accéder aux contenus distribués.

Sa structure de coûts est constituée, entre autres, des coûts d'acquisition des abonnés, du développement de systèmes de cryptage, du placement en magasin de ses décodeurs, et des prestations de reversement d'une partie de l'abonnement aux chaînes qu'il redistribue aux éditeurs de contenus, les coûts de diffusion du programme étant refacturés directement à ces derniers.

Le modèle économique des éditeurs repose quant à lui sur l'équilibre entre le nombre d'abonnements généré par les contenus qu'il propose au sein de l'offre globale du distributeur et les coûts d'acquisition et de diffusion de ces contenus.

La viabilité économique d'une offre de télévision payante dépend donc de la capacité de ses programmes à susciter l'intérêt du téléspectateur et sa propension à payer, face à une offre de télévision en clair déjà étendue et fortement généraliste. Dans ce contexte, l'attractivité de la télévision payante repose sur la constitution d'une offre globale de télévision, sous la forme d'un bouquet permettant d'accéder à une pluralité de chaînes ou de contenus spécialisés et couvrant au mieux l'ensemble des centres d'intérêts du téléspectateur.

On distingue ainsi 2 types d'offre de télévision payante :

- une offre de contenus dits *premium*, donnant par exemple accès à la diffusion de grands événements sportifs en direct ou de films récents ;
- une offre de bouquet de chaînes thématiques, constituées d'un mélange équilibré de plusieurs programmes spécialisés (information, sport, cinéma, documentaires, jeunesse, etc.).

Le marché de la TNT payante permet aujourd'hui de proposer ces deux types d'offres, à travers les offres des distributeurs Canal+ et TV Numéric. Les téléspectateurs de la TNT bénéficient ainsi à la fois des contenus premium, avec en particulier les déclinaisons sport et cinéma de la chaîne Canal+, ainsi qu'un ensemble de 6 chaînes thématiques (Cfoot, Paris Première, Eurosport, LCI, TF6, Planète).

Néanmoins il convient de noter que la gestion d'un bouquet de télévisions payantes sur le réseau hertzien est limitée par la procédure d'attribution des licences TNT, accordées aux éditeurs et non aux distributeurs. Ces derniers doivent ainsi composer un bouquet sous la contrainte d'une offre éditoriale qu'ils n'ont pas toujours choisie et qui ne permet pas forcément de répondre au mieux à leur modèle économique.

Evolution du nombre de chaînes TNT payantes à l'horizon 2020

L'offre globale de télévision payante sur la TNT est constituée aujourd'hui de 11 chaînes. Elle est composée d'une offre de contenus sport et cinéma premium (4 chaînes) ainsi que de 7 chaînes thématiques orientées vers l'information généraliste, l'information sportive, la culture, le divertissement ou encore le documentaire.

Si l'offre premium semble aujourd'hui complète sur la TNT, elle reste toutefois en-deçà de l'offre premium diffusée via les autres plates-formes (câble, satellite, DSL). De nouvelles chaînes de contenu premium pourraient ainsi apparaître sur la TNT.

De même, en comparaison de la multiplicité des offres payantes disponibles sur les autres plates-formes (câble, satellite, DSL) on note l'absence de nombreuses thématiques au sein des bouquets de TNT payante : jeunesse, musique, cinéma non premium, mode, science, animaux, sitcoms, mangas, jeux vidéo, météo, etc.

L'univers de la TNT payante ne permet pas à l'ensemble des thématiques de s'imposer économiquement sur le réseau hertzien, compte tenu en particulier des coûts de diffusion élevés.

Néanmoins la viabilité et le maintien d'une offre thématique sur la TNT repose sur la possibilité du distributeur de mettre à disposition des téléspectateurs un mini-bouquet thématique complet. Un tel mini-bouquet complet nécessiterait de rassembler les principales thématiques. Sur la TNT payante, il manque ainsi en particulier les thématiques jeunesse et cinéma non premium.

Dans ce contexte, l'ajout de deux à trois chaînes payantes supplémentaires sur l'offre de chaînes de la TNT en France semble nécessaire pour permettre le maintien de cette offre.

Le marché de la télévision payante est intimement lié au marché de la distribution. Ainsi le maintien et la viabilité d'une offre payante repose avant tout sur la possibilité pour un distributeur de mettre à disposition des téléspectateurs un bouquet attractif, en termes de qualité des contenus premium ou de diversité des thématiques proposées.

L'offre de contenus premium (sport, films en première diffusion) proposée aujourd'hui par les chaînes payantes de la TNT, ainsi que l'offre thématique, sont en deçà des offres des autres plates-formes de diffusion. Si une à deux chaînes premium pourraient éventuellement voir le jour à l'horizon 2020, l'offre thématique, dont l'économie demeure fragile aujourd'hui, nécessiterait pour être

maintenue d'une part d'ajouter deux ou trois chaînes payantes supplémentaires afin de constituer un « mini-bouquet » complet et d'autre part une augmentation du nombre d'abonnés, ce qui suppose des investissements conséquents de la part d'un ou plusieurs distributeurs.

1.2.1.3 Evolution de la qualité de l'image diffusée par les chaînes TNT

Vers 100% de chaînes Haute Définition (HD) en 2020

Si les ventes de téléviseurs TNT HD ont explosé ces dernières années, le renouvellement du parc n'est pas encore complet et ne devrait s'achever totalement qu'à l'horizon 2020. Néanmoins, sous l'effet de cette évolution massive, et de la progression de la couverture TNT des chaînes HD, on observe déjà en parallèle une intensification de la diffusion de programmes en HD.

Ainsi à l'horizon du premier trimestre 2012, le déploiement de la TNT HD couvrira 95% du territoire, au moment même où les déclinaisons HD des chaînes hertziennes historiques devront diffuser 100% de programmes HD natifs dans la tranche 16h-minuit. La diffusion des programmes HD sur les cinq chaînes historiques est ainsi en forte progression, leur nombre étant passé de 200 programmes mensuels en juin 2007 à plus de 1.000 à la fin 2010²⁰.

L'attribution éventuelle de canaux supplémentaires aux chaînes de la TNT d'ici à l'extinction de la diffusion en SD, pourrait être utilisée soit pour de nouveaux entrants, diffusés directement en HD, soit dans une moindre mesure, pour quelques chaînes supplémentaires capables d'assumer financièrement une diffusion en simulcast. Selon toute vraisemblance, il peut être anticipé qu'un certain nombre d'éditeurs souhaite attendre l'achèvement du renouvellement du parc de terminaux avant de basculer directement en HD, sans période de simulcast. Quoi qu'il en soit, à l'horizon 2020, une diffusion en HD de 100% des contenus diffusés via la TNT est envisagée.

L'avènement de la 3D

Contrairement au standard HD, la technologie 3D n'en est encore qu'à ses débuts. Si le cinéma a démocratisé ce phénomène avec des films comme Avatar, la 3D reste aujourd'hui pour les chaînes de télévision réservée à un usage événementiel, à l'instar du tournoi de Roland Garros ou du dernier défilé de Jean Paul Gaultier diffusés dernièrement respectivement par France 2 et NRJ en 3D sur les réseaux de télévision ADSL.

²⁰ NPA Conseil, 3ème Observatoire de la HD, 2011

La diffusion de programmes audiovisuels en 3D se heurte aujourd'hui à plusieurs difficultés. Tout d'abord, il convient de noter qu'il n'existe pas, à l'inverse de la HD, de contenus audiovisuels préexistants directement transposables en 3D. Ainsi alors que la quasi-totalité des films de cinéma tournés jusqu'à aujourd'hui est numérisable et diffusable en haute définition, il n'existe pas aujourd'hui d'outil capable de transposer ces contenus dans un format 3D.

Ensuite, les technologies de production en 3D actuelles nécessitent des moyens financiers importants et des équipes de tournage spécialisées dans ce type de technologie. Les coûts de fabrication d'un programme en 3D sont aujourd'hui deux à trois fois plus élevés qu'un programme en HD/SD.

Enfin du point de vue de l'expérience client, le visionnage de programmes en 3D nécessite une adaptation permanente de la rétine par rapport aux différents plans de l'image, qui sollicite beaucoup plus le cerveau. Ainsi la technologie des équipements 3D n'est pas aujourd'hui adaptée à la consommation classique de télévision.

Si l'initialisation du parc de terminaux 3D n'en est qu'à ses balbutiements à la fin de l'année 2010, les éditeurs de chaînes restent optimistes quant à la démocratisation de ce standard d'ici à 2020, sans toutefois envisager la diffusion de leurs programmes en 3D 24h/24 et 7 j/ 7 pour les raisons évoquées précédemment.

Dans ce contexte, deux scénari de diffusion de programmes en 3D sur les chaînes de la TNT se dessinent. Ainsi certains acteurs militent pour un standard 3D et HD compatible, permettant une diffusion en alternance de contenus 3D au sein de la programmation de la chaîne, tout en permettant aux téléspectateurs non équipés 3D de continuer à regarder leur programme en HD. Dans ce premier scénario, la diffusion de programmes en 3D nécessiterait la réservation d'une capacité supplémentaire pour la chaîne, de l'ordre de 50% de la capacité actuelle d'une chaîne HD (soit une capacité totale d'environ 12 Mbps pour une chaîne diffusant des contenus 3D et HD).Ce scénario nécessite une très grande souplesse dans la gestion de la capacité au cœur des multiplexes.

Le second scénario consiste en la création d'une chaîne 3D mutualisée. Ce scénario impose que l'ensemble des éditeurs s'accordent pour son utilisation et son financement.

Dès lors, le deuxième scénario pourrait consister en la réservation d'un seul canal dédié à la diffusion de programmes 3D et partagés entre les différents éditeurs TNT. Ce deuxième scénario, reposant sur la diffusion d'un flux 3D optimisé, est moins gourmand en terme de spectre : il nécessiterait la réservation d'une capacité de 8 Mbps au sein d'un multiplex, similaire à la capacité requise par un flux HD. Il obligerait néanmoins l'ensemble des éditeurs à s'accorder pour mettre en place une grille de programmes commune.

Contrairement à la HD, il ne semble pas exister à l'horizon 2020 une demande pour la diffusion de plusieurs chaînes en 3D.

La programmation de contenus en 3D constitue ainsi à cet horizon une offre évènementielle qui devra trouver sa place à travers l'offre existante des chaînes

soit par une diffusion en alternance de contenus 3D et HD au sein de la programmation des chaînes, soit par la création d'une chaîne dédiée à la diffusion de contenus 3D et partagée entre les éditeurs TNT.

La diffusion de contenus 3D nécessitera donc dans le premier cas une flexibilité croissante dans la gestion de la capacité au sein des multiplexes et dans le second cas la réservation d'une capacité de 8Mbps au sein d'un multiplex, ainsi que la négociation d'accords entre l'ensemble des éditeurs pour l'utilisation de cette capacité.

1.2.1.4 Développement de nouveaux services audiovisuels (vers une télévision personnalisée)

On observe une tendance générale vers la personnalisation croissante des contenus proposés aux téléspectateurs. Cette tendance s'exprime de deux manières :

- à travers la diffusion de programmes disponibles en consultation individualisée à la demande du téléspectateur (Video on Demand - VoD, télévision de rattrapage) ;
- à travers l'interactivité des programmes diffusés permettant au téléspectateur d'accéder, depuis son téléviseur, à des données (texte, audio, vidéo) enrichies et complémentaires par rapport au programme qu'il regarde.

Les SMAD (Services de Media à la Demande)

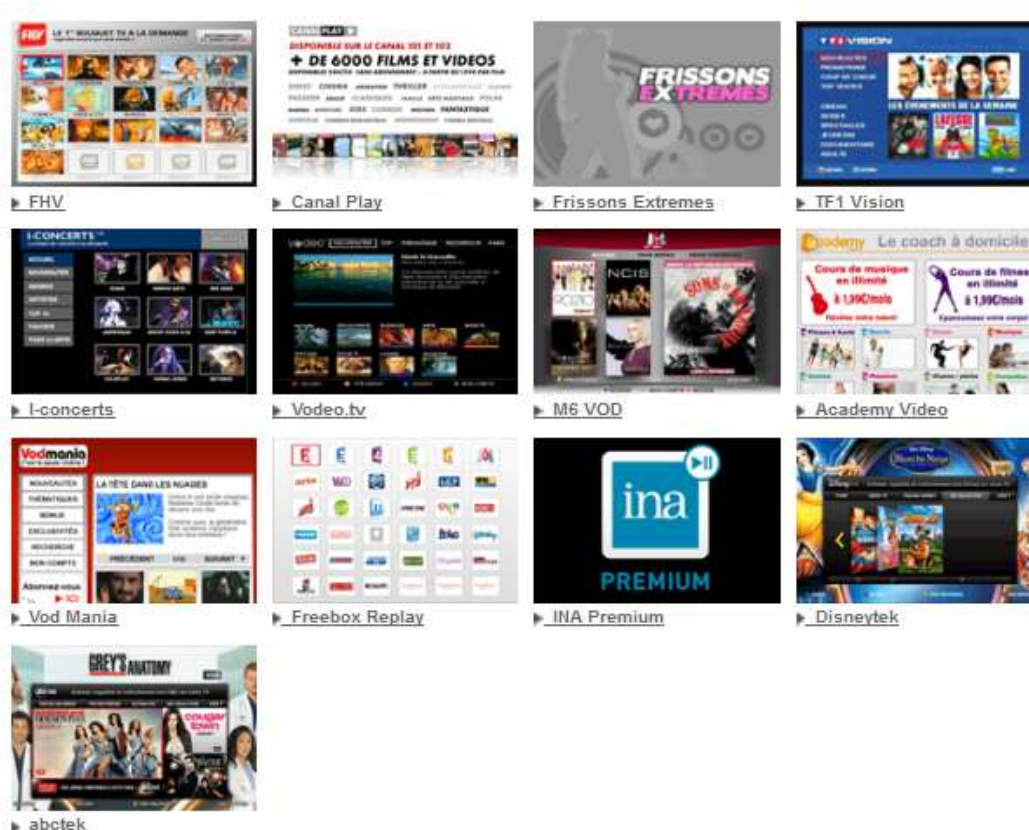
Concernant les Services de Media à la Demande (SMAD), il convient de noter l'appétence de plus en plus forte des Français pour ce type de programmes. Ainsi le chiffre d'affaires de la VoD est en progression de 40% en 2010²¹. Par ailleurs la télévision de rattrapage se démocratise aujourd'hui puisque plus d'un Français sur cinq a déjà expérimenté cette possibilité de regarder un programme de télévision après sa diffusion, principalement sur un site de catch-up TV depuis l'ordinateur - environ 3 à 4 minutes par jour en moyenne - mais aussi depuis le poste de télévision - 1 minute par jour²².

Face à l'engouement des français, on a vu se développer ces dernières années sur les réseaux de télévision par ADSL, de nombreuses plates-formes de VoD ainsi qu'une offre de télévision de rattrapage de plus en plus étendue.

²¹ Source : baromètre NPA-GFK

²² Source : étude Global TV 2010

Figure 11 – Les services de VoD disponibles chez Free



Source : free.fr

Figure 12 – Les services de télévision de rattrapage disponibles chez SFR



Source : neuf evolution

Les SMAD ont fait leur apparition sur le réseau numérique terrestre en 2011, avec l'offre de services à la demande SelectTV, retenue par le CSA à la suite d'un appel à candidatures qui a suscité l'intérêt de nombreux acteurs, parmi lesquels le groupe Canal+. Les téléspectateurs TNT, équipés d'un boîtier décodeur spécifique, pourront donc à présent, eux aussi, souscrire à un abonnement mensuel donnant accès à une offre de vidéo à la demande, à l'instar des abonnés des FAI.

S'il semble clair qu'une demande existe bel et bien pour ce type de services, les avis des acteurs sont partagés concernant la réservation d'un ou plusieurs canaux dédiés à la diffusion des SMAD sur le réseau numérique hertzien. De nombreux acteurs rappellent que la diffusion hertzienne constitue un réseau peu adapté pour la consultation individualisée de contenus délinéarisés.

Néanmoins, contrairement à la diffusion de contenus linéaires, la diffusion de SMAD sur le réseau terrestre peut être optimisée, en termes de capacité requise au sein du multiplex, en « poussant » les contenus dans le boîtier des téléspectateurs à des heures où les programmes diffusés par les autres chaînes ne mobilisent pas la capacité totale du multiplex (la nuit par exemple).

Sur la TNT en clair, en raison de la faible capacité requise par un tel service (correspondant à un peu moins de 10% de la capacité d'un multiplex), les SMAD peuvent donc être considérés comme un moyen d'optimisation de l'utilisation actuelle et future des fréquences allouées aux chaînes. Il ne semble pas que des canaux dédiés se développent sur la TNT en clair à l'horizon 2020. L'émergence éventuelle de ces services à l'horizon 2020 n'aura donc pas d'effet significatif sur les besoins en capacité de la TNT en clair

Sur la TNT payante, l'émergence d'un nouveau canal dédié à la fourniture de SMAD, parmi les deux à trois nouvelles chaînes supplémentaires qui pourraient naître à l'horizon 2020, est également à envisager.

La télévision connectée et les services interactifs

Si la télévision par ADSL a permis d'introduire un premier niveau d'interactivité à travers les services à la demande, l'arrivée d'internet sur l'écran de télévision représente une nouvelle étape vers la transformation du téléviseur en écran multiservices, et modifie en profondeur l'écosystème télévisuel en introduisant deux évolutions fondamentales :

- Une interaction avec le contenu qui rompt avec la passivité de consommation du flux broadcast traditionnel ;
- Un accès aux produits de tout éditeur de contenu ou service, qui ne se limite plus aux chaînes de télévisions.

Figure 13 - Télévision traditionnelle et télévision connectée



Source : AFMM, La télévision connectée, Juin 2011

Si les principaux fabricants proposent ainsi aujourd'hui des téléviseurs directement connectables à internet (Viera Cast chez Panasonic, Net TV chez Philips, Internet@TV chez Samsung, AppliCast chez Sony, mywishTV chez TCL...), la connexion peut également se faire au travers de divers équipements tiers (lecteurs DVD, Box de fournisseur d'accès à Internet, lecteur DVD, console de jeux, etc.).

Figure 14 – La télévision peut se connecter via différents équipements



Source : AFMM, La télévision connectée, Juin 2011

La pénétration des téléviseurs connectables et le développement de nombreuses applications devraient bénéficier de la forte pénétration des accès à internet haut débit. Avec plus de 10 millions de personnes qui bénéficient déjà potentiellement des

services de la télévision connectée, la France se situe au premier rang mondial de cet usage, et on estime à 60% la part des foyers français qui seraient équipés d'un téléviseur connecté en 2013.

Ces téléviseurs, une fois connectés, offrent un accès via la télécommande à un portail personnalisable de services à valeur ajoutée pouvant être gratuits ou payants. Deux catégories de services internet sont aujourd'hui proposées :

- Les services dans lesquels la télévision traditionnelle est enrichie par des contenus venus d'Internet, affichés en surimpression ou en écran partagé et disponibles via des interfaces interactives de type « widget ».
- Les services « Over The Top », diffusés directement via Internet, consultables en mode plein écran et affranchis des contenus télévisuels traditionnels.

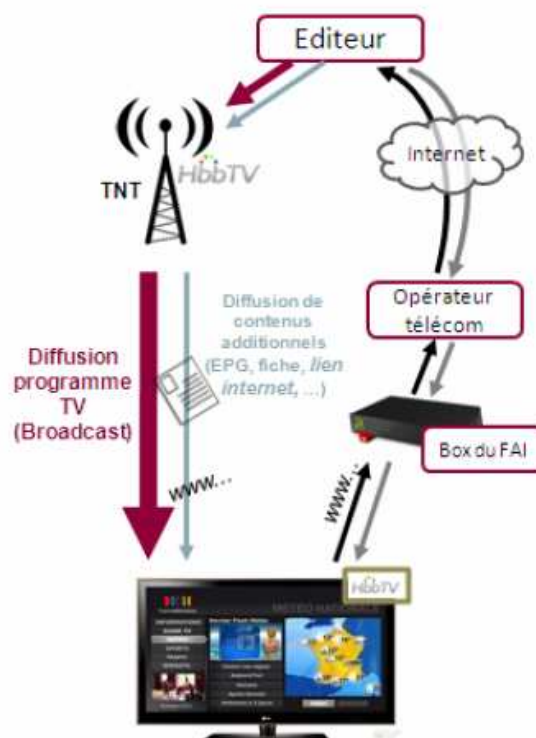
L'écosystème associé à ce nouveau type de service fait intervenir de nombreux acteurs : au-delà des fournisseurs d'accès à Internet qui proposent des portails de services gratuits ou payants via la Box installée chez l'utilisateur, les fabricants de télévisions relient directement leurs téléviseurs à Internet au travers de portails propriétaires. Par ailleurs, des acteurs technologiques tels que Google ou Apple possèdent leurs propres plates-formes de télévision (Google TV, Apple TV). Enfin, les producteurs et éditeurs de contenus doivent proposer leurs contenus sur chacune de ces plateformes.

Signe du dynamisme du marché associé à ces nouveaux services, de nombreux accords ont été signés ces dernières années entre les différents acteurs : plusieurs groupes audiovisuels français ont ainsi signé des accords avec des constructeurs afin d'intégrer leurs propres contenus sur leurs portails propriétaires (TF1 avec Samsung, M6 avec Sony). Par ailleurs, Sony a présenté en 2010 un téléviseur intégrant la plate-forme de diffusion de Google. Enfin, en juillet 2011, Samsung et Orange ont signé un partenariat européen proposant le portail de contenus et de services Orange sur tous les téléviseurs connectés Samsung.

Cette évolution s'accompagne ainsi de l'émergence de nouveaux acteurs capables de concurrencer les chaînes de télévision au niveau de l'édition de programmes et de la commercialisation de la publicité.

Face à la menace de cette concurrence venues des acteurs de l'Internet, le consortium européen HBBTV (Hybrid Broadcast Broadband TV), qui regroupe des éditeurs de chaînes (France Télévisions, TF1 et NRJ12 pour la France), des fabricants et équipementiers (Sony, Philips, Samsung, Loewe...), a poussé le développement d'une norme pan-européenne et non propriétaire, capable d'offrir au téléspectateur des contenus enrichis en complément de la programmation des chaînes et disponibles soit dans les flux broadcast (via les réseaux terrestres, câble et satellite), soit via les réseaux IP.

Figure 15 – La norme HBB-TV



Source : www.hbbtv.org

En sus des services traditionnels de télévision en mode broadcast, la norme HBBTV permet ainsi d'obtenir des informations sur le programme diffusé par une chaîne TV (acteurs, filmographie des acteurs, etc.), de revoir ultérieurement les programmes (catch up TV), d'accéder à des services de vidéo à la demande, à un guide des programmes détaillé, à des jeux, de voter lors des émissions, de participer à des sondages, de partager des images et des commentaires relatifs aux programmes sur les réseaux sociaux, etc.

Ces services requièrent une connexion Internet afin de récupérer l'ensemble des données qui sont synchronisées avec le programme diffusé par la chaîne. Ces données sont proposées par la chaîne regardée. Par exemple, lors d'un événement sportif, le téléspectateur peut accéder à des fiches sur les joueurs, accéder au tableau des matchs, à des photos, à des extraits vidéos, à des sondages sur les résultats de l'évènement, etc.

Figure 16 – Exemple de services HBBTV disponibles lors d'une émission sportive



Source : www.lcd-compare.com

A l'instar du service proposé par France 2 lors des internationaux de Roland Garros, ou encore de l'expérimentation locale poussée par l'AFDESI (Association for the Development of Enhanced TV Services and Interactivity) dans la région d'Auxerre à travers le service MesservicesTV, les réelles possibilités de la norme HBB-TV et ses applications correspondantes sont encore aujourd'hui à l'étude. Le potentiel d'une telle norme reste donc à découvrir.

La plupart des éditeurs considère comme nécessaire le développement de services interactifs sur le réseau numérique hertzien, afin de renforcer l'attrait de la TNT. On peut donc envisager à l'horizon 2020 une généralisation de ce type de services proposés en complément de la programmation des chaînes TNT.

D'un point de vue technique, la diffusion complémentaire de tels services nécessite la mobilisation d'une capacité allant de 500 kbps à 1 Mbps, adossée à la capacité requise d'une chaîne de la TNT.

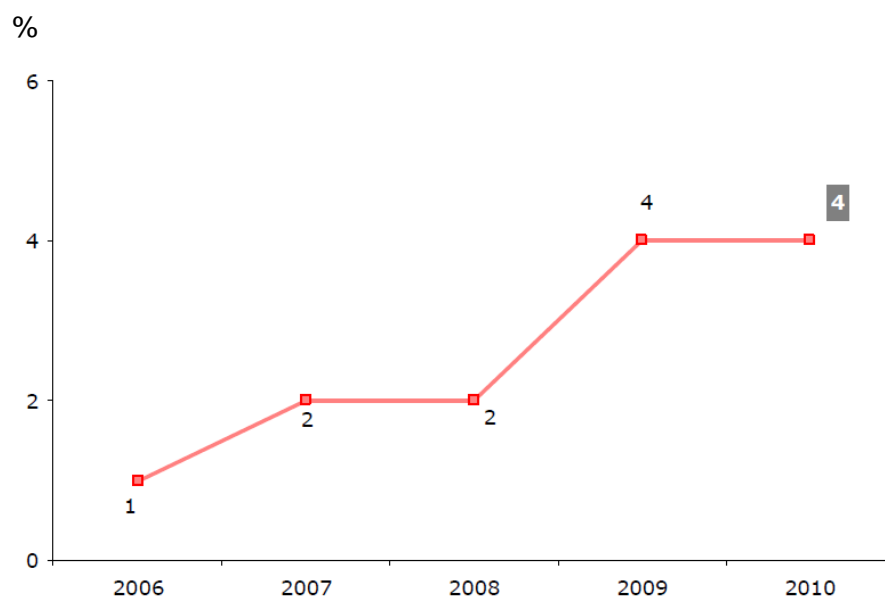
L'ajout de contenus contextuels dans la programmation des chaînes TNT peut donc trouver sa place à l'horizon 2020, dans des conditions techniques s'appuyant sur une flexibilité croissante dans la gestion de la capacité au sein des multiplexes, sans impacter de manière significative le débit nécessaire à la diffusion des chaînes TNT.

1.2.2 La Télévision Mobile Personnelle

Malgré la diffusion de programmes de télévision sur les réseaux 3G des opérateurs mobiles et la forte progression du parc de terminaux (type Smartphones) permettant de regarder la télévision, l'usage de la télévision sur les téléphones mobiles reste extrêmement peu développé. Ainsi seuls 4% des possesseurs d'un téléphone mobile l'ont utilisé en 2010. Au total, ce sont un peu moins de deux millions de personnes qui

regarderaient la télévision sur l'écran de leur téléphone mobile, avec une stabilité par rapport à 2009²³.

Figure 17 – Evolution de l'usage de la télévision sur téléphone mobile (personnes de 12 ans et plus disposant d'un téléphone mobile en %)



Source : CREDOC, Enquêtes sur les « Conditions de vie et les Aspirations des Français »

La télévision mobile personnelle (TMP) qui permet de distribuer des chaînes de télévision en broadcast en mobilité présente trois avantages par rapport à l'offre existante en 3G :

- Une image de qualité supérieure
- Une qualité du signal indépendante de la sollicitation du réseau (comme la TNT, elle diffuse un même flux pour tous)
- Une technologie moins gourmande en énergie pour les terminaux.

En dépit de ces avantages, l'existence d'une offre de contenus sur la TMP reste conditionnée par la nature du modèle économique destiné à assurer sa pérennité. Or l'ensemble des acteurs s'accorde aujourd'hui à dire que ce modèle reste à trouver.

D'une part les coûts de diffusion hertzienne de programmes de télévision demeurent aujourd'hui importants (4 à 6 millions d'euros par an et par chaîne pour couvrir 60% de la population). Dans ce contexte, les éditeurs attendent beaucoup de l'évolution des normes de diffusion permettant la diffusion de programmes audiovisuels vers des terminaux mobiles dans des conditions économiques plus avantageuses. Parmi celles-là, on peut citer le DVB-NGH, encore au stade de développement et non opérationnelle avant 2014 ou encore le DVB-T2, opérationnelle quant à elle mais non encore intégrée dans les terminaux vendus sur le marché. Si tant est qu'une solution technique puisse

²³ Source : CREDOC, Enquêtes sur les « Conditions de vie et les Aspirations des Français »

faire aujourd'hui le consensus auprès de l'ensemble des acteurs, le développement d'un marché mature pour la TMP prendra encore plusieurs années en raison de l'initialisation nécessaire du parc de terminaux.

D'autre part, les éditeurs de la télévision en clair ne sont prêts à valoriser une autre plate-forme que si celle-ci leur permet d'obtenir une audience monétisable, ce qui ne semble pas être le cas de la TMP.

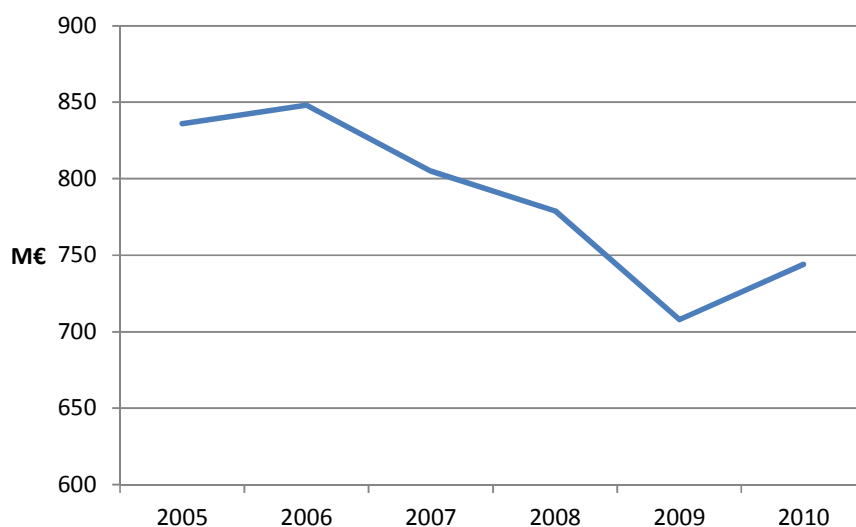
Bien que l'ensemble des éditeurs soit enclin à la diffusion de leurs programmes en mobilité, il est difficile d'anticiper la pénétration de la TMP à l'horizon 2020. Ainsi dans le cas où la mise en œuvre d'une solution technico-économique viable nécessiterait encore quelques années de réflexion, la concurrence de l'IP à travers les réseaux 4G des opérateurs mobiles pourrait être un obstacle à l'expansion de cette technologie. L'IP mobile, sous condition d'augmentation des débits et de baisse des coûts, pourrait ainsi offrir une qualité de service identique à la TMP, en y ajoutant des fonctionnalités de personnalisation (VOD, télévision de rattrapage etc.).

1.2.3 La Radio

Si la télévision hertzienne a connu une évolution majeure à partir de 2005, avec la multiplication des chaînes rendue possible par l'avènement de la TNT, la radio analogique a connu ce type d'évolution dès les années 1980 avec l'avènement de la radio FM.

Avec près de 600 opérateurs radio, le marché de la radio analogique en France est aujourd'hui un marché mature, qui enregistre par ailleurs une baisse de ses revenus publicitaires depuis 2006.

Figure 18 – Evolution des recettes publicitaires radio depuis 2005



Source : IREP

Si l'avènement de la Radio Numérique Terrestre ne devrait pas bouleverser fondamentalement le paysage actuel (en raison de la grande diversité d'acteurs permise par la bande FM), cette technologie présente néanmoins des avantages pour les acteurs en place :

- une couverture étendue (pour les radios nationales, la couverture passera de 75% à 100% de la population) et homogène sur les territoires couverts (pas de perte de signal.)
- Une offre élargie (actuellement, 1/3 de la population a accès à moins de 10 stations.)
- Un enrichissement des programmes par des données associées (texte, photos, courtes vidéos)

Néanmoins, la numérisation de la radio se heurte aujourd'hui à de nombreuses difficultés, mettant la problématique du renouvellement des terminaux au cœur de l'évolution des usages, puisque les terminaux analogiques actuels seront incompatibles avec ce nouveau mode de diffusion.

La radio numérique terrestre implique ainsi un renouvellement complet du terminal, à la différence de l'équipement TNT, qui peut se faire par le biais d'un adaptateur peu coûteux à connecter au téléviseur.

Par ailleurs, le parc étant aujourd'hui saturé (environ six terminaux de réception par foyer équipé), la pénétration de la RNT ne peut se faire que par le renouvellement, à la différence de la TNT qui profite de la croissance du multi équipement. Le nombre de terminaux à remplacer dans chaque foyer, et par conséquent le budget à y consacrer, est donc significatif.

En parallèle le manque d'harmonisation internationale ou même européen des normes ne favorise pas la production industrielle de masse (T-DMB en France, DAB et DAB + au Royaume-Uni et en Allemagne, HD Radio aux Etats-Unis, ISDB-T au Japon etc.).

A l'instar de la voiture qui constitue pour la radio un environnement privilégié recueillant près de 30% du volume d'écoute²⁴, le renouvellement du parc de terminaux apparaît, pour les raisons évoquées ci-dessus, coûteux et complexe à mettre en œuvre.

L'enrichissement du signal, par rapport au service actuel, ne semble pas de nature à transformer ou améliorer radicalement le média, contrairement à la TNT. Les promesses de qualité de son et de diversité de l'offre semblent à cet égard insuffisantes pour déclencher un rééquipement rapide dans les zones urbaines, où la FM offre une bonne qualité de service et un large éventail de stations. Il est ainsi anticipé qu'une période de diffusion en *simulcast* serait longue et par ailleurs coûteuse pour les diffuseurs.

Si l'existence d'un modèle technico-économique viable est encore à l'étude en France, il semble néanmoins peu probable que la radio échappe à l'évolution naturelle que constitue la numérisation des contenus.

Ainsi, en raison de la durée nécessaire au renouvellement du parc de terminaux mais aussi de la quasi-saturation de l'espace occupé aujourd'hui par les radios analogiques, l'avènement de la RNT requerra une période de transition inévitablement longue, nécessitant le simulcast des programmes sur les réseaux analogiques et numériques et la mobilisation de capacité supplémentaire sur le spectre de fréquence afin d'accompagner cette migration. La minimisation du coût de ce simulcast implique que la bande de fréquence utilisée pour la diffusion de la RNT soit proche de celle utilisée par la FM.

Cependant, si cette transition vers le numérique n'a pas été initialisée en 2020, il n'est pas exclu que le développement de la diffusion de la radio par Internet entraîne une disparition progressive de la radio hertzienne à un horizon plus éloigné que 2020.

1.3 Evaluation des besoins en fréquences

L'évolution à l'horizon 2020 de l'offre de services audiovisuels, qu'il s'agisse d'une évolution en termes de quantité d'offre ou en terme de qualité d'image de l'offre existante, impacte nécessairement les besoins en fréquences de ces services.

Cependant, au-delà de ces aspects, l'évolution du progrès technique doit aussi être prise en compte afin d'estimer ces besoins : de nouvelles normes de diffusion ou de compression, améliorant l'efficacité de l'utilisation du spectre, vont voir le jour dans les

²⁴ Source : Médiamétrie

années qui viennent, permettant ainsi de fournir plus de contenus pour une largeur de spectre identique.

1.3.1 Considérations technologiques

La problématique de migration technologique

La numérisation de la télévision analogique vers la TNT SD, utilisant la norme de compression MPEG-2 et la norme de diffusion DVB-T, a permis le passage en 2005 de 1 chaîne à 6 chaînes par canal UHF. Cette migration arrivera à son terme fin 2011. A l'horizon 2020, de nouvelles possibilités de gains en termes d'efficacité de l'utilisation du spectre seront possibles, sur les normes actuelles ou à l'aide de nouvelles normes de compression et de diffusion à déployer au sein du parc de récepteurs.

Il convient de rappeler ici que la mise en œuvre de nouvelles normes de compression ou de diffusion est un processus faisant intervenir les éditeurs, les diffuseurs, et les constructeurs de terminaux. Le succès d'un tel processus pourrait ainsi passer par la mise en œuvre d'une méthodologie cohérente et dynamique, similaire à celle éprouvée lors du passage de l'analogique vers la TNT SD, selon les 4 étapes suivantes :

- La spécification de la ou des nouvelles normes de compression/diffusion
- La définition d'un calendrier de migration
- L'accompagnement de la migration à l'aide de décisions réglementaires, pour permettre une évolution du parc cohérente avec les délais fixés par le calendrier
- La planification d'une date d'extinction des normes précédentes.

Transition en cours : Le MPEG-4

Si une chaîne diffusée en SD MPEG2 nécessite la réservation d'une capacité de 4 Mbps, la diffusion en HD de cette même chaîne via la TNT utilise aujourd'hui une capacité de 8 Mbps au sein d'un multiplex. Or, la diffusion d'une chaîne de télévision HD via l'ADSL n'utilise qu'une capacité de 6 Mbps pour un niveau de qualité d'image qui satisfait la majorité des téléspectateurs (le lancement de la TNT HD fin 2008 n'a pas modifié la dynamique de croissance de la réception de la TV par l'ADSL constatée les années précédentes²⁵). Il est donc envisageable d'imaginer, à l'horizon 2020, une optimisation de l'encodage du flux permettant de diffuser par voie hertzienne du contenu HD à une capacité de 6 Mbps, tout en conservant la compatibilité existante avec le parc déjà déployé et une qualité d'image similaire à celle d'aujourd'hui.

Transitions futures éventuelles : le HEVC, le DVB-T2

²⁵ Source : Observatoire de l'équipement des foyers pour la réception de la TV numérique, 2nd semestre 2010.

Le HEVC, standard de compression actuellement en cours de spécification, devrait être normalisé en 2013. Incompatible avec le MPEG-4, qui sera très majoritairement implanté dans le parc de récepteurs à cet horizon, son éventuelle adoption nécessitera à son tour une migration du parc. Un début de déploiement au sein du parc pourrait ainsi être envisagé autour de 2015. Cette norme de compression devrait permettre de diffuser une chaîne HD à l'aide d'une capacité de 4,5 à 6 Mbps, soit un gain d'environ 30% par rapport à la norme de compression MPEG-4 actuelle.

Par ailleurs, la norme de diffusion DVB-T2, déjà opérationnelle et utilisée au Royaume-Uni et en Suède notamment, est considérée comme le successeur de la norme DVB-T sur laquelle repose aujourd'hui la diffusion de la TNT en France. Les tests effectués ont montré que le DVB-T2 améliore d'environ 50% l'efficacité spectrale de la diffusion DVB-T²⁶. Ainsi, un multiplex pourrait accueillir jusqu'à 36 Mbps grâce au DVB-T2 (au lieu de 24 Mbps aujourd'hui en DVB-T). Toutefois, il convient de noter pour cette norme également l'incompatibilité avec les récepteurs déjà déployés en France, et donc la nécessité d'une migration du parc.

Capacité d'un multiplex à l'horizon 2020

Ainsi, le couplage de la norme de diffusion DVB-T2 avec l'une des deux évolutions possible de la norme de compression, à savoir l'optimisation du MPEG-4 ou la migration vers le HEVC, permettrait de diffuser 6 chaînes par multiplex en HD, assurant ainsi un gain de qualité d'image au téléspectateur tout en conservant la diversité de contenu actuelle.

Si la capacité requise par la diffusion des chaînes en HD tend à diminuer le nombre de chaînes par multiplex de la TNT, il apparaît que les évolutions technologiques envisageable à l'horizon 2020 permettront la diffusion de 6 chaînes HD au sein d'un seul canal UHF, en utilisant le couplage de la norme de diffusion DVB-T2 (à la place du DVB-T) avec l'une des deux évolutions possible de la norme de compression, à savoir l'optimisation du MPEG-4 ou la migration du MPEG-4 vers le HEVC.

Concernant l'utilisation des normes de diffusion DVB-T2 et de compression HEVC en particulier, la migration correspondante nécessitera un délai et des investissements qui dépendront de la volonté des pouvoirs publics à imposer rapidement ces normes.

1.3.2 Besoins en fréquence

A l'aune des services pouvant être offerts sur la TNT à l'horizon 2020, en terme de qualité d'image ou en terme de nombre de chaînes (en clair ou payantes) disponibles,

²⁶ Understanding DVB-T2 Key technical, business & regulatory implications, Digitag, 2009

et en considérant la diversité des normes de diffusion et de compression pouvant être mises en œuvre, deux scénarii ont été retenus afin d'évaluer les besoins en fréquences à l'horizon 2020 pour les services utilisant les fréquences audiovisuelles.

Migration de l'offre TNT actuelle vers le tout HD

Dans ce scénario, aucune nouvelle chaîne n'est amenée à être diffusée sur la TNT, pas même les trois canaux compensatoires dont la mise à disposition a été reportée. En revanche, l'ensemble des chaînes disponibles est diffusé en HD.

Les hypothèses technologiques considérées permettent d'envisager un besoin de 5 multiplexes pour les 30 chaînes existantes à l'horizon 2020. Par ailleurs, il convient de réserver un multiplex supplémentaire d'initialisation pour un éventuel simulcast nécessaire à toute évolution technologique future nécessitant la mise en œuvre d'une nouvelle norme.

Ainsi, 6 multiplexes sont nécessaires à la diffusion des chaînes TNT dans ce scénario à l'horizon 2020.

Les 320 MHz alloués aujourd'hui aux fréquences audiovisuelles offrent une capacité de 8 multiplexes²⁷. L'utilisation de 6 multiplexes sur 8 possibles dans ce scénario nécessitera ainsi l'allocation d'environ 245 MHz aux fréquences audiovisuelles²⁸. Toutefois, du fait de la perte d'efficacité inéluctable engendrée par la planification des multiplexes régionaux et par les négociations aux frontières, cette largeur de spectre doit être considérée comme une borne minimum de l'estimation des besoins en fréquences audiovisuelles à l'horizon 2020.

Migration vers une offre TNT HD enrichie

Dans ce scénario, deux multiplexes supplémentaires sont utilisés pour diffuser jusqu'à dix nouvelles chaînes supplémentaires en clair (sur environ 1,5 multiplexes) et deux à trois chaînes thématiques payantes supplémentaires (sur environ 0,5 multiplex). Ces chaînes supplémentaires incluent notamment les canaux compensatoires attribués à TF1, M6 et Canal+.

Ces huit multiplexes correspondant au nombre maximal de couches planifiables aujourd'hui dans la bande 470 MHz – 790 MHz, ce scénario ne permet donc pas de libérer de fréquences à l'horizon 2020 parmi les fréquences audiovisuelles sauf avancée ultérieure favorable dans les négociations aux frontières.

²⁷ Malgré la cible de 11 multiplexes TNT, inscrite dans le plan France TV numérique, l'avancement actuel des négociations de ressources spectrales aux frontières ne permet aujourd'hui que la planification de 8 multiplexes dans la bande de fréquences 470 MHz – 790 MHz (source : CSA).

²⁸ 6/8 x 320 MHz ; l'obtention d'un résultat proportionnel au nombre de multiplexes peut nécessiter de restructurer l'organisation de la diffusion vers des sites de moins grande hauteur et plus nombreux.

1.4 Synthèse des besoins en fréquences pour les services audiovisuels

Evolution des contenus audiovisuels diffusés

On observe une tendance lente mais générale à la migration de la consommation des services utilisant traditionnellement les fréquences audiovisuelles vers d'autres plateformes, dont notamment les plateformes de communications électroniques.

Concernant la **télévision**, on observe en particulier une forte progression des téléviseurs connectés à une plateforme haut débit comme l'ADSL. Le développement de la fibre devrait accentuer encore le taux de pénétration de la télévision en mode IP au sein des foyers français. Néanmoins, il ne semble pas envisageable que les modes de réception alternatifs soient en mesure de marginaliser la TNT à l'horizon 2020. La TNT reste donc à cet horizon une plateforme incontournable pour la diffusion de la télévision.

Sur cette plateforme, un accroissement de la diversité des contenus en clair est possible : jusqu'à dix nouvelles chaînes pourraient ainsi trouver un espace économique viable à l'horizon 2020. Toutefois, une condition nécessaire à cette évolution est le maintien de la valeur de l'audience. Celui-ci passe par un nombre de régies publicitaires stable afin d'éviter une chute des revenus publicitaires pouvant entraîner un effondrement de l'écosystème actuel.

Le marché de la télévision payante est quant à lui intimement lié au marché de la distribution. Ainsi le maintien et la viabilité d'une offre payante reposent avant tout sur la capacité des distributeurs à mettre à disposition de leurs clients un bouquet attractif, en termes de qualité des contenus premium ou de diversité des thématiques proposées. Si l'offre de contenus premium (sport, films en première diffusion) proposée aujourd'hui par les chaînes payantes de la TNT semble suffisamment étoffée, on constate en revanche une offre relativement limitée en ce qui concerne la diversité des thématiques payantes sur la TNT. Bien que l'univers de la TNT payante demeure fragile, il semble possible d'envisager deux ou trois chaînes payantes supplémentaires à l'horizon 2020, afin que la TNT payante permette à ses distributeurs d'offrir un « mini-bouquet » thématique complet. En parallèle de ce complément de l'offre de contenus, le maintien d'une offre thématique payante sur la TNT nécessitera une augmentation de son nombre d'abonnés, c'est-à-dire des investissements significatifs de la part d'un ou plusieurs distributeurs.

Parallèlement à l'apparition de nouvelles chaînes, l'ajout de contenus personnalisés (télévision à la demande), contextuels (services interactifs), ou événementiels (programmes en 3D) est envisageable au sein de la programmation des chaînes TNT à l'horizon 2020. Ces contenus personnalisés peuvent être considérés comme un prolongement de la politique éditoriale de chaque chaîne. Un accroissement de la flexibilité dans l'utilisation de la capacité au sein des multiplexes par chaque chaîne apparaît être une voie intéressante pour permettre leur introduction.

Enfin, une intensification de la diffusion de programmes en HD doit être anticipée, sous l'effet de l'évolution massive du parc de télévisions vers la HD. Une diffusion de l'ensemble des chaînes en HD à l'horizon 2020 peut être anticipée. En parallèle, l'accroissement continu de la taille des écrans et de l'exigence des téléspectateurs en termes de qualité d'image permet même d'envisager l'apparition de la télévision en Ultra Haute Définition à cet horizon.

En ce qui concerne la **Télévision en mobilité**, bien que l'ensemble des éditeurs soit enclin à la diffusion de leurs programmes en mobilité, il est difficile d'en anticiper la pénétration à l'horizon 2020, car aucun modèle économiquement viable n'a encore été trouvé aujourd'hui. L'augmentation attendue des débits offerts par les réseaux de communications électroniques laisse envisager une substitution possible de l'offre de ce service vers les fréquences réservées aux communications électroniques. Il est donc légitime de réfléchir aujourd'hui sur l'intérêt de maintenir 2 multiplexes « urbains » réservés à la TMP et d'envisager une réallocation de ces multiplexes à d'autres services. Toutefois, l'impact de ces multiplexes sur les besoins en spectre est marginal.

Enfin, concernant la **radio FM**, la diffusion analogique demeure nécessaire à l'horizon 2020 en raison du grand nombre de récepteurs existant en France. Il est raisonnable d'anticiper que l'utilisation du spectre hertzien par la radio devienne numérique comme cela est à présent le cas pour les communications électronique et la télévision. Ainsi, même si le modèle économique du démarrage de la RNT fait toujours l'objet de réflexions, il est possible qu'une solution soit trouvée d'ici à 2020. A défaut, compte tenu de la dynamique de la diffusion de la radio par Internet (avec un accès via des réseaux fixes pour les foyers et des réseaux mobiles pour les véhicules), l'alternative entre un investissement dans la numérisation et un investissement pour accompagner la fermeture du service hertzien de radio pourrait commencer à émerger.

Evolution de l'efficacité de l'usage du spectre

Si la capacité requise par la diffusion des chaînes en HD a diminué le nombre de chaînes par multiplex de la TNT, plusieurs leviers sont disponibles afin d'améliorer cette efficacité.

Ainsi, le couplage de la norme de diffusion DVB-T2 (à la place du DVB-T) avec l'une des deux évolutions possible de la norme de compression, à savoir l'optimisation du MPEG-4 ou la migration du MPEG-4 vers le HEVC, devrait permettre la diffusion de 6 chaînes HD au sein d'un seul canal UHF d'ici à 2020.

La mise en œuvre de normes telles que DVB-T2 et HEVC nécessitera en particulier une étape de normalisation afin de définir les spécifications associées à ces normes, ainsi que l'identification d'une date de fin de transition. Une fois ces éléments identifiés, une première phase d'initialisation du parc, dont la durée dépendra de la volonté des pouvoirs publics d'imposer plus ou moins rapidement ces normes, sera suivie d'une deuxième phase de migration, permettant le renouvellement quasi-total du parc de terminaux et imposant la mobilisation d'une capacité spectrale supplémentaire.

Estimation des besoins en spectre nécessaire à l'horizon 2020

Deux scénarii sont ainsi identifiés, reposant tous les deux sur le passage à la norme de diffusion DVB-T2 couplé soit à une optimisation du MPEG-4, soit à la migration du MPEG-4 vers le HEVC :

- Un scénario bas, avec six multiplexes, correspondant à la migration de l'offre TNT actuelle vers le tout HD. Dans ce scénario, aucune nouvelle chaîne n'est amenée à être diffusée sur la TNT. Ce scénario mobiliserait cinq multiplexes pour la diffusion de l'ensemble des chaînes existantes en HD, ainsi qu'un multiplex supplémentaire d'initialisation pour un éventuel *simulcast* nécessaire à toute évolution technologique future nécessitant la mise en œuvre d'une nouvelle norme.
- Un scénario haut, avec huit multiplexes, correspondant à la migration vers une offre TNT HD enrichie. Par rapport au scénario bas, deux multiplexes supplémentaires sont créés par rapport au nombre de multiplexes opérés actuellement sur l'espace des fréquences TNT. Ils permettraient la diffusion de dix nouvelles chaînes en clair et deux à trois nouvelles chaînes payantes, elles aussi en HD. Ces chaînes payantes supplémentaires pourraient être des chaînes premium, des chaînes thématiques ou des canaux dédiés à des services délinéarisés.

Les besoins en spectre de ces scénarii dépendent en premier lieu de l'évolution des négociations aux frontières :

- En cas de maintien de la situation actuelle permettant de diffuser huit multiplexes, le scénario bas, correspondant à 6 multiplexes, nécessitera la réservation d'environ 245 MHz, compte tenu des ajustements nécessaires liés à la diffusion de chaînes locales et des négociations aux frontières, tandis que le scénario haut, correspondant à 8 multiplexes, utilise l'ensemble du spectre actuellement disponible, soit 320 MHz.
- En cas d'atteinte de l'objectif de onze multiplexes selon le plan de fréquences actuelles, le scénario bas, correspondant à 6 multiplexes, nécessiterait alors environ 170 MHz, tandis que le scénario haut, correspondant à 8 multiplexes, nécessiterait de l'ordre de 245 MHz. Il convient de préciser qu'aujourd'hui, les opinions divergent parmi les acteurs rencontrés quant à la probabilité de réalisation de cet objectif de onze multiplexes. L'affectataire de ces fréquences le considère d'emblée comme inatteignable à l'horizon 2020. Par ailleurs, l'ANFR indique que, compte tenu des objectifs différents de déploiement de services chez nos voisins, il sera difficile d'atteindre 11 multiplex nationaux sur toutes les zones frontalières en conservant un objectif de couverture homogène de 95 % de la population pour tous les services. L'atteinte de cet objectif devrait passer par une réévaluation des objectifs de couverture des multiplex.

Ces deux scénarios définissent les besoins minimaux et maximaux de la TNT en spectre. Des besoins intermédiaires peuvent néanmoins correspondre à un paysage audiovisuel possible.

Par ailleurs, à l'horizon 2015, le simulcast existant aujourd'hui est suffisant pour prendre en charge la migration vers le MPEG-4. En effet, seules quelques chaînes (les plus importantes) ont aujourd'hui la capacité financière pour proposer une double diffusion de leurs programmes aux téléspectateurs. Les autres chaînes attendront la fin de la migration du parc pour basculer vers la HD sans double diffusion de leurs contenus. Aucun besoin en spectre n'est donc à anticiper à cet horizon.

2 Analyse des besoins en fréquences des services de communications électroniques

Dans le domaine des radiocommunications mobiles, une réévaluation à long terme des besoins en spectre pour les réseaux radio mobiles doit être initiée dès à présent, puisque l'identification de nouvelles bandes de fréquences au plan national, européen et international puis le réaménagement du spectre qui en découle constituent des processus qui s'inscrivent dans la durée.

On observe au sein des réseaux des opérateurs mobiles depuis ces deux dernières années, une augmentation considérable du trafic de données, en particulier avec l'essor des Smartphones. Cette progression risque fortement de s'accroître dans les années à venir, avec la montée en puissance des objets communicants et des terminaux dédiés à un usage internet, type tablette tactile.

A l'instar de la mutation qu'ont connue les réseaux fixes il y a une dizaine d'années, les réseaux mobiles vont ainsi être impactés progressivement par une prédominance de la consommation de données et de multimédia mobile (web, musique, vidéos), ainsi que l'émergence de nouveaux services disponibles en mobilité (paiement sur mobile, géolocalisation, jeux en ligne, réseaux sociaux, cloud computing).

En 2010, le Gouvernement français a attribué des bandes de fréquences supplémentaires aux opérateurs de réseaux radio mobiles de 3ème génération et a lancé en 2011 le processus d'attribution pour des réseaux radio mobiles de 4ème génération dans les bandes 800 MHz et 2,6 GHz.

Néanmoins, ces nouvelles attributions pourraient ne pas être suffisantes pour faire face à l'explosion prévisible du trafic sur les réseaux mobiles. Dans ce cadre, il est nécessaire d'évaluer les besoins en fréquences, à moyen et long terme, des services utilisant les fréquences de communications électroniques.

2.1 Facteurs d'évolution démographique, économique, sociale et technologique (parc utilisateurs et terminaux)

Le parc de terminaux utilisant les services de communications électroniques connaît aujourd'hui des évolutions majeures qui laissent entrevoir une modification en profondeur de sa structure à l'horizon 2020. Au-delà de la part significative des Smartphones au sein du parc de téléphonie mobile, de nouveaux types de terminaux mobiles connectés connaissent aujourd'hui une forte progression, et s'installeront durablement au sein du parc total de terminaux à l'horizon 2020, modifiant ainsi les usages associés.

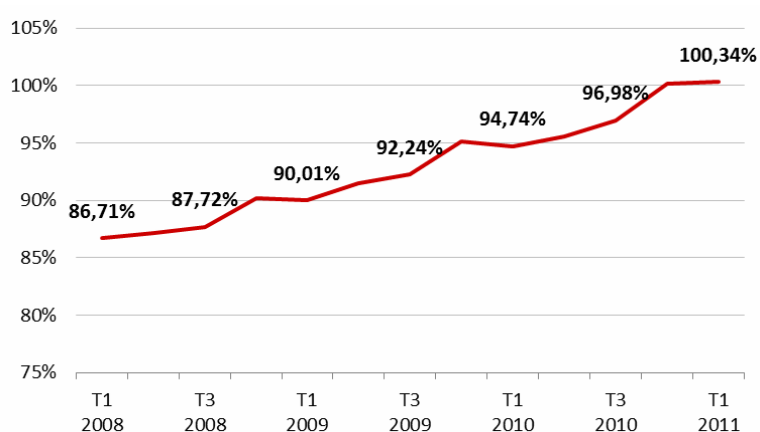
2.1.1 Etat des lieux

Le nombre d'utilisateurs de services mobiles est en constante augmentation depuis le début des années 2000. Le taux de pénétration mobile, défini comme le rapport entre le nombre de cartes SIM en activité et la population totale française, dépasse 100% début 2011.

L'évolution globale de la pénétration des services mobiles au sein de la population est toutefois à nuancer par la progression au sein de ce parc de différentes catégories d'utilisateurs. Le taux de pénétration indiqué prend ainsi en compte l'ensemble des cartes SIM installées dans le parc français, à savoir :

- les cartes SIM pour la téléphonie mobile,
- les cartes SIM à usage internet exclusif, type tablette tactile ou clé 3G, qui correspondent a priori à un double équipement au sein du parc des usagers de la téléphonie mobile,
- les cartes SIM machine-to-machine n'impliquant pas des individus.

Figure 19 - Taux de pénétration mobile en France métropolitaine



Source : ARCEP, observatoire du mobile 1^{er} trimestre 2011

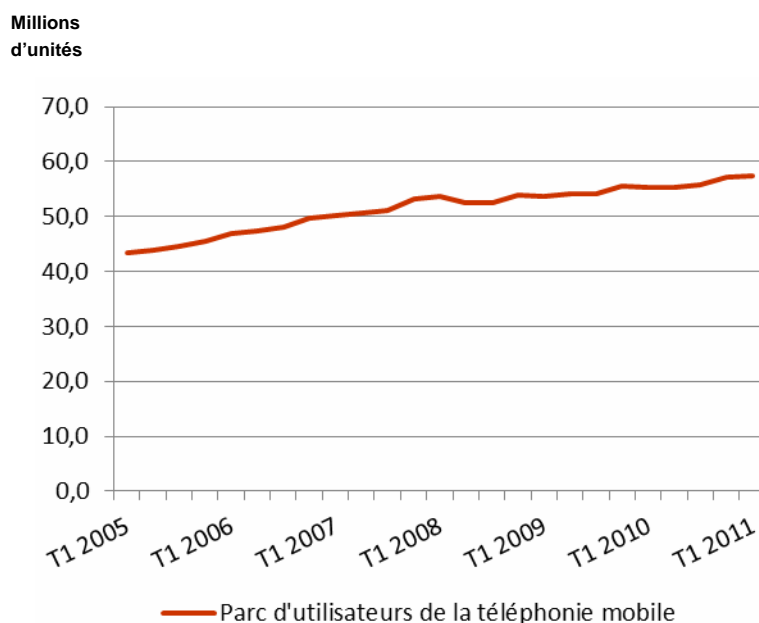
Les utilisateurs de la téléphonie mobile

Ces utilisateurs bénéficient à la fois de services de communications interpersonnelles (du type voix, SMS, MMS) mais également, de plus en plus, de services de données et de multimédia au sens large (Internet, Wap, MMS, e-mail, mais aussi streaming, TV mobile, etc.), accessibles en particulier via des terminaux de plus en plus sophistiqués.

Le nombre des utilisateurs de la téléphonie mobile connaît en France, une croissance modérée, en raison d'équipement quasi-total de la population française (avec près de 9 français sur 10 équipés d'au moins un téléphone mobile en 2010)²⁹.

²⁹ Source : Commission européenne, sondage sur les TIC, 2010

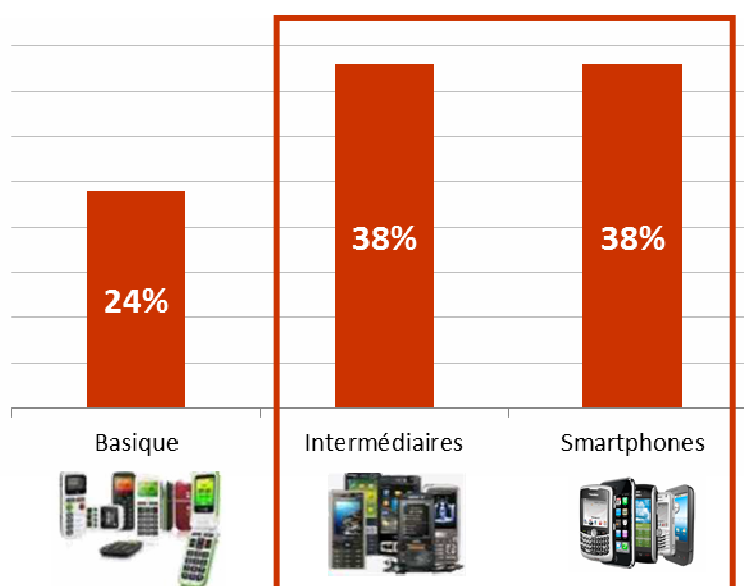
Figure 20 - Parc de cartes SIM pour la téléphonie mobile depuis 2005



Source : Arcep, Suivi des indicateurs mobiles de 2005 à 2011

On constate néanmoins au sein de ce parc une forte croissance des terminaux permettant d'accéder à des services de données mobiles (Internet et multimédia au sens large). Ainsi au premier trimestre 2011, les trois quarts des ventes de terminaux associés à la téléphonie mobile sont des téléphones multimédia, dont la moitié est composée de terminaux dits « Smartphones » (type iPhone, Blackberry, Android, etc.).

Figure 21 – Trois téléphones vendus sur quatre sont multimédias en France, dont un sur deux est un Smartphone



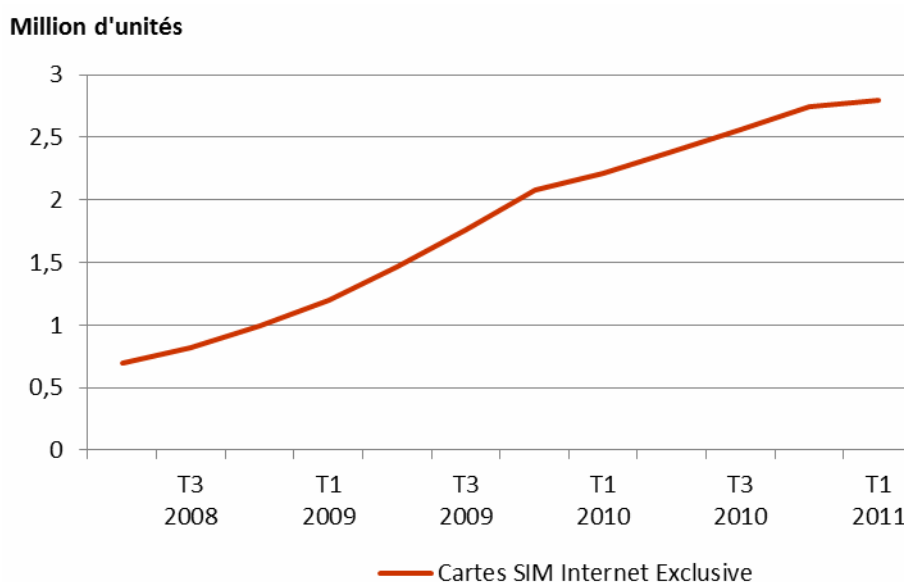
Source : Groupm / SFR Régie, 3^{ème} observatoire de l'internet mobile, 6 avril 2011

Les utilisateurs Internet mobile exclusifs (Clés, PC, Tablettes)

Contrairement aux utilisateurs de la téléphonie mobile, ces utilisateurs bénéficient uniquement de services de données mobile et multimédia. Ces derniers ont vu leur nombre considérablement augmenter ces dernières années, sous l'impulsion des ventes de terminaux particulièrement adaptés à un usage sans fil, à l'instar des ordinateurs portables et plus récemment des tablettes tactiles.

Ainsi l'ARCEP a enregistré une croissance moyenne du parc de cartes SIM à usage Internet exclusif de près de 60% par an depuis 2008, portant leur nombre à près de 3 millions début 2011, soit environ 5% de la population française³⁰.

Figure 22 – Parc de cartes SIM à usage internet exclusif depuis 2008

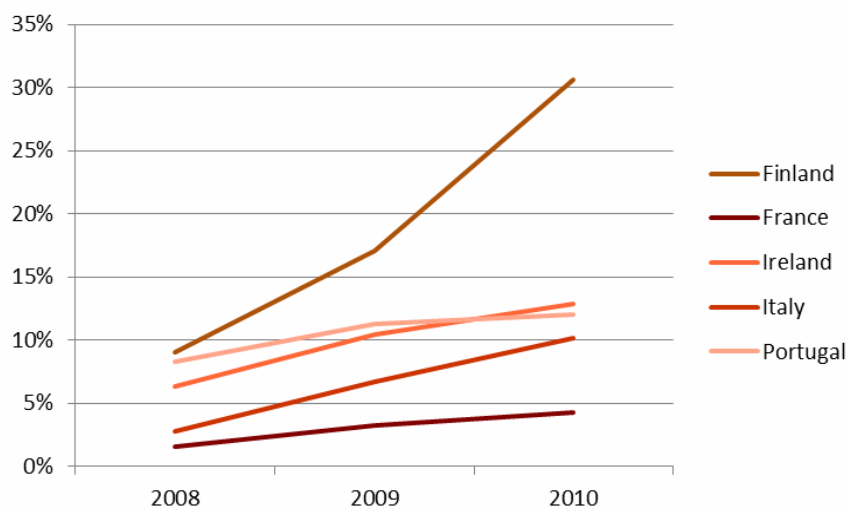


Source : Arcep, Suivi des indicateurs mobiles de 2005 à 2011

Il convient toutefois de noter un ralentissement de la croissance du parc de cartes SIM à usage internet exclusif en France depuis 2010, et une pénétration assez faible au regard de certains pays européens comme le montre la figure ci-dessous.

³⁰ Source : Arcep, Observatoire des marchés des communications électroniques en France

Figure 23 - Comparaison des taux de pénétration du haut débit mobile en Europe



Source : Scoreboard digital agenda for Europe, Commission européenne

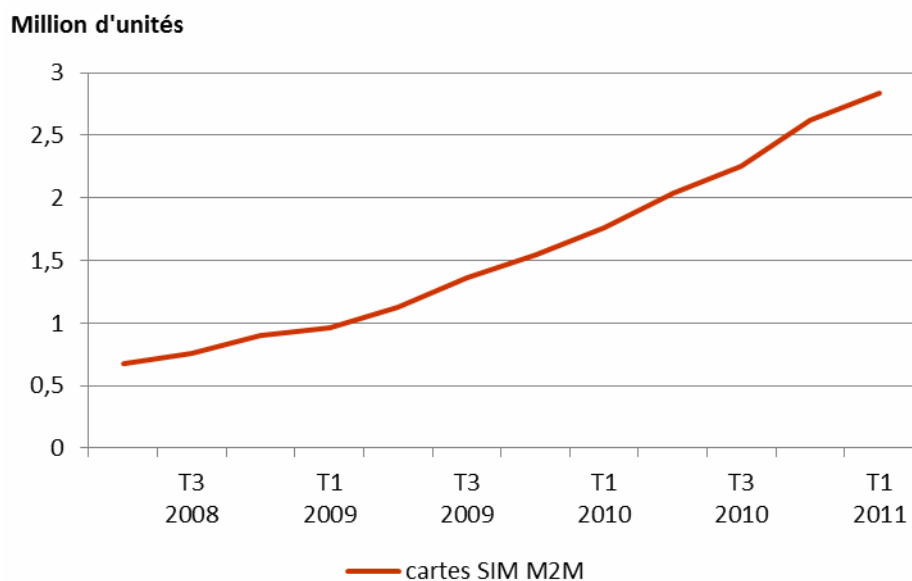
Les cartes Machine-to-Machine (M2M)

Les communications M2M désignent l'ensemble des données mobiles échangées entre des équipements distants (serveurs centraux, caméras, matériels communicants, terminaux, etc.) sans intervention humaine. Les cartes SIM M2M s'apparentent à des clés 3G ultra miniaturisées, directement incorporées dans les différents terminaux.

Porté par les nombreuses applications – GPS, e-readers, logistique, relevés et suivi de consommation (eau, électricité, etc.), transactions sécurisées, télésurveillance, télémédecine – le parc M2M connaît également une forte progression ces dernières années.

Ainsi l'ARCEP a enregistré une croissance moyenne de 60% par an depuis 2008 de ces cartes SIM, portant leur nombre à près de 3 millions début 2011.

Figure 24 – Parc de cartes SIM Machine to Machine depuis 2008

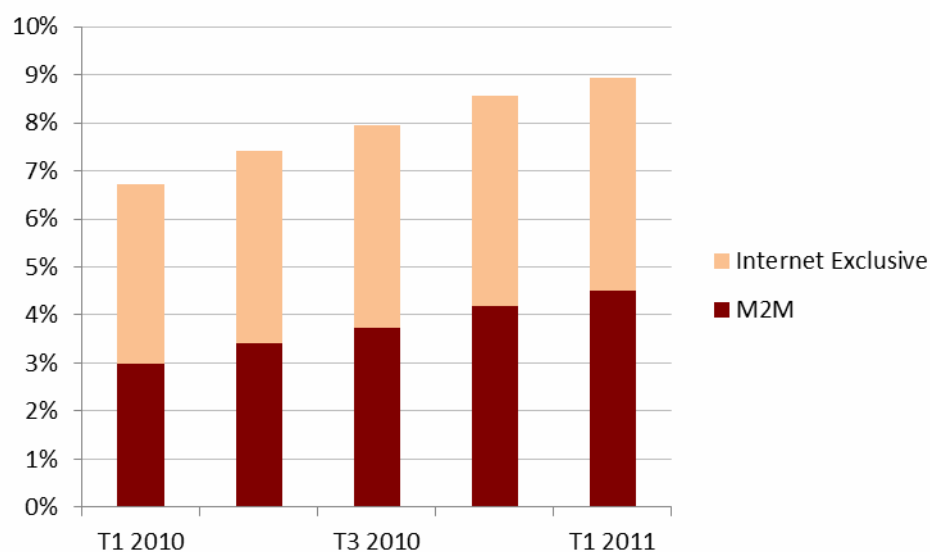


Source : Arcep, Suivi des indicateurs mobiles de 2005 à 2011

La croissance du parc de communications machine to machine reste très soutenue aujourd'hui.

Alors que le parc d'utilisateurs de la téléphonie mobile connaît une croissance modérée, le nombre d'utilisateurs mobiles exclusivement porté sur un usage de données ne cesse quant à lui d'augmenter, représentant une part de plus en plus importante au sein du parc global des utilisateurs de services mobiles. Ainsi, début 2011, près d'une carte SIM sur 10 est une carte SIM non voix, dont la moitié est dédiée à l'accès à Internet exclusif et l'autre moitié aux communications M2M.

Figure 25 - Part de cartes SIM non voix au sein du parc total de cartes SIM



Source : ARCEP, observatoire des marchés des communications électroniques 1^{er} trimestre 2011.

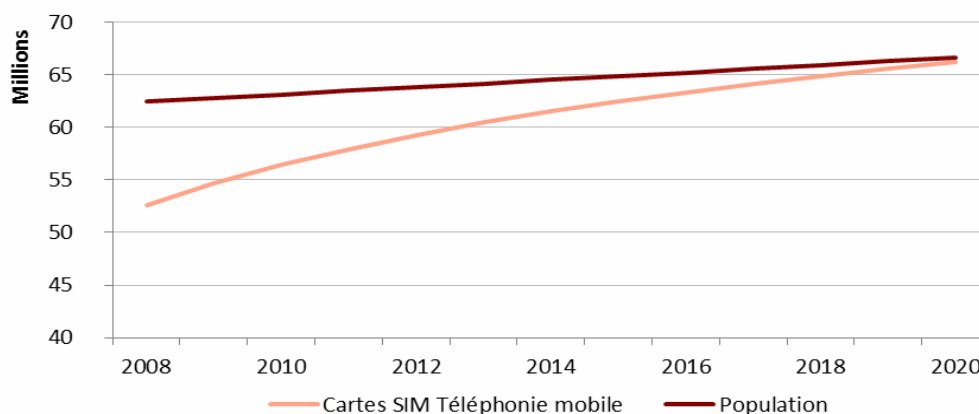
2.1.2 Evolution à l'horizon 2020

Evolution du parc des utilisateurs de la téléphonie mobile

La croissance des usagers de la téléphonie mobile est aujourd'hui ralentie par l'équipement quasi-complet de la population. Si le nombre de lignes correspond aujourd'hui à 90% de la population, il reste néanmoins une marge de progression pour atteindre quasiment 100% à l'horizon 2020. Cette progression correspond à une légère progression de la diffusion couplée à un accroissement du multi-équipement en ligne d'une partie de la population (ligne professionnelle et ligne personnelle notamment).

Cette croissance modérée du parc, associée à l'augmentation naturelle de la population française au rythme de 0,5% par an, permet d'estimer le parc d'utilisateurs de la téléphonie mobile à l'horizon 2020 à 66 millions de cartes SIM, soit une progression de 15% du parc par rapport à 2010.

Figure 26 - Evolution à 2020 du nombre de cartes SIM pour la téléphonie mobile et de la population française

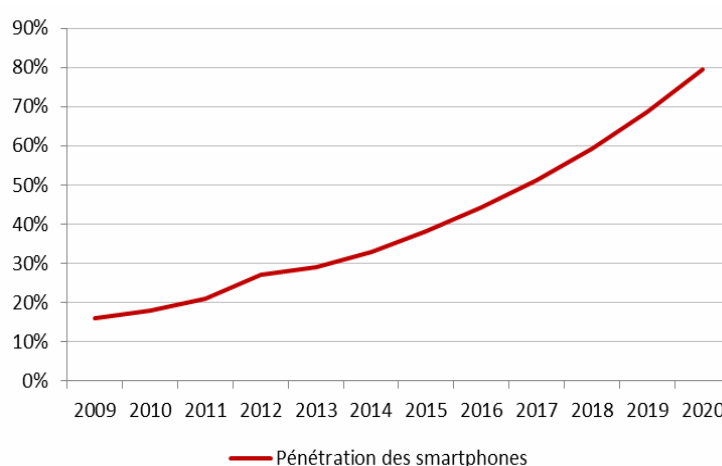


Source : Analyse TERA Consultants

Concernant la nature des téléphones vendus, la progression des terminaux permettant d'accéder à des services données et multimédia devrait s'accroître au cours des prochaines années.

L'UMTS forum prévoit ainsi qu'en 2014, un téléphone vendu sur 2 en France sera un Smartphone. Par ailleurs, Cisco prévoit qu'au sein du parc de téléphones mobiles français, un téléphone sur 3 sera un Smartphone en 2014, soit une croissance supérieure à 100% par rapport à 2009. Une prolongation de cette tendance à l'horizon 2020 permet d'envisager un taux de pénétration des Smartphones au sein du parc de téléphonie mobile s'élevant à 80%.

Figure 27 - Part des Smartphones au sein du parc de terminaux entre 2009 et 2020



Source : Cisco VNI 2010

Si début 2011, un téléphone sur quatre ne permettait pas d'accéder à des services Internet, il semble raisonnable d'estimer, en raison du fort taux de renouvellement des

terminaux mobiles (environ tous les 2 ans) et de l'appétence suscitée par les capacités offertes par les futurs réseaux mobiles, que la quasi-totalité des téléphones mobiles permettront d'accéder à ces services à l'horizon 2020.

Ces prévisions amènent à prévoir un parc de téléphones mobiles en 2020 composé à 80% de Smartphones et à 20% de téléphones multimédia.

Evolution du parc de cartes SIM non voix

Depuis ces deux dernières années, les cartes SIM à usage internet exclusif ou machine to machine occupent une place croissante au sein du parc. L'ensemble des acteurs du marché des télécommunications prédisent ainsi une explosion du parc des objets connectés.

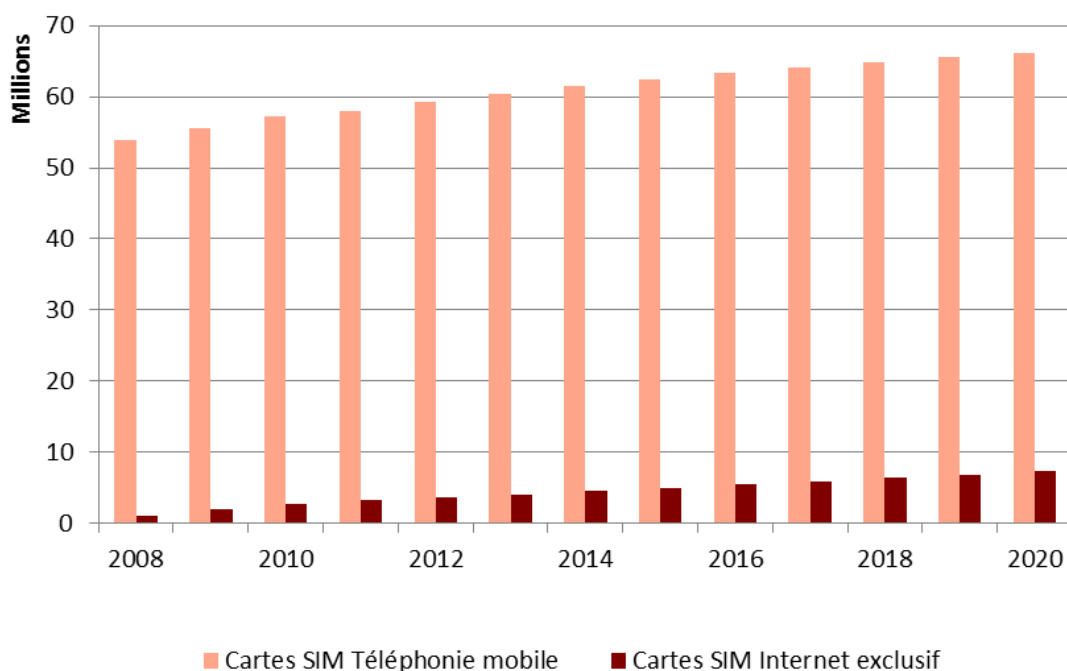
Les prévisions de croissance des cartes SIM à usage internet exclusif réalisées par l'UMTS Forum³¹ sont en ligne avec la tendance observée historiquement en France depuis 2008.

En revanche, en ce qui concerne les communications machine to machine, la diversité des prévisions réalisées met en exergue une forte incertitude sur l'ampleur de la montée en puissance de ce marché à l'horizon 2020. En effet, si l'UMTS Forum prévoit qu'environ 20% du parc mondial de terminaux mobiles sera composé de cartes machine to machine, certains observateurs prédisent en 2020 jusqu'à 50 milliards d'objets communicants dans le monde, soit cinq à six fois le parc actuel de téléphones mobiles³². Une telle diversité de prévisions, ainsi que l'absence de recul due au caractère émergent de ce type de communications ne permettent pas d'établir une anticipation précise de la pénétration de ces cartes M2M au sein du parc de cartes SIM en France en 2020. Cependant, il convient de noter que l'impact du volume d'objets communicants sur la charge des réseaux mobiles restera quoiqu'il arrive limité en raison de la nature du trafic généré : une communication M2M correspond en effet aujourd'hui en volume à quelques SMS (les échanges entre les machines sont réalisés en mode texte sans faire appel à des images ou des vidéos).

³¹ Source : UMTS forum, "Mobile traffic forecasts 2010-2020", Janvier 2011

³² Source : Ericsson, Lettre d'introduction du PDG Hans Vestberg au rapport annuel 2010.

Figure 28 - Evolution de la répartition des types de cartes SIM au sein du parc français à l'horizon 2020 (hors cartes relatives aux communications M2M)



Source : Données ARCEP, UMTS Forum, analyse TERA Consultant

La croissance modérée du parc de cartes SIM liées à la téléphonie mobile va se prolonger jusqu'en 2020.

Les cartes SIM liées aux nouveaux usages (Machine to Machine et internet exclusif) connaissent en revanche une forte croissance. Si on estime que les cartes SIM à usage Internet exclusif devraient représenter en France compte tenu de sa géographie de l'ordre de 10% du parc des usagers mobiles à l'horizon 2020, il est en revanche beaucoup plus compliqué d'estimer à cet horizon le volume d'objets communicants, en raison de la diversité des prévisions annoncées (variant de 20% à 600% du parc).

Cependant, il convient de noter que l'impact du volume d'objets communicants sur la charge des réseaux mobiles restera quoiqu'il arrive limité, en raison de la nature du trafic généré, chaque communication M2M correspondant en volume à quelques SMS.

2.2 Impact du développement des usages et services actuels et de l'émergence possible de nouveaux usages et services

Au sein du parc d'utilisateurs des services mobiles, il convient d'identifier deux types d'usage :

- un usage historique correspondant à des services de communications interpersonnelles, type voix ou SMS ;
- un usage en plein essor correspondant à la transmission de données sur les terminaux mobiles, permise par le développement des réseaux 3G et leurs évolutions, et pesant de plus en plus sur la charge des réseaux des opérateurs mobiles.

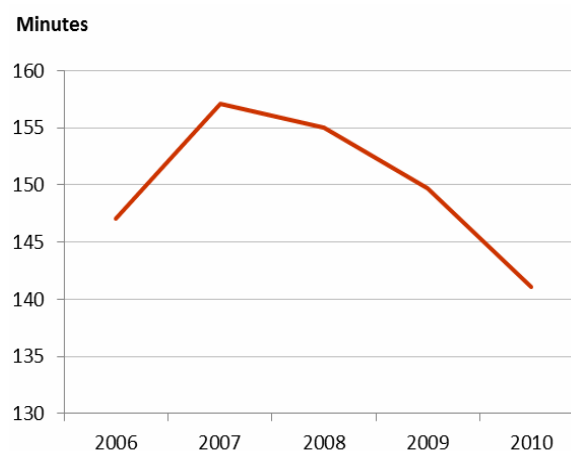
2.2.1 Services interpersonnels (voix et SMS)

Evolution de la consommation de voix

Développés à l'origine pour offrir un service de communication en mobilité, les réseaux mobiles sont aujourd'hui de moins en moins utilisés pour la voix.

On constate ainsi selon les relevés de consommations publiés par l'Arcep, une diminution de la consommation moyenne de voix par utilisateur mobile depuis 2007. Ce phénomène s'explique en particulier par la généralisation des offres voix illimitées sur les lignes fixes.

Figure 29 - Evolution de la consommation moyenne de minutes voix par utilisateur de 2006 à 2010

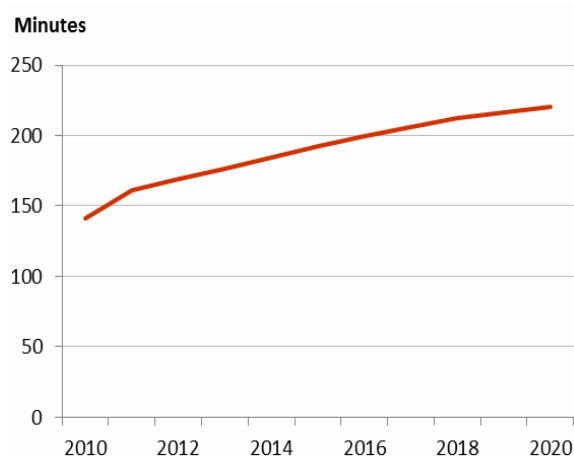


Source : Séries annuelles de l'ARCEP

Des prévisions de consommation moyenne par utilisateur du service voix, établies en concertation avec les acteurs du marché français³³, mettent néanmoins en évidence une reprise du nombre de minutes consommées par utilisateur dès 2012, liée au développement actuel des offres mobiles incluant une option voix illimitée.

La consommation moyenne de voix par utilisateur, qu'il s'agisse du service voix traditionnel (en mode circuit) ou de voix sur IP, devrait ainsi se situer autour de 220 minutes par mois à l'horizon 2020, soit une augmentation de plus de 50% par rapport à 2010.

Figure 30 – Prévisions de consommation moyenne de minutes voix par utilisateur à l'horizon 2020



Source : Modèle de Terminaison d'Appel mobile de l'ARCEP

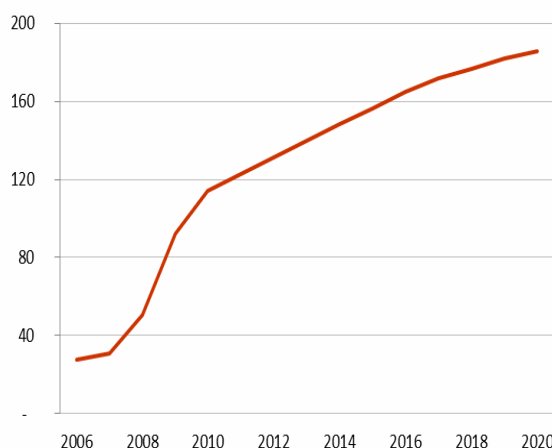
Evolution de la consommation de SMS

Aujourd'hui devenu un véritable phénomène de société, l'usage des SMS a connu en France une forte croissance à partir de 2006, sous l'effet de l'apparition d'offres illimitées. Ainsi, avec plus de 120 SMS par mois et par utilisateur en 2011, le trafic a été multiplié par 4 depuis 2006.

Les données prévisionnelles issues du modèle de terminaison d'appel de l'Arcep soulignent néanmoins un ralentissement de la croissance à partir de 2010. Une prolongation de ces prévisions à l'horizon 2020 indique une consommation moyenne par utilisateur un peu inférieure à 200 SMS mensuels à l'horizon 2020.

³³ ARCEP, consultation publique sur le modèle technico économique des coûts de réseau d'un opérateur mobile métropolitain, Janvier 2011

Figure 31– Historique et prévisions de consommation moyenne de SMS par utilisateur à l'horizon 2020

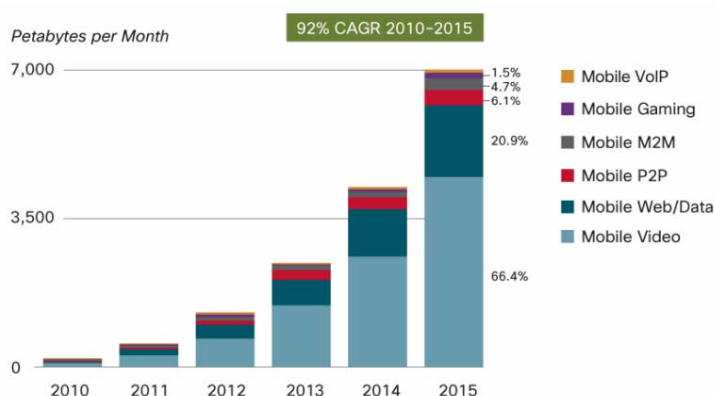


Source : Modèle de Terminaisons d'Appels mobiles de l'ARCEP

Malgré les prévisions de croissance des consommations voix et SMS à l'horizon 2020, il convient de noter que ces dernières mobilisent une capacité modérée au sein des réseaux mobiles (qu'il s'agisse de voix transmise en mode circuit ou de voix sur IP), contrairement au visionnage de vidéos en streaming par exemple.

Ainsi le volume des communications interpersonnelles représente une proportion de plus en plus réduite du trafic global transporté par les opérateurs mobiles, au profit de l'acheminement de données mobiles (cf. Figure 32).

Figure 32 - Evolution du trafic de données mobile mondial entre 2010 et 2015



Source : Cisco VNI Mobile, 2011

2.2.2 Données mobiles

Sous l'effet cumulé du développement de terminaux mobiles de plus en plus sophistiqués et de l'accroissement des capacités des réseaux mobiles, on constate ainsi l'apparition de nombreuses applications, reposant en particulier sur la transmission de données en mode paquet au sein des réseaux mobiles, et modifiant structurellement la charge des réseaux des opérateurs mobiles.

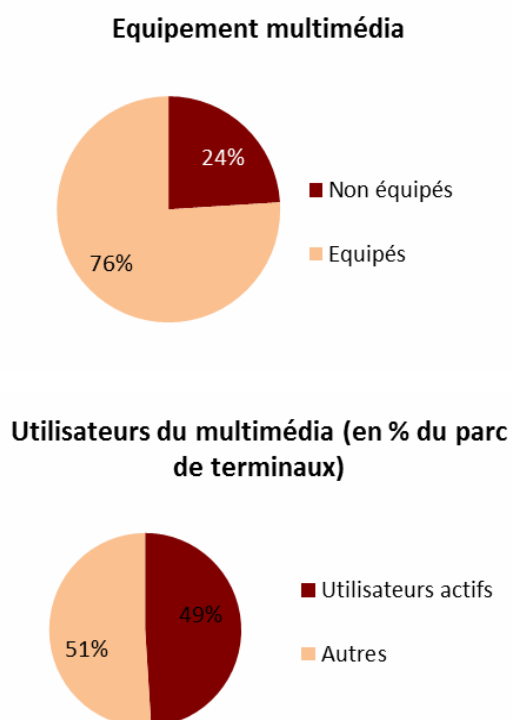
2.2.2.1 L'Internet mobile et ses applications

Etats des lieux

Si le parc de terminaux mobiles permettant d'accéder à Internet est déjà largement installé, ces mesures ne permettent pas d'établir l'usage réel qui est fait de cet équipement en ce qui concerne l'internet en mobilité.

En effet, si au premier trimestre 2011, trois téléphones sur quatre sont adaptés à un usage multimédia, seul un utilisateur sur deux en fait effectivement usage³⁴.

Figure 33 - L'usage de l'internet mobile est dissocié de l'équipement

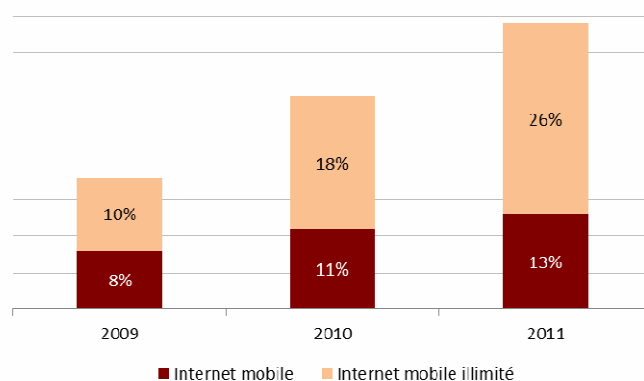


Sources : Groupm / SFR Régie, 3^{ème} observatoire de l'internet mobile, 6 avril 2011
Arcep, Suivi des indicateurs mobiles, Mars 2011

Néanmoins, le développement croissant des offres de téléphonie mobile offrant une option « données illimitée » (cf Figure 34), associé à une baisse des tarifs de ces offres, a entraîné depuis ces dernières années une forte croissance des usages de l'internet en mobilité (cf Figure 35).

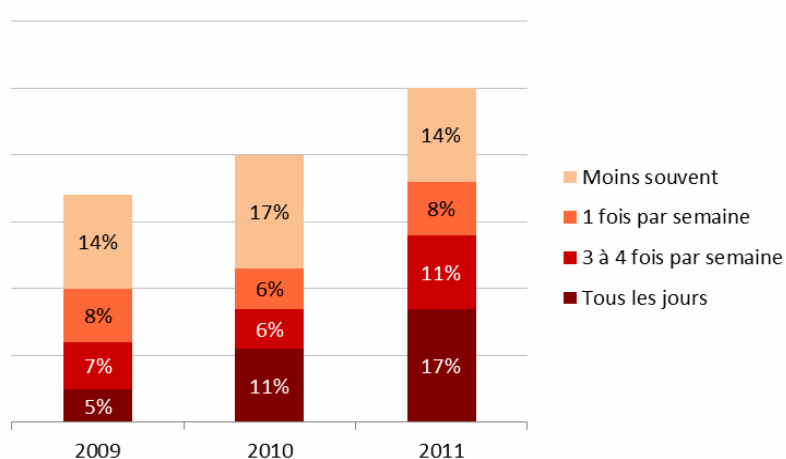
³⁴ Groupm / SFR Régie, 3^{ème} observatoire de l'internet mobile, 6 avril 2011 et Arcep, Suivi des indicateurs mobiles, Mars 2011

Figure 34 - Part des options internet souscrites dans le forfait



Source : Groupm, SFR régie, Observatoire de l'internet mobile, 3ème édition, Avril 2011

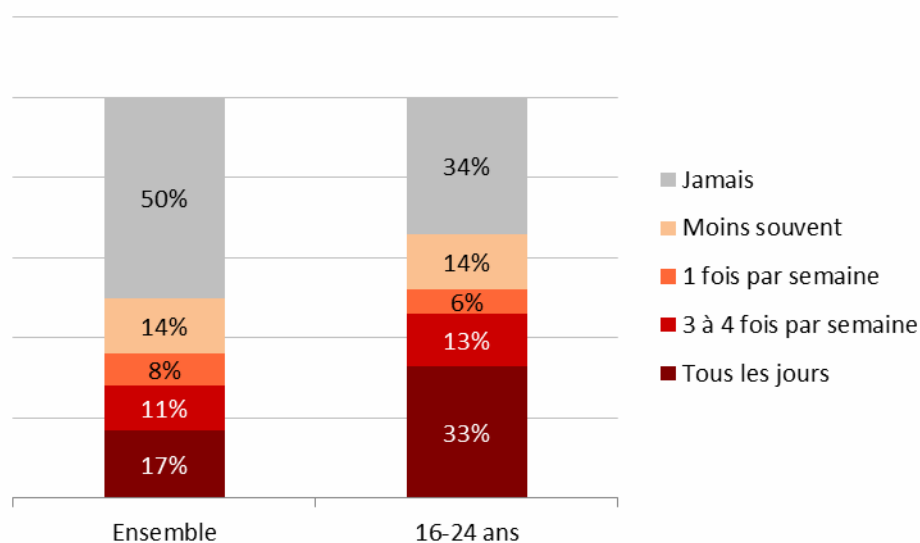
Figure 35 - Usage hebdomadaire de l'internet mobile parmi ses utilisateurs



Source : Groupm, SFR régie, Observatoire de l'internet mobile, 3ème édition, Avril 2011

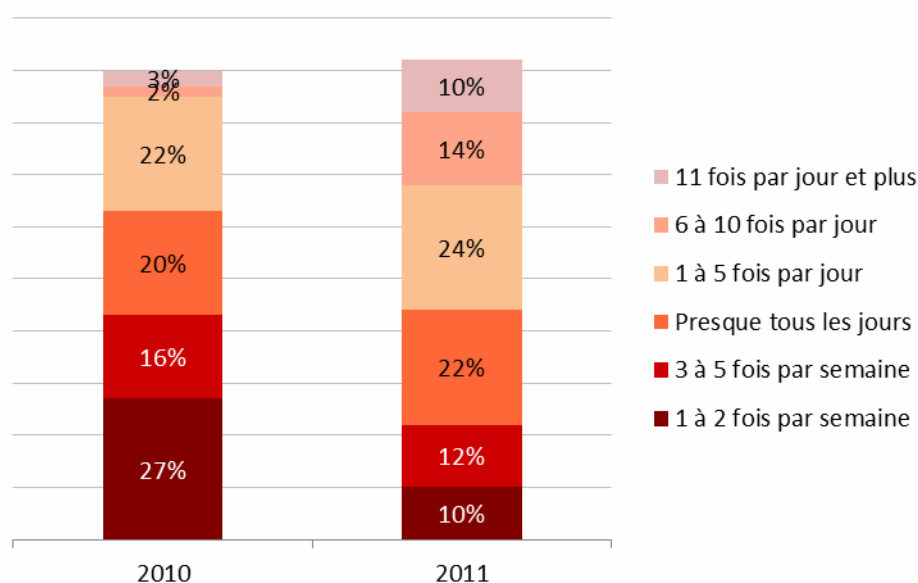
Il convient de noter, en particulier, que cet usage est beaucoup plus fréquent chez les plus jeunes consommateurs (cf. Figure 36) et que le nombre de connexions journalières chez les internautes mobiles réguliers est également en forte augmentation (cf. Figure 37).

Figure 36 - Fréquence d'usage de l'internet mobile chez les 16 - 24 ans



Source : Groupm, SFR régie, Observatoire de l'internet mobile, 3ème édition, Avril 2011

Figure 37 - Fréquence de connexions chez les internautes mobiles hebdomadaires

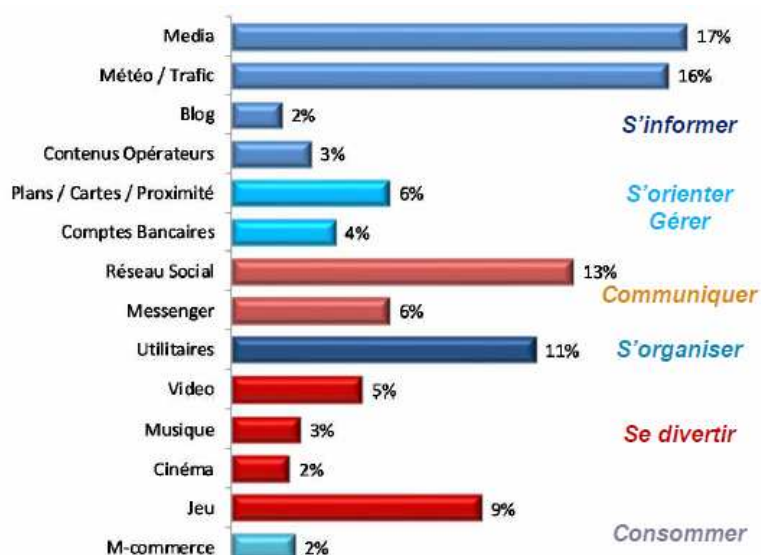


Source : Groupm, SFR régie, Observatoire de l'internet mobile, 3ème édition, Avril 2011

Outre les usages connus de l'Internet fixe, la nature ubiquitaire de l'internet mobile a fait naître de nouveaux usages spécifiques reposant notamment sur le M commerce (c'est-à-dire le commerce électronique via les terminaux mobiles) ou la géolocalisation (cartographie dynamique, navigation, ...). Par ailleurs le « cloud computing » en mobilité semble actuellement émerger. Ce concept consiste à déporter sur des serveurs distants des traitements informatiques ou des contenus traditionnellement localisés au sein des terminaux fixes ou mobiles. En offrant des capacités de traitement et de stockage très supérieures à celles offertes par les terminaux mobiles,

le « cloud computing » pourrait connaître un fort développement à l'horizon 2020 et engendrer ainsi des besoins supplémentaires en capacité. Apple prévoit ainsi de lancer fin septembre 2011 sa propre plate-forme, iCloud, permettant notamment une synchronisation automatique de tous les terminaux connectés à un même compte.

Figure 38 - Répartition des applications les plus utilisées sur mobile



Source : Groupm, SFR régie, Observatoire de l'internet mobile, 3ème édition, Avril 2011

Toutefois, comme pour l'accès fixe à internet, l'usage dominant en volume de trafic reste la vidéo, qui générera plus de 60% du trafic mobile mondial dès 2015 selon une étude Cisco (cf. Figure 32).

Evolution du trafic de données mobiles

Face à l'explosion naissante des usages de l'Internet et de ses nombreuses applications en mobilité, il est difficile de prédire l'évolution de la consommation de données mobiles à l'horizon 2020.

Néanmoins, on constate dans la téléphonie mobile des évolutions similaires à celles qu'a connues la téléphonie fixe 10 ans auparavant. Ainsi, le niveau de croissance actuel de consommation de données mobiles est semblable à celui enregistré dans les réseaux fixes entre 1997 et 2001, où la consommation croissait annuellement d'environ 150%.

Figure 39 - Evolution comparée des trafics sur les réseaux fixe et mobile

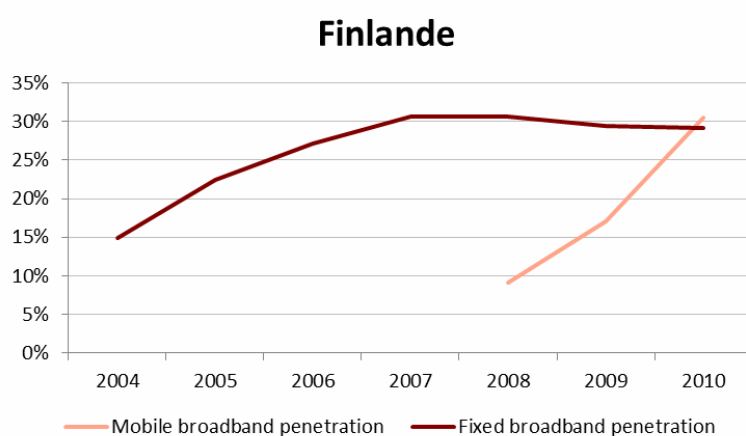
Global Internet Traffic Growth		Global Mobile Data Traffic Growth	
1997	178%	2008	156%
1998	124%	2009	140%
1999	128%	2010	159%
2000	195%	2011 (estimate)	131%
2001	133%	2012 (estimate)	113%

Source : Cisco VNI Mobile, 2011

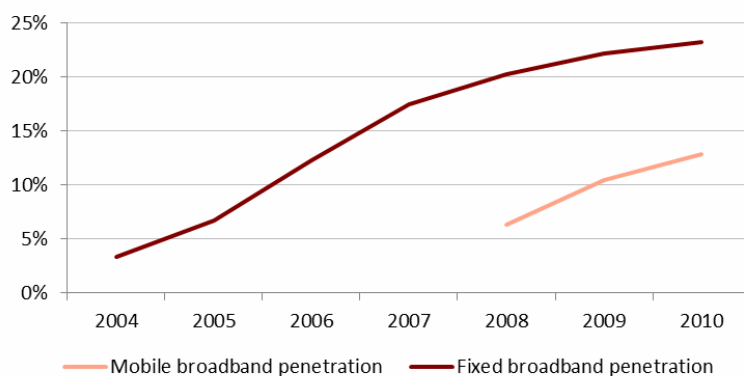
Cependant, le degré de substituabilité entre les accès fixe et mobile à internet peut représenter une limite à cette comparaison : en effet, l'accroissement du confort d'utilisation de l'internet mobile associé à l'amélioration des débits pourrait entraîner une certaine stagnation des usages haut débit sur les réseaux fixes au profit d'une très forte croissance des usages sur les réseaux mobiles, comme cela se constate en Finlande depuis 2009. Néanmoins, la situation finlandaise s'explique notamment par la rapidité de déploiement de réseaux mobiles de 4^{ème} génération offrant des débits élevés, associée à une moindre qualité du réseau fixe.

Dans les autres pays de l'OCDE, même les plus dynamiques sur le haut débit mobile comme l'Irlande ou l'Italie, la croissance des accès haut débit sur les réseaux mobiles n'a pas entraîné de rupture dans la croissance des accès haut débit filaire (cuivre et/ou câble et/ou fibre).

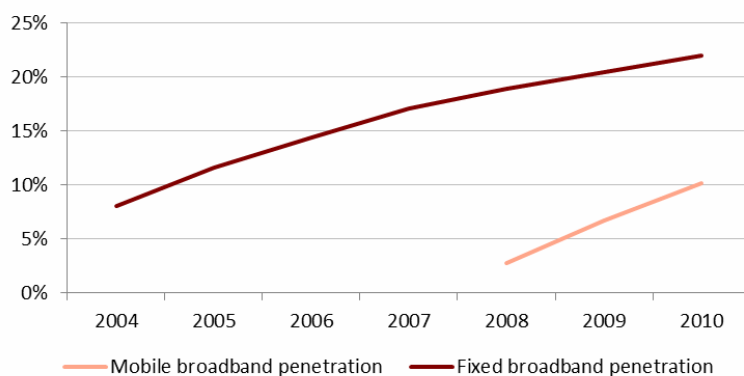
Figure 40 - Evolution comparée des taux de pénétration haut débit fixe et mobile pour 3 pays d'Europe



Irlande



Italie



Source : Scoreboard digital agenda for Europe, Commission Européenne

Par ailleurs, même dans un univers ultra mobile dans lequel un individu serait multi-équipé en cartes SIM, une substitution massive du mobile vers le fixe n'est techniquement pas possible du point de vue des opérateurs qui s'organisent pour utiliser les réseaux d'accès fixe pour délester le trafic mobile engendré par l'utilisation de terminaux mobiles dans des environnements *indoor* notamment (voir § 2.3.1)

Il semblerait ainsi que la tendance générale soit à la complémentarité des accès fixes et mobiles, et donc au multi-accès fixe et mobile au sein des foyers pour répondre à des usages connectés de plus en plus multi-équipements.

Aujourd'hui en France, un terminal mobile consomme environ 60 Mo de données par mois³⁵. A titre de comparaison, une ligne fixe consomme près de 250 fois plus, soit environ 15 Go par mois.

Ainsi, par analogie avec le niveau de consommation d'une ligne fixe, deux scénarii sont envisageables pour prédire le niveau moyen de consommation d'un terminal mobile à l'horizon 2020.

³⁵ Sur la base du paramétrage du modèle de TA mobile de l'ARCEP.

Scénario haut

Dans ce scénario, on considère que la consommation d'un terminal mobile en 2020 correspond à la consommation d'une ligne fixe aujourd'hui en 2010.

Dans ce scénario haut, un terminal mobile génère en 2020 une consommation de 15 Go par mois.

Scénario bas

Cependant, la nature partagée de l'accès internet fixe du foyer, par opposition à la nature individuelle de l'usage du terminal mobile, pourrait contribuer à augmenter la consommation d'une ligne fixe par rapport à celle d'un terminal mobile.

Ainsi, dans ce scénario bas, on considère que la consommation d'un terminal mobile en 2020 correspond à la consommation d'un seul utilisateur au sein du foyer raccordé à une ligne fixe aujourd'hui en 2010.

En considérant un nombre moyen de 2,3 personnes par foyer³⁶, **la consommation de données s'élève ainsi à près de 7 Go par mois par terminal d'abonné mobile, à l'horizon 2020.**

Variante extrême du scénario bas

Par ailleurs, un usage en mobilité ou en nomadisme est a priori moins consommateur qu'un usage fixe, notamment pour les raisons suivantes :

- Un usage mobile ou nomade implique, par opposition à un usage fixe, une liberté de mouvements de l'utilisateur, et par extension une diminution de la capacité d'attention que l'utilisateur peut accorder au contenu qu'il consomme. A titre d'illustration, il n'est pas aisé de consommer des contenus vidéos en marchant ou en conduisant. Ainsi, un usage en mobilité implique la consommation de services à moindre nécessité d'attention, et généralement moins consommateurs en bande passante (géolocalisation, consultation de mail, web surfing). Les usages en mobilité de contenus consommateurs de données tels que la vidéo sont restreints à des trajets en temps que passer que ce soit en train, en voiture ou en bus, et impliquent par conséquent une limitation temporelle réduisant ainsi la consommation de ces services en mobilité.
- Si la taille des écrans des terminaux à usage internet exclusif (tablettes, ordinateurs utilisant une connexion via un opérateur mobile) apporte un certain confort d'usage, il n'en est pas de même pour les téléphones mobiles dont la taille reste relativement réduite. Ces terminaux, qui représenteront toujours à l'horizon 2020 près de 90% du parc total de terminaux mobiles, ne sont pas

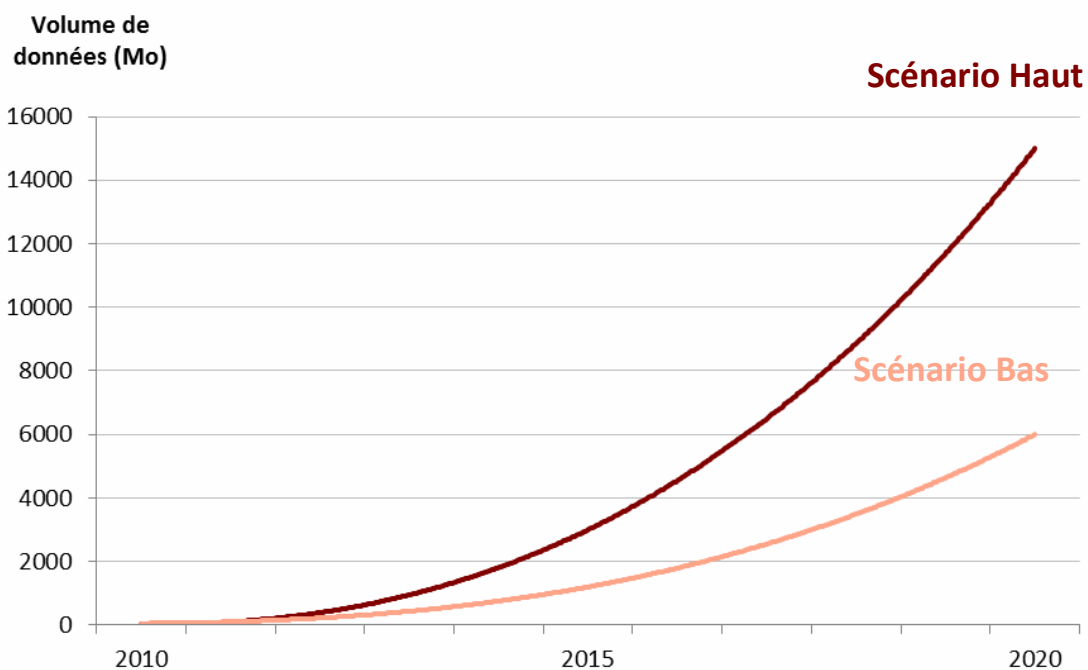
³⁶ Source INSEE, évolution de la taille des ménages en France

forcément adaptés à la consommation prolongée de services fortement consommateurs de capacité comme la vidéo.

- Enfin, la taille réduite des écrans des terminaux mobiles par rapport aux écrans associés aux usages fixes d'internet (écrans d'ordinateur et surtout téléviseurs dont la diagonale ne cesse d'augmenter), implique des besoins réduits en termes de qualité d'image des contenus consommés. Un même service nécessite ainsi une bande passante moins élevée lorsqu'il est consommé via un terminal mobile que lorsqu'il est consommé via un écran fixe de taille plus importante, et ce pour une qualité d'image perçue identique.

Une variante du scénario bas pourrait ainsi être envisagée, qui prendrait en compte les restrictions d'usage de services de données en situation de mobilité, et par conséquent une consommation moindre de la part de leurs usagers. Cependant l'existence de la géolocalisation et du concept de réalité augmentée, qui permet d'obtenir tout type d'information sur son environnement à un instant donné, laissent penser que de nombreux usages adaptés et spécifiques à la mobilité devraient apparaître dans la décennie à venir et par conséquent contrebalancer cette restriction.

Figure 41 - Résumé des 2 scénarii de consommation mensuelle de données par terminal mobile pour les services de communications électroniques à l'horizon 2020



Source : Analyse TERA Consultants

Si on observe bien aujourd'hui une croissance exponentielle de la consommation actuelle moyenne des terminaux mobile, cette consommation demeure à des niveaux très réduits par rapport aux niveaux attendus pour la fin de la décennie. Pour cette

raison, des mesures mensuelles détaillées dans les trois prochaines années seraient particulièrement utiles afin d'affiner les prévisions de trafic mobile dans la perspective de la Conférence Mondiale des Radiocommunications qui se déroulera en 2015.

Evolution de la charge des réseaux mobiles à l'horizon 2020

La charge des réseaux mobiles ne dépend pas directement du volume de données échangées mais du débit moyen constaté à l'heure la plus chargée. D'un point de vue opérationnel, la capacité d'un réseau de télécommunications est dimensionnée à travers le débit accessible pour chaque terminal pendant cette heure la plus chargée.

Ainsi les réseaux actuels des opérateurs mobiles français offrent à chaque terminal un débit moyen de 0,4 kbps à l'heure la plus chargée³⁷ (il convient de noter qu'il s'agit d'une moyenne englobant l'ensemble des terminaux, y compris les terminaux n'utilisant pas de données mobiles actuellement). Si ces débits sont suffisants pour permettre aujourd'hui à l'abonné mobile de surfer sur son téléphone portable, ils sont en revanche inadaptés à une diffusion massive des usages plus consommateurs que représentent par exemple le visionnage de vidéo en streaming.

Ainsi, dans l'hypothèse du scénario haut correspondant à une consommation mensuelle de 15 Go par terminal mobile (soit l'équivalent de la consommation mensuelle d'un foyer fixe), cette consommation nécessiterait la fourniture d'un débit moyen à l'heure de pointe de l'ordre de 100 kbps par terminal mobile (correspondant au dimensionnement actuel d'une ligne fixe haut-débit).

De même, dans l'hypothèse du scénario bas, le niveau de consommation par terminal mobile nécessiterait la fourniture d'un débit moyen à l'heure de pointe d'environ 45 kbps par terminal mobile.

Les usages de l'Internet mobile, et de ses nombreuses applications (musique et vidéo en streaming, géolocalisation, réseaux sociaux, etc.) sont aujourd'hui en pleine croissance. Poussée notamment par la pénétration des Smartphones au sein du parc de terminaux, cette tendance devrait s'accroître dans les années à venir et impacter fortement la charge supportée par les opérateurs de réseaux mobiles.

Toutefois, il est très difficile, compte tenu du peu de recul disponible sur ce phénomène, d'anticiper l'ampleur de cette croissance.

Par analogie avec la croissance de la consommation observée sur les réseaux fixes depuis 10 ans, et même si les natures d'usages ne sont pas forcément identiques, deux scénarii principaux peuvent être envisagés quant à l'évolution de la consommation de données mobiles :

³⁷ Selon le modèle de terminaisons d'appels mobiles de l'Arcep.

- **scénario haut : la consommation sur les terminaux mobiles en 2020 est similaire à la consommation actuelle sur les lignes fixes (soit environ 15 Go par mois par terminal mobile)**
- **scénario bas : la consommation sur les terminaux mobiles en 2020 est similaire à la consommation actuelle d'un individu au sein du foyer raccordé à une ligne fixe (soit environ 7 Go par mois par terminal mobile, en considérant 2,3 individus par foyer)**

2.2.2.2 Services multicast

Aujourd'hui, de nombreux opérateurs de téléphonie mobile français offrent la possibilité d'accéder à des services de télévision, en proposant quelques dizaines de chaînes à leurs abonnés.

Figure 42 - offre TV mobile de SFR : 30 chaînes en direct et à la demande



Source : sfr.fr

Cependant l'usage de ce service reste actuellement très restreint. Ainsi, en 2010, seuls 4% des détenteurs de téléphone mobile ont déjà eu recours à ce type de service (cf. Figure 17).

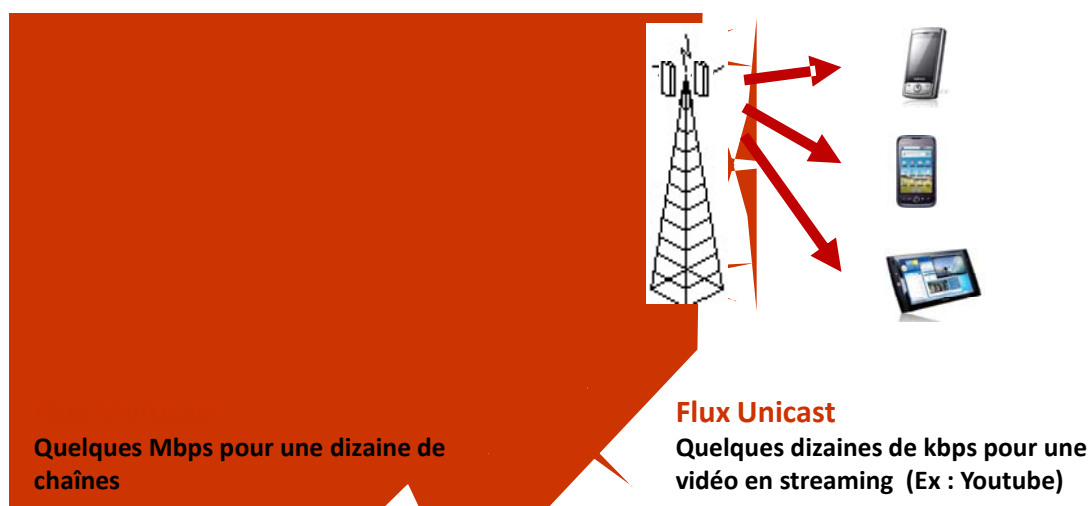
Si la qualité de la diffusion de programmes audiovisuels, nécessitant une capacité de 128 kbps à 512 kbps par chaîne sur des réseaux 3G déjà encombrés, constitue aujourd'hui un frein à cet usage, le gain de capacité fournie à travers le déploiement des réseaux LTE pourrait constituer un levier de développement de la télévision en mobilité.

L'IP mobile, sous condition d'augmentation des débits et de baisse des coûts, pourrait ainsi offrir une qualité de service proche de la télévision diffusée sur le réseau hertzien terrestre. L'ajout de fonctionnalités de personnalisation telles que la VoD ou la télévision de rattrapage, conjuguées à la disponibilité de ces services pourraient faire des services multicast de télévision sur mobile un concurrent sérieux à la TMP.

D'un point de vue opérationnel, il convient de noter que la mise à disposition d'un service multicast ne constituera à terme qu'un usage modéré de la capacité totale nécessaire pour les communications électroniques. En effet, alors que les données associées à l'Internet mobile et ses applications nécessitent des transmissions

différenciées et personnalisées, dont le poids sur la charge des réseaux mobiles est quasiment proportionnel au nombre d'utilisateurs, un service multicast de télévision ne nécessite potentiellement que la diffusion d'un seul flux sur le réseau pour tous les terminaux.

Figure 43 - Un seul flux est nécessaire pour une diffusion en multicast



Source : Analyse TERA Consultants

Grâce à l'efficacité spectrale des réseaux 4G³⁸, la diffusion d'un flux multicast de 5 à 10 Mbps, offrant à l'ensemble des usagers mobiles un service de télévision composé de quelques dizaines de chaînes, ne nécessitera au total que quelques MHz de capacité spectrale.

2.2.2.3 Services M2M

Les communications dites « machine to machine » correspondent à des échanges de données entre équipements distants sans intervention humaine.

Le marché des communications M2M est aujourd'hui en plein essor. Signe du dynamisme de ce marché et de l'intérêt qu'y attachent les acteurs des télécommunications, Orange et Deutsche Telekom ont signé en juillet 2011 un accord de coopération avec l'opérateur suédois TeliaSonera visant à améliorer la qualité des services et à harmoniser les standards de communication M2M.

Bien qu'encore peu déployé aujourd'hui, ce type de communication est appelé à se généraliser dans de nombreux domaines d'applications.

On peut citer à titre d'illustrations :

³⁸ 4 à 5 Mbps par MHz

- le développement de systèmes de télérelève de compteurs d'eau ou d'électricité ;
- l'introduction de données communicantes au sein d'équipements médicaux à domicile retransmettant en temps réel au médecin des données sur l'état de santé du patient ;
- des imprimantes qui constatent la diminution de la quantité d'encre et qui passent automatiquement commande auprès d'un distributeur ;
- des réfrigérateurs qui avertissent de l'approche de la date limite de consommation des produits qu'ils contiennent,
- etc.

Ainsi, tout objet est potentiellement susceptible de devenir à terme un objet communicant, rendant les communications M2M déclinables à l'infini.

Figure 44 - Champs d'applications des communications M2M



Source : ETSI, World class standards, Février 2011

Au vu des potentialités offertes par ce marché, le nombre d'objets communicants va connaître une forte expansion dans les décennies à venir. Néanmoins, comme décrit précédemment (cf. § 2.1.2), il convient de noter que l'impact du volume d'objets communicants sur la charge des réseaux mobiles restera quoiqu'il arrive limité, en raison de la nature du trafic généré : chaque communication M2M correspond en volume à quelques SMS aujourd'hui, et la nature de ces communication ne devrait pas sensiblement évoluer à l'horizon 2020.

2.2.2.4 Service très haut débit fixe

Le Gouvernement a rendu public en juin 2010 un programme national en faveur du très haut débit, qui s'inscrit dans le cadre des objectifs de couverture en très haut débit fixés par le Président de la République de 70% de la population en 2020 et de 100% en 2025.

Le programme national « très haut débit » se traduit en trois lignes d'action :

- stimuler l'investissement des opérateurs privés pour les inciter à s'étendre hors des zones denses du territoire grâce au guichet « opérateurs » doté de 1 milliard d'euros destiné à des prêts non bonifiés ;
- soutenir les réseaux d'initiative publique des collectivités territoriales pour compléter la couverture du territoire hors des zones faisant l'objet d'initiatives privées d'ici 3 à 5 années avec le guichet « réseaux d'initiative publique » doté de 900 millions d'euros de subventions ;
- soutenir des travaux de recherche et développement menés sous l'égide du Centre national d'études spatiales afin de favoriser l'émergence d'une nouvelle génération de satellites dédiés à l'accès très haut débit à Internet et permettre ainsi à terme une couverture exhaustive du territoire national (40 à 100 millions d'euros).

A l'horizon 2020, le LTE-Advanced pourra offrir des débits similaires, en usage fixe, à ceux offerts par la fibre (soit un peu plus de 1 Gbps par secteur sur une station de base mobile). Ces réseaux nécessiteront néanmoins une largeur de bande spectrale de 2x100MHz pour atteindre ces débits cibles³⁹.

Par ailleurs, en raison du coût de déploiement d'un réseau de télécommunications en zone peu densément peuplée, la viabilité d'un service de très haut débit, reposant sur une infrastructure de réseau mobile, nécessitera l'utilisation des fréquences offrant les rayons de couverture les plus importants (et limitant par conséquent le nombre de sites à déployer).

Dans ce contexte, la capacité spectrale requise pour le déploiement d'un réseau très haut débit en zone peu dense devra se situer dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz, du fait de la portée de ces dernières (par rapport aux fréquences des bandes supérieures).

Compte tenu des caractéristiques de propagation de ces fréquences, cet objectif de débit à 1Gbps pourrait être réalisé, dans les zones peu denses, au sein de cellules allant jusqu'à 5000 individus dans 100 km².

A l'horizon 2020, les progrès techniques des technologies mobiles (et notamment la norme LTE « advanced ») permettront la fourniture de débits similaires à ceux offerts par la fibre, moyennant la mobilisation d'une capacité spectrale de 2 x 100 MHz.

³⁹ Spectrum and technologies for IMT-Advanced and Beyond: Nokia and NSN View, Septembre 2010, et entretien à l'ARCEP

Par ailleurs, pour assurer cette couverture territoriale à moindre coût, les opérateurs mobiles devront disposer de cette capacité dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz, en raison de la portée plus importante de cette gamme de fréquences.

Aujourd'hui la capacité allouée à l'ensemble des opérateurs mobiles dans ces bandes s'élève à 130 MHz⁴⁰. La fourniture d'un service de très haut débit via une infrastructure mobile en nécessitant deux fois plus, deux solutions peuvent être envisagées :

- ***Soit par l'octroi de l'ordre de 100 MHz supplémentaires dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz, en complément des ressources déjà attribuées, mais nécessitant néanmoins une réorganisation interne de l'attribution des ressources entre opérateur pour la fourniture d'un service fixe de très haut débit en zone peu dense ;***
- ***Soit par l'octroi de 200 MHz, dédié entièrement à la fourniture d'un service fixe de très haut débit en zone peu dense, via une infrastructure de réseau mobile.***

⁴⁰ Dont 70 MHz dans la bande 900 MHz et 60 MHz dans la bande 800 MHz (ces dernières correspondent aux bandes obtenues dans le cadre de l'attribution des fréquences 4G)

2.3 Evaluation des besoins en fréquences

L'évolution à l'horizon 2020 du volume de trafic consommé par terminal mobile se traduit nécessairement par une réévaluation des besoins en fréquences nécessaires afin d'acheminer ce trafic.

Cependant, au-delà du volume de trafic, d'autres paramètres doivent être pris en compte afin d'estimer ces besoins : le progrès technique, par exemple, permet d'accroître l'efficacité spectrale des réseaux mobiles et ainsi d'acheminer plus de trafic pour une largeur de spectre identique.

Par ailleurs, un délestage d'une proportion importante du trafic des terminaux mobiles vers les réseaux fixes doit également être envisagé à moyen terme.

Enfin, les besoins en spectre pour l'acheminement du trafic sur un réseau mobile sont inversement proportionnels au nombre de stations de base déployées au sein de ce réseau : l'augmentation du volume de trafic sur un réseau de communications peut ainsi être absorbée soit par la densification du réseau, soit par l'augmentation de la largeur spectrale allouée aux opérateurs.

Par précaution, les évaluations ont été réalisées sans prendre en compte les bandes de fréquence au-delà de 3 GHz car il n'existe pas à ce jour d'équipements industriellement disponibles pour offrir un service mobile.

2.3.1 Considérations technologiques

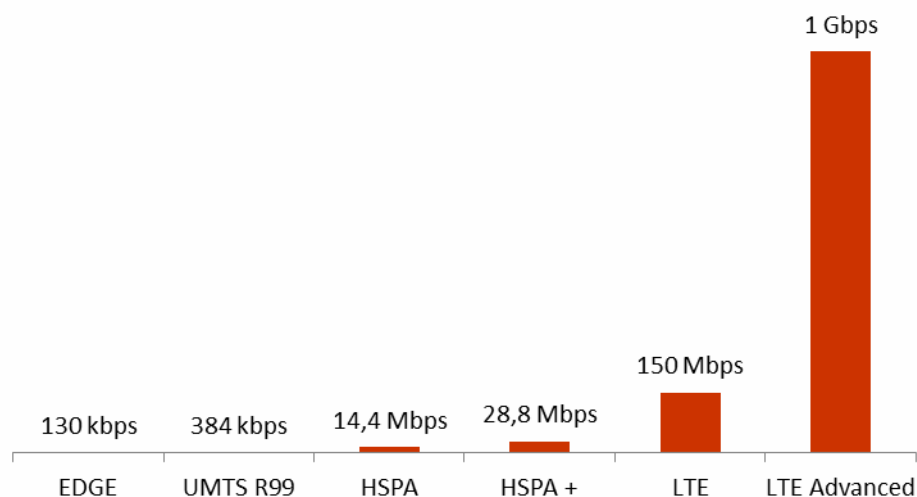
Evolution des technologies de communications électroniques

Les communications électroniques ont connu de nombreuses évolutions depuis le déploiement des premiers réseaux de téléphonie mobile. Les réseaux de deuxième génération (2G) les plus évolués permettaient ainsi d'atteindre un débit maximum au sein d'une cellule de 130 kbps. Par la suite, les réseaux de 3^{ème} génération (3G) les plus récents déployés dans certaines zones denses permettent d'atteindre près de 30Mbps.

Les réseaux de 4^{ème} génération (4G), qui reposent sur la technologie LTE (Long Term Evolution), sont déjà déployés dans plusieurs pays, notamment aux Etats-Unis par Verizon, et en Suède et en Norvège par TeliaSonera. Ces réseaux permettent aujourd'hui d'atteindre des débits d'environ 170 Mbps à l'aide d'antennes MIMO 2x2. L'avenir de ces réseaux passe par la technologie appelée LTE-Advanced, dont les travaux de normalisation, réalisés conjointement par l'UIT et le groupe de normalisation 3GPP, sont actuellement en cours⁴¹. Ces réseaux devraient permettre d'atteindre des débits descendants théoriques sur une cellule allant jusqu'à 1Gbps par simple mise à jour logicielle des réseaux 4G LTE déjà déployés.

⁴¹ <http://www.3gpp.org/LTE-Advanced>

Figure 45 - Evolution des débits descendants théoriques offerts par les différentes technologies sur une cellule



En France, le processus d'attribution de fréquences en cours pour des réseaux radio mobiles de 4^{ème} génération dans les bandes 800 MHz et 2,6 GHz, va permettre aux opérateurs mobiles de déployer des réseaux LTE sur le territoire Français dès 2012.

Selon les critères de l'appel d'offres publié par l'ARCEP, les opérateurs seront soumis à un objectif de couverture de 98% de la population métropolitaine 12 ans après l'attribution de la licence correspondant aux fréquences 800 MHz. En ce qui concerne les fréquences 2,6 GHz, l'ARCEP a fixé aux opérateurs un objectif de couverture de 60% de la population métropolitaine à l'horizon 2020.

Gain en efficacité spectrale

Ces réseaux de nouvelle génération offriront une efficacité spectrale supérieure aux réseaux 2G et 3G actuellement déployés sur le territoire. Ces gains en efficacité sont liés en grande partie à l'association d'une modulation OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) et de la technologie MIMO (Multiple Input and Multiple Output), qui permet d'optimiser la ressource spectrale en utilisant plusieurs antennes, tant au niveau de l'émetteur que du récepteur, capables de déterminer la provenance spatiale du signal et de s'adapter à ce signal afin d'éliminer les interférences. L'augmentation du nombre d'antennes, aujourd'hui limitée pour des raisons de dimensionnement au sein des terminaux mobiles, permettra à terme d'améliorer l'efficacité spectrale de la transmission.

L'efficacité spectrale du LTE mesurée par l'Ofcom au Royaume-Uni

*Plusieurs études ont été réalisées ces dernières années, notamment par l'Ofcom⁴² et par la FCC⁴³, afin de déterminer les gains apportés par les technologies 4G, et notamment le LTE. Toutefois, ces études reposaient principalement sur des essais en conditions idéales et sur des prévisions de parc et de trafic. Afin d'obtenir une mesure cohérente avec les premiers retours des opérateurs ayant déployé ces technologies, l'Ofcom a publié en janvier 2011 une étude sur les gains en capacité des réseaux 4G par rapport aux réseaux 3G. Il ressort de cette étude que le déploiement d'un réseau LTE typique actuel, utilisant des antennes MIMO 2x2, offrirait **une efficacité spectrale 3,3 fois plus élevée** que le réseau 3G majoritairement utilisé (HSUPA 1x1).*

Au-delà des gains en efficacité liés aux évolutions technologiques des réseaux mobiles de nouvelle génération, le concept de radio cognitive, dans lequel les éléments des réseaux font évoluer eux-mêmes leurs paramètres d'émission et de réception en fonction notamment de l'état du réseau et du spectre disponible, permet lui aussi d'optimiser la ressource spectrale. Développée à l'origine pour améliorer la gestion des espaces blancs dans le spectre UHF pour les équipements PMSE⁴⁴, la normalisation de cette technologie appliquée aux communications mobiles reste aujourd'hui à l'étude, suscitant aujourd'hui des interrogations techniques et réglementaires⁴⁵. Les industriels impliqués dans ce projet, à l'instar du groupe Thales, n'envisagent pas une commercialisation de ce type de technologie avant 2015. A l'horizon 2020, l'impact de la radio cognitive sur l'efficacité spectrale des réseaux mobiles n'est pas considéré comme structurant.

Le déploiement des réseaux 4G et l'amélioration de l'efficacité spectrale apportée par ces réseaux de nouvelle génération, permettra d'écouler de l'ordre de 3,3 fois plus de trafic que les réseaux 3G actuels, à largeur spectrale identique.

⁴² PA Consulting Group, "Predicting Areas of Spectrum Shortages", 7th April 200

⁴³ Federal Communications Commission, "Mobile Broadband the benefits of additional spectrum", October 2010

⁴⁴ Source : ETSI ERM meeting, "C-PMSE: improving frequency utilization and coexistence for PMSEs systems by cognitive procedure", Juin 2011

⁴⁵ Source : ITU, <http://www.itu.int/itunews/manager/display.asp?lang=fr&year=2008&issue=02&ipage=newRadioTech&ext=html>

Délestage de trafic mobile sur les réseaux fixes

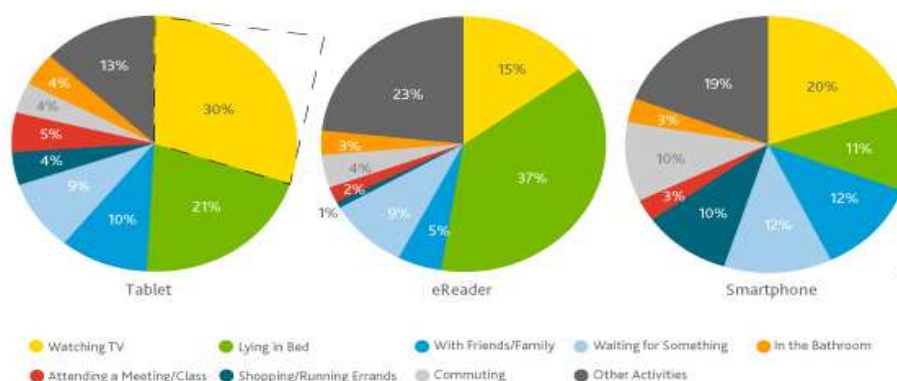
Il existe une différence structurelle entre le modèle économique des réseaux mobiles et celui des réseaux fixes : les premiers doivent composer avec une part importante de leurs coûts qui s'avère variable en fonction du trafic tandis que les coûts des seconds s'avèrent très peu sensibles au trafic.

Cette variabilité des coûts en fonction du trafic se retrouve par exemple dans les caractéristiques des réseaux mobiles actuels ; alors que quelques milliers de sites suffisent pour couvrir la France, chaque opérateur dispose de l'ordre de 15 000 sites pour couvrir le territoire et écouler le trafic de ses abonnés, trafic principalement voix jusqu'à aujourd'hui. Avec l'émergence de la donnée mobile, le risque de l'explosion des coûts des réseaux mobiles avec le trafic des abonnés est réel. Dans ce contexte, un usage des réseaux fixes, et plus particulièrement des accès fixes haut débit, apparaît comme particulièrement intéressant pour le modèle économique des opérateurs de services destinés à des terminaux mobiles.

Si certains usages comme par exemple celui d'un piéton marchant dans la rue ou celui du passager d'une voiture ne permettent aucune alternative à l'utilisation d'un réseau mobile, cela n'est pas le cas pour d'autres usages des terminaux mobiles.

Ainsi, au sein des usages des utilisateurs mobiles, il est important de distinguer les usages réellement effectués en situation de mobilité, des usages dit « nomades », qui consistent à utiliser des terminaux mobiles sans se déplacer physiquement. Ainsi, les usages mobiles à domicile, chez des amis, ou sur son lieu de travail ne constituent pas à proprement parler des usages en mobilité, mais en nomadisme qui représentent aujourd'hui la majorité des usages des terminaux mobiles (cf. Figure 46).

Figure 46 - Les usages des terminaux par lieu d'utilisation



Source: Q1 2011 Mobile Connected Device Report

nielsen

Source : Nielsen, Q1 2011 Mobile Connected Device Report

Cisco indique par ailleurs que 40% des usages de données mobile sont effectués au domicile de l'utilisateur, 25% sur son lieu de travail, et seulement 35% en situation réelle de mobilité⁴⁶.

Or ces lieux de nomadisme, que constituent le domicile ou le lieu de travail, sont de plus en plus raccordés à un réseau fixe haut débit⁴⁷, permettant l'accès à des services de forte capacité notamment à l'aide d'une connexion Wi-Fi. Ainsi, le trafic généré par les utilisateurs mobiles durant ces usages nomades est potentiellement délestable sur le réseau fixe, sous condition de pouvoir connecter son terminal mobile au réseau Wi-Fi. La part de trafic pouvant être délestée sur des réseaux fixes dépend ainsi du déploiement de terminaux compatibles avec un tel délestage (terminaux « Dual-mode », à l'instar des terminaux Smartphones).

A la différence du Wi-fi, la technologie Femtocell permet de connecter automatiquement le terminal mobile aux réseaux fixes haut débit via une couverture radio limitée et souvent dédiée à un usage résidentiel ou en entreprise. Le délestage n'est ainsi plus limité aux seuls terminaux « dual-mode ». Par ailleurs, l'usage de Femtocell permet une amélioration de l'autonomie des terminaux par rapport au WiFi.

Cependant, cette technologie, annoncée depuis plusieurs années déjà, n'a pas eu la croissance qu'on lui promettait à son apparition. En effet, leur déploiement massif s'est heurté à la fois à des contraintes techniques, et marketing. Si les contraintes techniques, telles que les interférences entre les femtocell et les stations de base sur les toits, le basculement du terminal mobile du réseau macro à la femtocell de manière transparente pour l'utilisateur, ou encore la sécurisation des données, ont été résolues assez rapidement, il a fallu plus de temps pour produire des équipements attractifs pour le consommateur final : au-delà de la méfiance des associations de consommateurs qui refusaient l'installation d'antennes relais au sein des foyers, le modèle économique associé à ces équipements a été long à se dessiner. L'intégration de ces femtocells au sein des box des opérateurs, associée à des offres multiplay, devrait se développer très prochainement en France.

L'usage significatif des utilisateurs mobiles en situation de nomadisme, dans des lieux bénéficiant généralement d'une connexion à un réseau fixe haut débit, permet d'alléger la charge des réseaux des opérateurs mobiles, en délestant une partie de leur trafic sur les réseaux fixes, via les technologies Wi-Fi voire Femtocell.

Selon les acteurs du marché, les prévisions de délestage du trafic sur les réseaux mobiles varient entre 20% et 40% du trafic généré par les usagers

⁴⁶ Cisco VNI mobile, 2011

⁴⁷ Début 2011, plus de 80% des foyers français disposent d'une connexion haut ou très haut débit (source : Arcep, Observatoire trimestriel des marchés des communications électroniques en France – 1er trimestre 2011)

mobiles à l'horizon 2020⁴⁸. En cas de généralisation des FemtoCells, il est possible que le seuil de 40% puisse être dépassé.

2.3.2 Modélisation des besoins en fréquence

Le modèle de terminaison d'appel mobile de l'ARCEP

En 2010, l'ARCEP a développé dans le cadre de la préparation du troisième cycle d'analyse des marchés de la terminaison d'appel, un modèle technico-économique de réseau d'un opérateur mobile.

Ce modèle, développé en concertation avec les acteurs du marché français à travers deux consultations ⁴⁹, permet en particulier de mesurer le trafic de données pouvant être écoulé par un opérateur générique déployant son réseau sur l'ensemble du territoire français et écoulant un tiers du trafic total généré par l'ensemble des abonnés, dans un marché à 4 opérateurs possédant chacun 25% des fréquences disponibles suite à l'attribution des nouvelles fréquences 4G.

La problématique de la densification des réseaux mobiles

La capacité offerte par un réseau mobile est la résultante d'un arbitrage technico-économique entre deux composantes : la largeur de spectre disponible d'une part, et la densification du réseau d'autre part. Afin d'accroître la capacité offerte à ses abonnés, un opérateur de réseau mobile peut choisir, soit d'activer de nouvelles porteuses dans les fréquences qu'il a à sa disposition, soit d'ajouter des sites au sein de son réseau afin de diminuer la superficie couverte par les cellules radioélectriques et offrir plus de capacité aux utilisateurs se trouvant dans le rayon de couverture de la cellule. Ainsi, l'estimation des besoins en spectre à l'horizon 2020 est fondamentalement liée aux prévisions de densification des réseaux des opérateurs mobiles.

Les opérateurs mobiles français soulignent les nombreux obstacles freinant leurs projets de densification. En particulier, les sites adaptés à l'hébergement d'antennes d'émission et de réception en zones denses arrivent aujourd'hui à saturation dans de nombreuses zones. Par ailleurs, les contraintes sociales et environnementales pèsent sur la mise en œuvre de la densification, qui suscite des réactions négatives de la part de l'opinion publique et font régulièrement l'objet de blocages de la part des communes ou des associations de riverains. Ainsi, dans de nombreuses zones, les autorisations de création de nouveaux sites font l'objet de longues négociations.

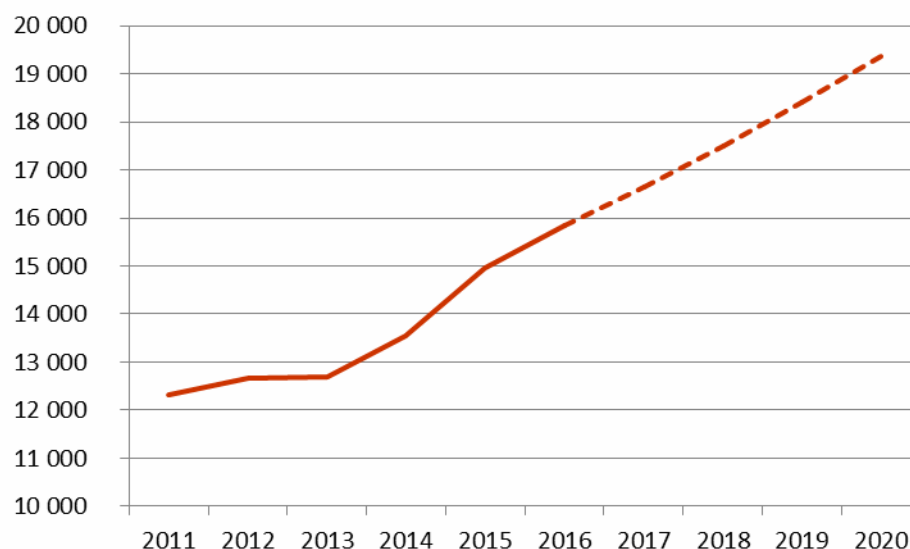
⁴⁸ Cisco, prévoit ainsi en 2015, un délestage de 38% du trafic mobile français sur les réseaux fixes, via les technologies Wi-Fi ou Femtocell (Source : Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2010–2015). Les opérateurs mobiles interrogés dans le cadre de ce projet ont communiqué des proportions de cet ordre aussi.

⁴⁹ Une consultation sur les principes méthodologiques relatifs au modèle (http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/consult-model-tamobile-280510.pdf) et une consultation sur le paramétrage du modèle (http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/Consultation-Publique-22122010_01.pdf)

Il existe cependant une possibilité de densification à l'aide de microcellules discrètes, placées en façades et sur du mobilier urbain. Cette solution, qui permet en particulier de diminuer la puissance rayonnée en émission, a le mérite d'être mieux acceptée par les populations alentours. Toutefois, de nombreuses microcellules sont nécessaires afin d'écouler le trafic d'une zone, ce qui en fait une solution coûteuse réservée a priori à des zones susceptibles d'accueillir une densité exceptionnelle d'utilisateurs (quartiers d'affaires, grandes avenues, lieux touristiques, centres commerciaux...).

Malgré les difficultés rencontrées par les opérateurs mobiles, on constate que la densification de la couverture du territoire en sites est toujours positive. Ainsi, le modèle de terminaison d'appel mobile publié par l'ARCEP, modélise un réseau d'opérateur mobile générique dont le nombre de nouveaux sites installés croît dans les années à venir. Cette dynamique de densification de sites explicitée dans la modélisation et approuvée par les opérateurs a été conservée lors de l'utilisation de cette modélisation. Celle-ci anticipe une augmentation du nombre de sites 3G d'environ 4% par an entre 2011 et 2016. Son prolongement jusqu'à 2020 amène à environ 19 000 sites déployés sur le territoire pour un opérateur.

Figure 47 – Evolution du nombre de macrosites 3G d'un opérateur générique entre 2010 et 2020



Source : ARCEP, modèle de terminaison d'appel mobile, Analyse TERA Consultants

Le paramétrage de ce modèle ayant fait l'objet de deux consultations publiques auxquelles ont été associés les opérateurs mobiles, les objectifs de densification issus de ce modèle sont repris comme hypothèse structurante des estimations de besoins en spectre de l'étude.

Paramétrage du modèle de terminaison d'appel mobile de l'Arcep et mesure du trafic frontière supportable par les réseaux mobiles dans le cadre des fréquences disponibles aujourd'hui

Une fois la dynamique de densification figée, le modèle de l'Arcep est utilisé afin de mesurer le trafic maximum pouvant être écoulé en 2020 sur un réseau d'opérateur générique écoulant un tiers du trafic total généré par les usagers mobiles à l'horizon 2020, et possédant un quart des fréquences disponibles.

Certains paramètres ont cependant été mis à jour ou ajoutés afin de prendre en compte des évolutions techniques non considérées dans le modèle.

Ainsi l'émergence des réseaux 4G n'est pas prise en compte dans le modèle initial. Il a donc été considéré qu'à l'horizon 2020, l'ensemble des fréquences réservées actuellement à l'utilisation des réseaux 2G et dont la réallocation aux fréquences 3G n'est pas planifiée seraient utilisées par les réseaux 4G⁵⁰. Ainsi, à l'horizon 2020, les technologies 3G et 4G disposent chacune de fréquences basses (inférieures à 1 GHz) et de fréquences hautes dans la modélisation.

Figure 48 - Répartition des fréquences disponibles dans le spectre entre la 3G et la 4G à l'horizon 2020

	Bande	Fréquences 3G (en MHz)	Fréquences 4G (en MHz)
bandes basses	800 MHz		60
	900 MHz	70	
bandes hautes	1800 MHz		150
	2,1 GHz FDD	120	
	2,1 GHz TDD		35
	2,6 GHz FDD		140
	2,6 GHz TDD		50
Total		190	445

Source : Analyse TERA Consultants

Par ailleurs, afin de prendre en compte les évolutions technologiques apportées par les réseaux 4G, un paramètre d'optimisation de l'efficacité spectrale de ces réseaux par rapport aux réseaux 3G a également été fixé. Ainsi à largeur spectrale équivalente, les fréquences 4G sont capables d'écouler 3,3 fois⁵¹ plus de trafic que les fréquences 3G. Une amélioration continue de l'efficacité spectrale de la 3G de 10% par an a par ailleurs été considérée.

⁵⁰ Approche retenue notamment par Nokia Siemens Network dans la note blanche : LTE 1800 MHz Introducing LTE with maximum reuse of GSM assets, 2011

⁵¹ Source : RealWireless report for Ofcom, 4G capacity gains, janvier 2011 (cf. § 2.3.1)

Compte tenu de la répartition des fréquences modélisée, on considère ainsi que 90% du trafic supporté par les réseaux mobiles sera écoulé via les fréquences 4G à l'horizon 2020.

A nombre de fréquences disponibles inchangé par rapport à la situation actuelle, la modélisation permet ainsi de constater le trafic frontière supportable par les réseaux mobiles, au fur et à mesure de l'augmentation du nombre d'utilisateurs.

Ainsi à l'horizon 2020, les réseaux mobiles seront en mesure d'écouler un débit maximum de 33 kbps en moyenne par abonné, à l'heure de pointe dans les bandes de fréquences actuellement allouées aux communications électroniques.

2.3.3 Estimation des besoins en spectre à l'horizon 2020

A l'aide des résultats constatés précédemment et en considérant un délestage d'environ 30% du trafic généré par les usagers mobiles vers les réseaux fixes⁵², le débit maximum offert à chaque usager mobile à l'heure de pointe s'élève alors à 45 kbps⁵³.

Ainsi, dans l'hypothèse d'une évolution des usages des utilisateurs mobiles vers le scénario bas⁵⁴, la totalité du trafic généré à l'horizon 2020 pourrait être écoulé sans capacité supplémentaire par rapport aux fréquences dont disposent aujourd'hui les opérateurs mobiles. Il convient néanmoins de nuancer cette conclusion, en rappelant qu'il s'agit ici d'un scénario frontière. Ainsi, dans l'hypothèse où un tel niveau de consommation commence à se confirmer pour 2020, il conviendra d'envisager très rapidement la mobilisation de nouvelles fréquences, afin d'anticiper la croissance potentielle de cette consommation au-delà de cet horizon.

Dans l'hypothèse d'une évolution des usages vers le scénario haut⁵⁵, la totalité du trafic ne pourra pas être écoulé avec le spectre disponible aujourd'hui. Pour offrir un débit de 100 kbps par usager mobile, les opérateurs mobiles devront disposer d'une grande quantité de fréquences supplémentaires.

En raison du nombre de terminaux 3G toujours présents dans le parc à l'horizon 2020, les fréquences utilisées aujourd'hui par les réseaux 3G devront être conservées. L'accroissement de trafic devra par conséquent être entièrement supporté à travers l'attribution de nouvelles fréquences 4G.

⁵² Cf. § 2.3.1

⁵³ 33 Kbps (offerts à travers les réseaux mobiles) / 30% (du trafic généré par les usagers mobiles délesté sur les réseaux fixes)

⁵⁴ Dans le scénario bas, la consommation sur les terminaux mobiles en 2020 est similaire à la consommation actuelle d'un individu au sein du foyer raccordé à une ligne fixe, correspondant à un dimensionnement d'environ 45 Kbps offert en moyenne à chaque usager à l'heure de pointe (cf. § 2.2.2.1).

⁵⁵ Dans le scénario haut, la consommation sur les terminaux mobiles en 2020 est similaire à la consommation actuelle d'une ligne fixe, correspondant à un dimensionnement d'environ 100 Kbps offert en moyenne à chaque usager à l'heure de pointe (cf. § 2.2.2.1).

Sachant que 10% du trafic généré par un usager mobile dans le scénario bas est écoulé via les fréquences 3G⁵⁶, et en considérant que le volume de trafic correspondant porté par la 3G reste constant dans le scénario haut, le volume de trafic à écouler via les fréquences 4G est environ 2,3 fois plus important dans le scénario haut que dans le scénario bas⁵⁷.

Dans le scénario bas, correspondant au nombre de fréquences aujourd'hui disponibles pour les opérateurs mobiles, les fréquences 4G offrent une capacité de 450 MHz. Dans le scénario haut, la capacité totale nécessaire pour écouler l'ensemble du trafic à l'horizon 2020 est donc d'environ 900 MHz (utilisés en 4G uniquement), soit 450 MHz supplémentaires par rapport aux ressources disponibles actuellement.

Dans l'utilisation des réseaux mobiles pour fournir les services d'accès Très Haut Débit, les opérateurs mobiles devront disposer d'une capacité de 2 x 100 MHz dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz (en raison de la portée plus importante de cette gamme de fréquences) pour assurer une couverture territoriale.

Au sein de ce besoin de 450 MHz supplémentaire, le besoin en fréquences inférieures à 1 GHz s'élève donc entre environ 100 MHz et 200 MHz, soit en complément de la capacité initiale disponible actuellement dans cette bande mais déjà partagées entre les opérateurs, soit par la mobilisation d'une capacité entièrement dédiée à la fourniture d'un service de très haut débit, via une infrastructure de réseau mobile.

Dans l'hypothèse haute d'une évolution des usages mobiles vers la consommation actuelle d'une ligne fixe, les ressources spectrales disponibles aujourd'hui ne suffiront pas à écouler la totalité du trafic généré par les abonnés mobiles à l'horizon 2020. Dans cette hypothèse, les opérateurs mobiles requerront l'attribution de 450 MHz supplémentaires, dont 100 à 200 MHz dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz (en raison de la portée de ces fréquences), pour assurer en zone rurale la fourniture d'un service de très haut débit, à l'instar de lui offert par les réseaux fibre en zone plus dense.

Dans l'hypothèse d'une évolution des usages mobiles vers la consommation d'un individu raccordé à une ligne fixe (scénario bas), les ressources spectrales disponibles aujourd'hui suffisent à écouler la totalité du trafic généré par les abonnés mobiles à l'horizon 2020 mais pas au-delà.

Par ailleurs, à l'horizon 2015, le volume de trafic généré par les usages mobiles, bien qu'en forte croissance, reste limité quel que soit le scénario d'évolution des usages envisagé. La quantité actuelle de spectre allouée aux opérateurs mobiles semble donc être suffisante à cet horizon.

⁵⁶ Cf. § 2.3.2

⁵⁷ $(70 \text{ kbps} / 33 \text{ kbps} - 1) \times 10\% / 90\% + 70 \text{ kbps} / 33 \text{ kbps}$ en anticipant de l'ordre de 30% de délestage du trafic dans les deux scénarios

2.4 Synthèse des besoins en fréquences pour les services de communications électroniques

Les services interpersonnels

La croissance modérée du parc de cartes SIM liées à la téléphonie mobile, à laquelle on assiste depuis quelques années, va se prolonger jusqu'en 2020. L'usage des services interpersonnels associés à ce parc (Voix et SMS) va également croître à l'horizon 2020. Il convient néanmoins de noter que ces derniers nécessitent une capacité limitée au sein des réseaux mobiles, contrairement au visionnage de vidéos en streaming sur le téléphone portable par exemple.

Ainsi le volume des communications interpersonnelles constitue un usage en proportion de plus en plus réduit au sein du trafic global transporté par les opérateurs mobiles, au profit des usages de données mobiles.

Les services de données mobiles

Les usages de l'Internet mobile, et de ses nombreuses applications (musique et vidéo en streaming, géolocalisation, réseaux sociaux, etc.) sont aujourd'hui en pleine croissance. Poussée notamment par la pénétration des Smartphones au sein du parc de terminaux, cette tendance devrait s'accroître dans les années à venir et impacter fortement la charge supportée par les opérateurs de réseaux mobiles.

Dans le cadre de l'estimation des besoins en fréquences, le niveau de consommation de ces services « large bande » est un paramètre structurant. Toutefois, il est très difficile, compte tenu du peu de recul disponible sur ce phénomène, d'anticiper l'ampleur de cette croissance.

Les services machine-to-machine

Bien qu'encore peu déployé aujourd'hui, ce type de communication est appelé à se généraliser dans de nombreux domaines d'applications. Ainsi, tout objet est potentiellement susceptible de devenir à terme un objet communicant (automobile, électro-ménager, mobilier urbain, etc.), rendant les communications M2M déclinables à l'infini. Au vu des potentialités offertes par ce marché, le nombre d'objets communicants va connaître une forte expansion dans les décennies à venir.

L'estimation, à l'horizon 2020, du volume d'objets communicants est rendue complexe, en raison de la diversité des prévisions annoncées (variant de 20% à 600% du parc).

Cependant, il convient de noter que l'impact du volume d'objets communicants sur la charge des réseaux mobiles restera quoiqu'il arrive limité, en raison de la nature du trafic généré, chaque communication M2M correspondant en volume à quelques SMS

(les machines échangeant entre elles en mode texte sans faire appel à des images ou des vidéos).

Analyse de la substituabilité des réseaux mobiles pour la desserte des terminaux mobiles

Le succès des services mobiles repose en premier lieu sur l'ubiquité du terminal ; quel que soit le lieu, les services mobiles fonctionnent. Cette ubiquité a amené un développement massif d'usage des terminaux mobiles au-delà du strict besoin en situation de déplacement entre deux lieux. On constate ainsi chez les utilisateurs mobiles un usage significatif en « nomadisme », c'est-à-dire au lieu du domicile ou du travail, par opposition à une situation véritable de mobilité (i.e. de déplacement entre différents lieux).

L'usage significatif des utilisateurs mobiles dans des lieux bénéficiant généralement d'une connexion à un réseau fixe haut débit, permet ainsi d'alléger la charge des réseaux des opérateurs mobiles, en délestant une partie de leur trafic sur les réseaux fixes, via les technologies Wi-Fi voire Femtocell.

Selon les acteurs du marché, les prévisions de délestage du trafic sur les réseaux mobiles varient entre 20% et 40% du trafic généré par les usagers mobiles à l'horizon 2020.

Scénarii d'évolution

Deux scénarii principaux centrés sur les données mobiles sont envisagés à l'horizon 2015-2020. Ces deux scénarii s'appuient sur le constat historique d'un décalage d'une décennie entre les volumes générés par les usages associés aux réseaux fixes et les usages associés aux réseaux mobiles (même si les natures d'usages ne sont pas forcément identiques) :

- Un scénario bas dans lequel la consommation sur un terminal mobile en 2020 serait similaire à la consommation fixe actuelle d'un individu sur une ligne fixe, soit un débit par utilisateur de 40 kbps. Dans cette hypothèse de consommation basse, les ressources spectrales disponibles aujourd'hui suffisent à écouler la totalité du trafic généré par les abonnés mobiles à l'horizon 2020 mais pas au-delà.
- Un scénario haut dans lequel la consommation sur les terminaux mobiles en 2020 serait similaire à la consommation actuelle sur les lignes fixes, soit un débit par utilisateur de 100 kbps. Dans cette hypothèse de consommation haute, les ressources spectrales disponibles aujourd'hui ne suffiront pas à écouler la totalité du trafic généré par les abonnés mobiles à l'horizon 2020, et nécessiteront l'attribution de 450 MHz supplémentaires, dont 100 à 200 MHz dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz (en raison de la portée de ces fréquences), pour assurer en zone rurale la fourniture d'un service de très haut débit, à l'instar de lui offert par les réseaux fibre en zone plus dense.

A l'horizon 2015, les usages, bien qu'en développement rapide, devraient toutefois engendrer un volume de trafic relativement limité dans l'absolu. Il est ainsi permis d'envisager un débit par utilisateur à l'heure de pointe inférieur à 5 kbps à cet horizon, ce qui n'entraînera pas de besoin en fréquences supplémentaires.

3 Analyse des besoins en fréquences des services d'urgence et de sécurité

Le segment des utilisateurs des services radio d'urgence et de sécurité représente un marché de niche, par rapport à l'ensemble de la téléphonie mobile opérée en France. En effet il faut comparer environ **170 000 utilisateurs** au quotidien en France aux **60 millions de cartes SIM** qui permettent à leurs possesseurs d'activer un service de téléphonie mobile.

Ces utilisateurs de la radio professionnelle, appelée également PMR⁵⁸ pour *Professional Mobile Radio* sont différenciés par les missions qu'ils exercent sur le terrain et les conditions d'emploi de l'outil radio.

Conformément à son cahier des charges, le champ de cette étude ne traitera que les utilisateurs radio des services d'urgence et de sécurité, principalement pour :

- La sécurité publique, c'est-à-dire les forces relevant du ministère de l'intérieur (police et gendarmerie nationale).
- La sécurité civile, dont les directives d'emploi sont élaborées par la Direction de la Sécurité Civile (Ministère de l'Intérieur), pour une mise en application locale par les Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS - Sapeurs Pompiers), sous l'autorité du Préfet.
- L'urgence médicale exercée au niveau départemental par les SAMU/SMUR hébergés par les centres hospitaliers sous la tutelle du ministère de la santé.

3.1 Facteurs d'évolution démographique, économique, sociale et technologique (parc utilisateurs et terminaux)

3.1.1 Les utilisateurs des services d'urgence et de sécurité

Les réseaux radio de sécurité sont exploités en groupe fermé d'utilisateurs (GFU), à la différence des réseaux de communications électroniques opérés de téléphonie mobile ouverts au public.

Les principales fonctionnalités spécifiques aux réseaux PMR sont rappelées ci-après :

- Services vocaux à l'alternat (Push-To-Talk).
- Appels de groupe.
- Etablissement d'appel instantané.
- Gestion automatique et par priorité des appels en attente quand le système est chargé (préemption d'appel par Autorité).

⁵⁸ Private Mobile Radio au Royaume-Uni et Land Mobile Radio aux USA.

- Haute disponibilité pour l'accès à la ressource radio.
- Résilience élevée du relais/station de base radio :
 - Redondance des voies radio, en plus de l'alimentation des équipements actifs.
 - Fonctionnement local possible en mode dégradé, lorsque le lien de raccordement au cœur de réseau est interrompu.
- Gestion de flotte par groupe d'utilisateurs.
- Maîtrise de la gestion technique du réseau.

3.1.2 L'état des lieux

Les réseaux radio du Ministère de l'Intérieur

Ils correspondent à deux réseaux radio ministériels. L'un pour la sécurité et le second pour les services d'urgence. Ces deux réseaux présentent une couverture nationale (territoire métropolitain et Corse), avec des extensions partielles aux départements et territoires d'outre-mer.

En effet, depuis le rattachement de la Gendarmerie Nationale au Ministère de l'Intérieur, celui-ci dispose de 2 réseaux radio PMR RUBIS et ACROPOL/I.N.P.T. pour exercer ses missions sur le terrain. Ceux-ci ont été conçus à l'origine pour répondre à des besoins différents mais complémentaires :

- RUBIS⁵⁹ privilégie les communications à longue portée sur un territoire rural (élongation des liaisons et couverture de l'ensemble du territoire) :
 - Les formes d'onde utilisées dans la plage des 80 MHz se propagent mieux dans la végétation et sur des distances plus longues.
 - Le nombre de relais est restreint, environ 475 sites points hauts sur le territoire national.
 - Le nombre de terminaux au km² est assez réduit, ce qui est adapté aux missions courantes de la gendarmerie en zones rurales.
- ACROPOL⁶⁰/I.N.P.T⁶¹. privilège les communications denses en milieu urbain avec une plus courte portée (densité des communications et concentration en zone urbaine) :
 - Les formes d'onde utilisées dans la plage des 400 MHz sont plus pénétrantes dans les bâtiments et se propagent mieux en zone urbaine.

⁵⁹ Il ne s'agit pas d'un acronyme mais simplement d'un nom de baptême. La Gendarmerie Nationale a choisi des noms de pierres précieuses pour ses systèmes d'information et de communication : SAPHIR, RUBIS, TOPAZE, CORAIL, etc.

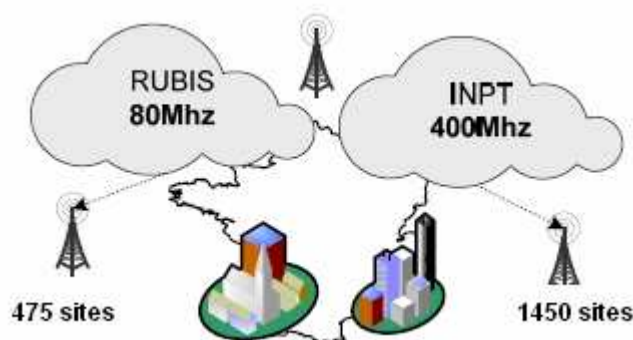
⁶⁰ Acronyme pour Automatisation des Communications Radiotéléphoniques Opérationnelles de la POLice.

⁶¹ Acronyme pour Infrastructure Nationale Partagée des Transmissions.

- La distance de propagation est plus courte, requérant un nombre de relais plus élevé, de l'ordre de 1 450 sites points hauts sur le territoire national.
- Le nombre de terminaux au km² est plus important, ce qui est adapté au contexte opérationnel de la police.

Le schéma ci-après rappelle ces dualités et complémentarités opérationnelles :

Figure 49 - Réseaux RUBIS et INPT

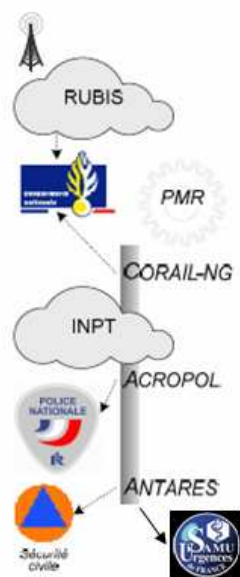


Depuis l'ouverture de l'I.N.P.T aux sapeurs-pompiers avec l'extension de couverture radioélectrique ANTARES⁶², les réseaux I.N.P.T. et RUBIS présentent d'importantes zones de recouvrement, notamment en zones rurales.

L'hébergement des utilisateurs radio institutionnels par les deux réseaux PMR (RUBIS et I.N.P.T.) exploités par le Ministère de l'Intérieur s'articule comme indiqué sur le schéma ci-après, qui présente les applications métiers spécifiques à chaque service d'urgence et de sécurité :

⁶² Acronyme pour Adaptation Nationale des Transmissions Aux Risques Et aux Secours.

Figure 50 – Utilisateurs des réseaux RUBIS et ACROPOL/INPT



Présentation détaillée du réseau PMR RUBIS

Le réseau RUBIS n'accueille que les effectifs de la Gendarmerie Départementale pour la gestion de leurs vacances radio avec un **parc de terminaux d'un peu moins de 50 000 unités** :

- 37 000 portatifs radio pour les communications voix.
- 11 700 ordinateurs fixes ou embarqués dans des véhicules pour la transmission de messages courts.

Ce réseau n'a pas vocation à intégrer d'autres utilisateurs radio extérieurs.

Les principales caractéristiques radioélectriques du réseau RUBIS sont présentées ci-après :

- Bandes de fréquences duplex à 80 MHz :
 - 73,300 à 74,800 MHz.
 - 77,475 à 80,000 MHz.
- Protocole de transmission pour la phonie et les données : standard TETRAPOL⁶³.
- Modulation de type GMSK (identique à celle du GSM).
- Multiplexage AMRF : 400 canaux RF dans une bande de 10 MHz.
- Canaux VHF pour acheminer 4 catégories de communications :
 - Liaisons duplex opérationnelles relayées.

⁶³ Il s'agit d'un standard industriel et non d'une norme internationale ETSI comme pour la technologie TETRA.

- Liaisons duplex de conférences relayées.
- Liaisons tactiques non relayées.
- Liaisons de messagerie et de voie balise.

Le déploiement du réseau RUBIS a été réalisé entre 1994 et 2000.

Néanmoins, des améliorations de la couverture radioélectrique, dans certaines zones grises, conduisent à ajouter des stations de base, dans une limite d'environ 5% du parc actuellement déployé. Celui-ci comprendra à terme de l'ordre de 500 sites points hauts.

Présentation détaillée du réseau PMR ACROPOL/I.N.P.T.

A la différence du réseau RUBIS, l'I.N.P.T. a vocation à devenir une infrastructure de réseau radio PMR interministérielle permettant d'accueillir d'autres utilisateurs radio que la Police Nationale.

Les services radio pour la phonie sécurisée de la Police Nationale sont transmis par le réseau propriétaire ACROPOL, qui a été déployé sur l'ensemble des zones Police du territoire métropolitain.

La réunion du réseau ACROPOL avec l'extension apportée par l'application ANTARES constitue l'I.N.P.T.

Les transmissions radio pour les services de sécurité, de secours et d'assistance s'articulent autour d'un système national (I.N.P.T.) et de réseaux de base (RB) dans chaque département ou entité territoriale.

A ce jour, le système ACROPOL est utilisé par la totalité des policiers, hormis les DOM-COM et les CRS de Haute-Montagne.

Le déploiement du réseau ACROPOL a été réalisé entre 1994 et 2008. Les extensions de couverture radioélectrique ANTARES ont pris la suite, pour se terminer à fin 2011.

En effet, depuis 2007, le système est entré dans un contexte double :

- La consolidation du déploiement avec les opérations d'optimisation de la couverture radioélectrique, en parallèle des opérations normales de maintenance et d'évolution.
- L'ouverture du réseau à d'autres utilisateurs issus des forces de secours, notamment les pompiers avec le déploiement du réseau ANTARES.

L'I.N.P.T. a vocation à être utilisée à terme par les organisations et entités administratives suivantes :

- La Police Nationale dans sa version ACROPOL pour les communications sécurisées sur le terrain.
- Les SDIS, via l'application ANTARES pour la transmission de l'alerte, l'alarme des personnels, le passage des changements de statuts et la transmission de la géolocalisation des engins sur le terrain.

- La Gendarmerie Nationale (CORAIL NG) :
 - Sur le territoire du SGAP⁶⁴ de Paris, pour les escadrons de Gendarmerie Mobile en mission de maintien de l'ordre et de sécurisation, en coordination avec les unités de la Préfecture de Police.
 - En Région, pour les unités de recherche de la Gendarmerie Nationale (enquêteurs), en coordination avec les DDSP⁶⁵ locales de la Police Nationale.
- Les SMUR et SAMU (ANTARES), via les urgences médicales, et en coordination avec les CTA / CODIS⁶⁶ des SDIS.
- L'Administration Pénitentiaire, pour ses Equipes Régionales d'Intervention et de Sécurité (ERIS), dans le cadre de ses missions de transfert de détenus.
- Les Directions Départementales de l'Équipement.
- Les douanes pour ses équipes mobiles sur le terrain.
- L'armée de l'air pour la garde et la surveillance de ses bases.

L'I.N.P.T. repose sur l'infrastructure radioélectrique déployée du réseau ACROPOL et sur des extensions de couverture à réaliser en fonction des organisations hébergées.

Cette infrastructure radioélectrique dédiée comprend environ 1 450 sites points hauts, répartis sur le territoire métropolitain.

Actuellement, l'I.N.P.T. propose des services de radiocommunication au quotidien à environ **120 000 utilisateurs**, qui ont déjà migré sur cette infrastructure de réseau radio, et dont la répartition par ministère est la suivante :

- Ministère de l'Intérieur :
 - DAPN⁶⁷ (Police Nationale) pour ACROPOL : 50 000.
 - DGGN⁶⁸ (Gendarmerie) pour CORAIL NG : 7 000.
 - SDIS⁶⁹, UIISC⁷⁰, BSPP⁷¹ et BMPM⁷² (Sapeurs Pompiers) pour ANTARES : 60 000.
- Ministère de la Santé (SAMU/SMUR⁷³) pour ANTARES : 2 000 utilisateurs.

⁶⁴ Acronyme pour Secrétariat Général de la Police.

⁶⁵ Acronyme pour Direction Départementale de la Sécurité Publique.

⁶⁶ Centre de Traitement de l'Alerte et Commandement Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours.

⁶⁷ Acronyme pour Direction de l'Administration de la Police Nationale.

⁶⁸ Acronyme pour Direction Générale de la Gendarmerie Nationale.

⁶⁹ Acronyme pour Service Départemental d'Incendie et de Secours.

⁷⁰ Acronyme pour Unité d'Instruction et d'Intervention de la Sécurité Civile;

⁷¹ Acronyme pour Brigade des sapeurs Pompiers de Paris.

⁷² Acronyme pour Bataillon des Marins Pompiers de Marseille.

- Environ un millier d'utilisateurs pour les ministères de la Justice (personnel ERIS de l'Administration pénitentiaire), des Finances (équipes mobiles des douanes) et de la Défense (personnels affectés à la surveillance des bases aériennes).

3.1.3 L'évolution à l'horizon 2020

Le parc des utilisateurs des réseaux radio du Ministère de l'Intérieur (RUBIS et I.N.P.T.) devrait augmenter régulièrement entre 2011 et 2020.

Néanmoins, les 2 réseaux radio de sécurité présentent des caractéristiques d'évolution très différentes :

- Réseau RUBIS : une relative stabilité du parc des utilisateurs, voire une très légère hausse, à 50 000 unités car :
 - Ce réseau n'a pas vocation à accueillir des utilisateurs radio autres que les effectifs actuels de la gendarmerie départementale.
 - Les dotations en tablettes graphiques équipent déjà les véhicules de patrouille, soit environ 12 000 unités destinées à la transmission de messages courts. C'est le type de connectivité qui changera avec le développement des usages mobiles à large bande (dongle).
- Réseau I.N.P.T. : une augmentation régulière des utilisateurs, de 120 000 en 2011 à une cible de 200 000 comprise entre 2015 et 2020. Cette croissance s'explique par :
 - Le suivi annuel des migrations planifiées pour les services de secours et d'urgence (SDIS et SAMU), jusqu'en 2015.
 - L'intégration progressive des utilisateurs Police Municipale (10 000 unités).
 - Le développement des parcs utilisateurs des ministères autres que l'Intérieur et la Santé.
 - La dotation en tablettes graphiques, type PC dans les véhicules sérigraphiés de la Police Nationale (connectivité à bande étroite et à large bande). Le besoin recensé est estimé à 10 000 unités.
 - La dotation en tablettes graphiques, type PC dans les engins de secours et smartphones pour les bilans secouristes ou médicaux (connectivité à bande étroite et à large bande) au pied de la victime. Le besoin est estimé à 20 000 unités pour les SDIS. Le rythme de déploiement sera fonction des capacités de financement des départements.

⁷³ Acronymes pour Service d'Aide Médicale Urgente et Service Mobile d'Urgence et de Réanimation.

3.2 Impact du développement des usages/services actuels et de l'émergence possible de nouveaux usages/services

3.2.1 Les usages à bande étroite

Les usages à bande étroite (narrow band) pour la phonie voix et la transmission de données à bas débit sont aujourd'hui acheminés de façon satisfaisante en termes de disponibilité et de qualité de service aux différents utilisateurs des réseaux ministériels de sécurité, à couverture nationale comme l'I.N.P.T. ou RUBIS.

Ces deux réseaux PMR, au standard TETRAPOL proposé par l'équipementier EADS/CASSIDIAN, sont exploités l'un dans la bande 380-400 MHz pour l'I.N.P.T. et l'autre à 80 MHz pour RUBIS et ils transmettent de façon sécurisée la voix et des données à bas débit avec une protection de bout en bout contre les écoutes et l'intrusion.

Un passage au tout IP a été réalisé en 2008 pour les cœurs de réseau départementaux RUBIS afin d'améliorer les performances en transmission de messages courts type SMS et l'introduction de nouvelles fonctionnalités comme la géolocalisation.

Le tableau ci-après présente les différents types d'usages à bande étroite avec leur qualification (existant/émergent) et leur exigence de temporalité pour les services d'urgence et de sécurité.

Figure 51 - Usages des services d'urgence et de sécurité à bande étroite

Usages/Applications	Qualification des usages	Usages avec temporalité
Voix	Existant	Bande étroite (temps réel)
Géolocalisation	Existant	Bande étroite (immédiat et sens montant/descendant)
Envoi de status	Existant	Bande étroite (immédiat, sens montant)
Envoi Ordre de Mission avec adresse et itinéraire pour intervention	Existant	Bande étroite (immédiat, sens descendant)
Envoi Main courante informatique, bilans secouriste/médical	Existant	Bande étroite (différé, sens montant)
Interrogation de fichiers centraux	Existant	Bande étroite et large bande (transactionnel/interactif)

Un deuxième tableau précise l'utilisation de ces usages à bande étroite au sein des différents types de services d'urgence et de sécurité.

Figure 52 – Utilisation des usages bande étroite par type de service

Usages/Applications	Police/Gendarmerie	SDIS	SAMU/SMUR
Voix	Oui	Oui	Oui
Géolocalisation	Oui	Oui	Oui
Envoi de status	Non	Oui	Non
Envoi Ordre de Mission avec adresse et itinéraire pour intervention	Oui	Oui	Non
Envoi Main courante informatique, bilans secouriste/médical	Oui	Oui	Oui
Interrogation de fichiers centraux	Oui	Non	Non

Actuellement, **les services sécurisés de phonie voix et de transmission de données à très bas débit (< 2 kbit/s)** proposés aux utilisateurs actuels de l'I.N.P.T. identifiés en supra sont **conformes aux besoins exprimés dans les cahiers des charges** des services utilisateurs avec une **parfaite étanchéité entre les différentes entités hébergées**.

Cette qualité de service, en termes de disponibilité, de rapidité d'accès à la ressource radio et de couverture radioélectrique est satisfaisante, même dans un environnement spectral actuel contraint et difficilement extensible.

Néanmoins des réaménagements de fréquences devront être réalisés par la DSIC du ministère de l'intérieur, l'exploitant technique de l'I.N.P.T., pour mettre en œuvre des conférences interdépartementales à destination des SDIS et des SAMU, principalement sur la plaque parisienne notamment pour la BSPP et les SAMU, qui interviennent sur Paris et les 3 départements de la petite couronne francilienne.

En synthèse, les usages à bande étroite (*narrow band*) pour la phonie et la transmission à très bas débit, sont globalement satisfaisants en termes de disponibilité et de qualité de service pour les différentes entités utilisateurs hébergées par l'I.N.P.T.

En revanche, l'accueil de nouveaux utilisateurs sur l'I.N.P.T. ne sera guère possible dans le contexte spectral actuel.

Conclusion pour les usages à bande étroite (narrow band) : Les **ressources spectrales disponibles dans les bandes de fréquences actuellement utilisées sont suffisantes** pour délivrer des **services sécurisés de phonie voix et de transmission de données à bas débit (< 2 kbps)** aux utilisateurs actuellement hébergés par les réseaux radio du ministère de l'intérieur (I.N.P.T. et RUBIS).

3.2.2 Les usages à large bande

Ceux-ci peuvent être regroupés en 2 grandes catégories :

- L'**émergence** du **bureau mobile de travail** : il s'agit, pour les forces de sécurité par exemple, de recréer un environnement professionnel de travail dans le véhicule, semblable à celui rencontré en sédentaire au commissariat ou en brigade. Cet environnement doit permettre l'accès distant à des fichiers, des photos et des images.
- Le **développement de la remontée des images vidéo** : cette remontée d'images du terrain permet de rendre compte visuellement et d'apprécier une situation avant une prise de décision par le Commandement ou l'Autorité compétente.

Le concept du bureau mobile répond à plusieurs objectifs :

- Une meilleure occupation du terrain par les policiers et les gendarmes, en renforçant la durée des patrouilles par rapport au temps total de vacation.
- Une augmentation de l'efficacité dans le traitement des enquêtes de terrain par la récupération d'informations par les patrouilles sur le terrain et l'envoi aux directions d'enquêtes.
- Une plus grande autonomie et responsabilité des personnels sur le terrain, liée également à une future évolution du rôle exercé par les CIC⁷⁴ et COG⁷⁵ dans les interventions.

Le tableau ci-après présente les différents types d'usages à large bande avec leur qualification (existant/émergent) et leur exigence de temporalité pour les services d'urgence et de sécurité.

Figure 53 - Usages des services d'urgence et de sécurité à large bande

Usages/Applications	Qualification des usages	Usages avec temporalité
Envoi/réception photos (sinistre, avis recherche, enquête, levée de doute)	Émergent	Large bande (immédiat/différé, sens descendant et montant)
Envoi paramètres médicaux (ECG), monitoring dans l'ambulance	Émergent	Large bande (immédiat, sens montant)
Réception plan cartographique secteur d'intervention	Émergent	Large bande (immédiat, sens descendant)
Envoi situation d'intervention sur terrain	Émergent	Large bande (immédiat/différé, sens montant)

⁷⁴ CIC : Centre d'Information et de Commandement pour la Police Nationale

⁷⁵ COG : Centre Opérationnel de la Gendarmerie

Usages/Applications	Qualification des usages	Usages avec temporalité
Réception dossier d'enquête pour investigation sur terrain	Emergent	Large bande (différé, sens descendant)
Réception plan d'architecte bâtiment	Emergent	Large bande (différé, sens descendant)
Traitements vidéo embarqués SD (17 images/seconde pour vidéoprotection opérationnelle)	Emergent	Très large bande (temps réel, double sens)
Traitements vidéo embarqués SD (17 images/seconde pour contour de feu)	Emergent	Très large bande (temps réel, sens montant)
Traitements vidéo embarqués SD (25 images/seconde pour vidéo transmission avec la salle de régulation médicale CRRA15)	Emergent	Très large bande (temps réel, sens montant)

Malgré une demande utilisateur de plus en plus importante et précise, les **usages à large bande (*widband*)** ou à **très large bande (*broadband*)** ne peuvent actuellement pas être supportés par l'I.N.P.T., et RUBIS à cause de :

- La technologie radio TETRAPOL à commutation de circuits déployée.
- L'absence de fréquences pour satisfaire ces usages à large bande et à très large bande.

D'après les informations recueillies au cours de nos entretiens, il a été avancé les hypothèses suivantes :

- l'I.N.P.T. à bande étroite pourra encore bénéficier d'un support technique constructeur, sous la forme d'un maintien en conditions opérationnelles (MCO), jusqu'au moins l'échéance 2025.
- C'est à partir de cette date, qu'il est envisagé de faire converger le réseau RUBIS vers l'I.N.P.T., pour n'avoir qu'une seule infrastructure radioélectrique de sécurité à supporter par le Ministère de l'Intérieur.

Un deuxième tableau précise l'utilisation de ces usages à large bande au sein des différents types de services d'urgence et de sécurité.

Figure 54 – Utilisation des usages large bande par type de service

Usages/Applications	Police/Gendarmerie	SDIS	SAMU/SMUR
Envoi/réception photos (sinistre, avis recherche, enquête, levée de doute)	Oui	Non	Non
Envoi paramètres médicaux (ECG), monitoring dans l'ambulance	Non	Oui	Oui
Réception plan cartographique secteur d'intervention	Oui	Oui	Non
Envoi situation d'intervention sur	Oui	Oui	Non

Usages/Applications	Police/Gendarmerie	SDIS	SAMU/SMUR
terrain			
Réception dossier d'enquête pour investigation sur terrain	Oui	Non	Non
Réception plan d'architecte bâtiment	Oui	Oui	Non
Traitements vidéo embarqués SD (17 images/seconde pour vidéoprotection opérationnelle)	Oui	Non	Non
Traitements vidéo embarqués SD (17 images/seconde pour contour de feu)	Non	Oui	Non
Traitements vidéo embarqués SD (25 images/seconde pour vidéo transmission avec la salle de régulation médicale CRRA15)	Non	Non	Oui

Les usages émergents liés à la vidéo temps réel, principalement dans le sens montant sont très structurants en termes de technologies radio (latence faible nécessaire) et d'architecture technique (dimensionnement cellulaire et backhaul/collecte).

Les usages émergents constatés résultent des besoins liés aux nouvelles applications métiers des services d'urgence et de sécurité en situation de mobilité sur le terrain.

Les paragraphes ci-après s'attachent à analyser l'évolution des usages à large bande pour chacun des services d'urgence et de sécurité.

Evolution des usages pour la police nationale et la gendarmerie nationale

A l'origine, l'offre disponible proposait uniquement des usages à bande étroite, comme la transmission sécurisée de la voix, des C.I.C/C.O.G vers les personnels en patrouille ou en intervention sur le terrain. Il s'agissait du concept du réseau radio dirigé à la voix « fort et clair ».

L'offre s'est ensuite progressivement enrichie d'une demande de transmission de données à bas débit, du type géolocalisation avec notamment l'introduction de la cartographie liée au déploiement de l'application informatique PEGASE pour la Police Nationale en C.I.C., destinée au suivi des interventions sur le terrain suite à un appel 17/112. Plus récemment, une demande similaire a été formulée par les C.O.G. de la Gendarmerie Nationale, lorsque la géolocalisation a été possible pour les utilisateurs du réseau RUBIS.

A l'horizon 2012, des services « métiers » qui exigent une bande passante de plus en plus importante, seront mises en service opérationnel.

Il s'agit de répondre à des besoins liés aux nouvelles missions des services de sécurité publique, en situation de mobilité sur le terrain qui s'appuient sur des nouvelles applications métiers.

Ces nouvelles applications métiers peuvent être classées en deux catégories, avec des largeurs de bande distinctes pour les usages concernés :

- Le bureau mobile de travail avec les services suivants (usages large bande) :
 - Envoi / réception de photos de qualité : pour sinistre, avis recherche, enquête, levée de doute, etc.
 - Réception d'un plan cartographique du secteur d'intervention.
 - Envoi de la situation d'intervention sur le terrain.
 - Réception d'un dossier d'enquête pour mener une investigation sur le terrain.
 - Réception d'un plan d'architecte pour progresser à l'intérieur d'un bâtiment.
- La remontée des traitements vidéo embarqués pour appréciation d'une situation tactique sur le terrain (usage très large bande) : rendre compte par les images visuelles transmises en temps réel du terrain, avant prise de décision par le commandement.

Evolution des usages pour les SDIS

A côté de la transmission de la voix, usage de base fourni par le réseau ACROPOL de la Police Nationale, des usages également à bande étroite ont été développées avec les applications ANTARES. Par exemple, la généralisation de la localisation des engins de secours et de la remontée des statuts des postes radio vers les SI Alerte des SDIS ou la transmission des bilans secouriste via des tablettes PC.

Afin d'accroître la capacité opérationnelle de ses unités en intervention sur le terrain, la sécurité civile (SDIS) propose une évolution de ses usages. Ceux-ci sont à destination unique du C.O.S⁷⁶ à l'intérieur de son véhicule de commandement ou d'un PC Mobile et peuvent être classées en trois catégories, avec des largeurs de bande différentes :

- Le bureau mobile de travail simplifié avec les services suivants (usages large bande) :
 - Réception d'un plan cartographique du secteur d'intervention.
 - Réception des fichiers liés à la réalisation au CODIS, par le service prévision, des travaux de calculs et de simulation informatique de propagation d'un feu à partir des paramètres locaux et données terrain relevés par le C.O.S. (vitesse du vent, pression atmosphérique, etc.).
 - Envoi de la situation d'intervention sur le terrain (SITAC) au CODIS.
 - Réception d'un plan d'architecte pour progresser à l'intérieur d'un bâtiment répertorié (ETARE).

⁷⁶ Commandant des opérations de secours

- L'envoi des paramètres médicaux d'un patient ou d'une victime depuis une ambulance vers la structure hospitalière d'accueil (usages large bande) : par exemple pour un monitoring ou un électrocardiogramme.
- La transmission vidéo pour les contours de feux de forêts avec le PC Mobile sur le terrain et avec le CODIS (usage très large bande) : pour information, analyse, simulation de propagation et aide à la décision.

Evolution des usages pour les SAMU/SMUR

A côté de la transmission de la voix, usage de base fourni par le réseau ACROPOL de la Police, les besoins métiers manifestés par les SAMU/SMUR exigent une bande passante transmise de plus en plus importante.

Ceux-ci peuvent être classés en deux catégories, avec des largeurs de bande différentes :

- L'envoi des paramètres médicaux d'un patient ou d'une victime vers la structure hospitalière d'accueil (usages large bande) : par exemple pour le monitoring et l'enregistrement des données médicales à l'intérieur des ambulances et véhicules sanitaires.
- Les transmissions vidéo et commentaires avec webcam intégrée aux gilets des médecins urgentistes vers leurs salles de régulation médicale - CRRA 15 (usage très large bande) pour :
 - Conforter ou partager un autre avis sur les pathologies ou traumatologies rencontrées sur le terrain.
 - Choisir le centre hospitalier le plus adapté aux soins à apporter au patient ou à la victime, qui n'est pas obligatoirement le site le plus proche.

Le tableau ci-après dresse une synthèse des besoins à transmettre par les personnels des SDIS/SMUR sur le terrain, avec le vecteur le mieux approprié en fonction de la taille des fichiers de données concernés :

Figure 55 – Adéquation des réseaux pour différents usages

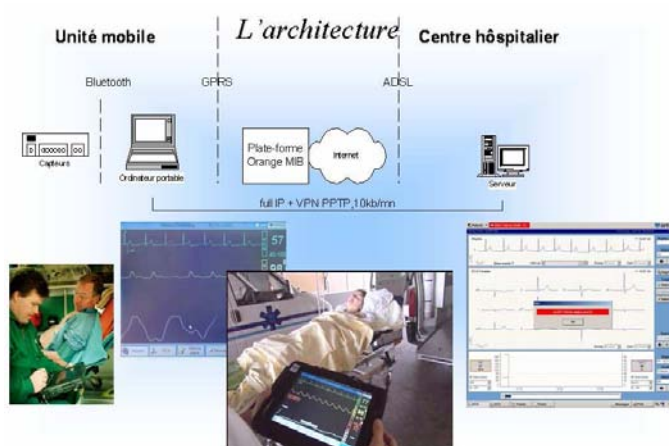
Type de données à transmettre / Vecteur de transmission	Ordre de mission (OM)	Status	Bilan médical / secouriste	Compte-rendu de sortie de secours (CRSS)	Situation tactique (SITAC)	Message court	Tableau des moyens	Monitoring et Electrocardiogramme (ECG)
ANTARES								
GPRS/3G/3G+								

Les couleurs indiquées (vert, orange et rouge) précisent l'adaptation du média envisagé (vecteur de transmission) au type de données à transmettre :

- **Couleur verte** : média bien adapté.
- **Couleur orange** : média mal adapté. La transmission est possible, mais avec des délais sont importants.
- **Couleur rouge** : média inadapté. La transmission est impossible, soit à cause d'un :
 - Débit très insuffisant pour le média concerné.
 - Service non disponible pour le média concerné, quel qu'en soit l'origine.

La figure ci-après présente une transmission d'un monitoring entre une unité mobile SMUR et le Centre Hospitalier qui accueillera le futur patient, en utilisant un vecteur GPRS/3G d'un opérateur commercial de téléphonie mobile :

Figure 56 – Exemple d'usage (monitoring)



3.2.3 Approche opérationnelle pour la qualification des applications critiques

Les interlocuteurs des services d'urgence et de sécurité rencontrés à l'occasion des différents entretiens réalisés, ont évoqué des applications critiques ou de mission critique (traduction de l'anglicisme *mission critical*).

Les éléments qui ressortent des différents échanges sont précisés ci-après :

- La doctrine d'emploi préconisée est la suivante :
 - Les applications critiques sont portées exclusivement par un réseau propriétaire avec des fréquences dédiées et une maîtrise de l'exploitation technique.

- Pour les applications non critiques, une externalisation est possible auprès des opérateurs de téléphonie mobile ouverts au public autorisés par l'ARCEP.
- L'approche qualitative pour la notion d'application critique est la suivante :
 - Critique : tout ce qui peut apporter une plus-value par rapport à un évènement existant et dont la non connaissance peut mettre en péril la réalisation de la mission, voire mettre en danger des vies humaines (intervenants et/ou témoins).
 - Cas d'application par exemple aux services vidéo :
 - Vidéo protection / surveillance : n'est pas considérée comme critique aujourd'hui, mais pour demain, qu'en sera-t-il ?
 - Vidéo tactique : c'est une application critique, car elle permet de rendre compte pour apprécier une situation avant prise de décision par le Commandement ou l'Autorité.
 - Vidéo transmission vers la salle de régulation médicale : c'est une application a priori critique, car la non disponibilité du lien radioélectrique à très large bande pourrait retarder un pré-diagnostic face à une situation complexe, pouvant entraîner des complications pour le patient ou la victime. Néanmoins, si la transmission audio est assurée par le réseau I.N.P.T. actuel à bande étroite, la recherche d'un deuxième avis avec la salle de régulation médicale est toujours possible via le canal Santé d'ANTARES.

Actuellement, au sein de la gendarmerie nationale, toutes les applications fixes de la téléphonie d'entreprise et de la transmission de données sont externalisées auprès de l'opérateur Orange Business Services, à travers le réseau VPN SAPHIR 3G. Il serait possible d'envisager une version itinérante, où chaque gendarme en dotation d'un smartphone pourrait accéder et récupérer les applications bureautiques non critiques, comme son agenda et sa messagerie bureautique.

3.2.4 Estimation de la volumétrie liée aux échanges de données

A ce stade, il s'agit maintenant d'estimer la volumétrie envisagée des services pour chaque application et échange de données.

En plus de la taille des fichiers de données à échanger, il est important de connaître la temporalité de ces échanges, afin de pouvoir leur affecter si cela est nécessaire des classes de service (QoS), de façon semblable à ce qui est proposé pour les transmissions filaires.

Le tableau ci-après précise pour chaque application et échange de données, la volumétrie élémentaire envisagée :

Figure 57 - Volumétrie élémentaire pour chaque usage

Types de données	Volume fichier (estimation)	Type de transmission envisagé	Besoin classes de service (QoS)	Commentaires
Géolocalisation bilatérale pour le sens montant	0.1 Ko	Immédiat	Oui	ACROPOL permet actuellement cette application, mais uniquement en canal DDCH SIMPLEX
Géolocalisation bilatérale pour le sens descendant	0.4 Ko	Immédiat	Oui	Envoi de 4 trames dans un secteur donné via un seul canal
Interrogations de fichiers et lecture de titres sécurisés	0.5 Ko	Transactionnel/interactif	Oui	ACROPOL pourrait transmettre cette application avec un canal DCH FULL DUPLEX
La main courante informatique	30 Ko	Temps différé	Non	ACROPOL pourrait transmettre cette application avec un canal DDCH FULL DUPLEX
La lecture automatique des plaques d'immatriculation	105 Ko	Immédiat	Oui	Envoi photo de plaque immatriculation et extraction fichier FVV pour levée de doute substitution
Les traitements vidéo embarqués à 25 images/seconde (HD) pour les besoins des médecins urgentistes sur le terrain	10,4 Mo/mn	Temps réel Streaming envisagé : uniquement flux vidéo à la demande	Oui	Asymétrie entre les sens montants et descendants
Les traitements vidéo embarqués à 17 images/seconde pour vidéoprotection opérationnelle ou pour les délimitations des contours de feux de forêts pour les SDIS	2.3 Mo/mn	Temps réel Streaming envisagé : uniquement flux vidéo à la demande	Oui	Asymétrie entre les sens montants et descendants
Le Procès verbal électronique	30 Ko	Temps différé	Non	Volumétrie annuelle prévisionnelle trop importante pour utiliser ACROPOL
Plan cartographique d'intervention secteur	100 Ko	Immédiat	Oui	En fonction de la base cartographique informatique embarquée (uniquement la transmission de l'itinéraire)
Plan d'architecte de bâtiment	1Mo	Temps différé ou immédiat, selon la criticité du besoin	Oui	Volumétrie fonction du viewer embarqué (.pdf, .dxf ou .dwg-AutoCAD)

L'examen de ce tableau indique que le trafic lié à la transmission vidéo en temps réel est très dimensionnant pour l'ingénierie de la cellule radioélectrique.

Les valeurs d'entrée à prendre en compte pour la qualification de l'ingénierie radiocellulaire sont :

- Les tailles de fichiers vidéo transformées en vitesse de transmission (Mbit/s), recommandent en valeur moyenne des débits numériques d'environ **1,4 Mbit/s** pour le sens montant (*uplink*) et **1,4 Mbit/s** pour le sens descendant (*downlink*).
- **Le nombre d'évènements lié à l'urgence ou à la sécurité pouvant arriver simultanément à l'heure chargée dans une même cellule radioélectrique est estimé à 2 évènements⁷⁷.**

Les ressources radioélectriques de la cellule doivent donc être suffisamment dimensionnées pour traiter ces 2 incidents à l'heure chargée.

En synthèse, le besoin en bande passante est donc estimé à 2,8 Mbit/s dans le sens descendant et à 2,8 Mbit/s dans le sens montant dans la cellule.

⁷⁷ Valeur indiquée par les interlocuteurs rencontrés et préconisée par certains auteurs pour le dimensionnement radiocellulaire en Public et PPDR avec des cellules d'élongation importante (macro-cellule). A l'occasion d'une étude précédente, nous avons fait l'exercice avec les chiffres publiés par la Préfecture de Police de Paris (5708 opérations de Police en 2009) et nous avons trouvé entre 2 et 2.5 incidents à l'heure chargée dans une cellule du réseau ACROPOL pour le SGAP de Paris.

3.3 Evaluation des besoins en fréquences

Sur cette base de l'évaluation en débit sur les usages à large bande dans la cellule, qui viennent en surcroît des usages actuels bande étroite qui eux vont perdurer, nous présentons ci-après l'évaluation des besoins en fréquences à partir d'une analyse de l'état des lieux pour les usages bande étroite (3.3.1) puis d'une modélisation du besoin en fréquence, pour conclure sur l'évaluation du besoin (3.3.2).

3.3.1 Etat des lieux du besoin en fréquence pour les usages bande étroite

Afin d'acheminer le trafic radio important sur l'I.N.P.T., généré notamment sur la plaque francilienne⁷⁸, le domaine spectral local PMR a dû être réaménagé avec l'ARCEP et le Ministère de la Défense pour accueillir les nouveaux entrants comme les utilisateurs CORAIL NG et la BSPP pour ANTARES.

Actuellement, le Ministère de l'Intérieur est affectataire de 2x3,5 MHz dans les bandes de fréquences, dites de Schengen, 380-385 MHz et 390-395 MHz dont l'OTAN a permis la libération pour les besoins PMR.

En France, le Ministère de la Défense est attributaire de 2x1,5 MHz de cette bande de fréquences, complémentaires des bandes PMR. Actuellement, l'ensemble des canaux RF du Ministère de l'Intérieur est utilisé, il n'existe plus aucune ressource disponible dans le bloc 2X3,5 MHz.

Néanmoins, afin de pallier cette pénurie spectrale, le Ministère de la Défense a autorisé l'usage par dérogation, de ressources complémentaires dans des parties de la bande de fréquences 383,5-430 MHz, pour laquelle il est également attributaire, et qui est destinée aux usages suivants :

- 2x250 kHz pour la France entière, en complément du mode relayé.
- 2x250 kHz pour les départements de la grande couronne parisienne (77, 78 et 91).
- 2x1 MHz pour les départements de Paris et de la petite couronne francilienne (92, 93 et 94).
- ANTARES (accueil des SDIS départementaux) pour les canaux DIR : 2x280 kHz sans contrainte et 280 kHz mis à disposition sur demande avec de très fortes contraintes d'emploi pour protéger ses propres utilisations dans la bande.
- I.N.P.T. (accueil DIR-RIP) pour augmenter les ressources en mode relayé dans la bande 380-400 MHz : 2x430 kHz.

En l'état, il apparaît donc clairement que le spectre actuel ne suffit pas pour accueillir de nouveaux utilisateurs et de nouveaux usages large bande.

⁷⁸ La Préfecture de Police de Paris totalise environ 12 500 terminaux radio pour l'équipement de sa police d'agglomération ayant compétence sur Paris et les 3 départements de la petite couronne.

Pour faire face à cette situation, deux solutions techniques peuvent être envisagées : soit faire évoluer les réseaux propriétaires existants, soit utiliser les réseaux de communications électroniques avec un point d'achoppement important restant à préciser sur la faisabilité de l'utilisation des applications critiques sur ces réseaux.

3.3.2 Estimation du besoin en fréquences

Nous avons indiqué précédemment que le trafic lié à la transmission vidéo en temps réel est très dimensionnant pour l'ingénierie de la cellule radioélectrique et qui plus est, le motif de ré-utilisation de fréquences est faible en technologie radioélectrique très large bande type 3GPP LTE.

En fonction de l'efficacité spectrale du système de modulation envisagé pour la technologie radio à très large bande, les ressources spectrales pour un utilisateur vidéo sont différentes, comme indiqué dans le tableau ci-après :

Figure 58 – Besoins en spectre par utilisateur selon la modulation envisagée

Système de modulation envisagé	Efficacité spectrale (bits/s/Hz) (Débit spécifique avec filtrage optimisé de Nyquist)	Ressource spectrale minimale pour un utilisateur vidéo (MHz)
MAQ_4	2	0.700
MAQ_16	4	0.350
MAQ_64	6	0.233

A l'heure chargée, avec les hypothèses suivantes :

- Une modulation intermédiaire type MAQ_16.
- Une efficacité spectrale égale à 4 bits/s/Hz.
- Un facteur de simultanéité égal à 2.
- Un canal de transmission bi-directionnel (*UL&DL*).

La ressource spectrale minimale nécessaire à l'activité d'un utilisateur vidéo dans une cellule est 2x700 kHz.

Les différents interlocuteurs rencontrés au cours des entretiens menés dans le cadre de cette étude, nous ont mentionné les ressources spectrales nécessaires à l'acheminement du trafic pour des usages à très large bande à l'intérieur d'une cellule radioélectrique, suite aux résultats d'études de dimensionnement système menées en interne. Ces estimations portent sur les besoins des utilisateurs des réseaux ministériels de l'urgence et de la sécurité (I.N.P.T.).

Le tableau ci-après présente les informations recueillies au cours des entretiens :

Figure 59 – Besoins en spectre à 2015 et 2020 pour les usages bande étroite et large bande

Date échéance envisagée	Typologies utilisateur et usages INPT	
	Bande étroite	Large bande et très large bande
2011	Ile-de-France : 2x5 MHz Région : 2x3,5 MHz	Non applicable
2015	Idem	2x3 MHz
2020	Idem	2x5 MHz

A l'échéance 2020, en plus des ressources spectrales actuelles à bande étroite qui doivent être conservées, la demande globale pour les besoins à très large bande pour les réseaux radio de sécurité du Ministère de l'Intérieur s'élève à 2 x 5 MHz.

Toutefois, si l'on intègre les besoins de la Gendarmerie Nationale, exprimés pour l'après 2025 lorsque la convergence entre les infrastructures radio des deux réseaux du Ministère de l'Intérieur, l'I.N.P.T. et RUBIS, sera effective, le besoin s'établit à 2 x 10 MHz.

Notre recommandation est de ne pas limiter le besoin 2020 à 2x5 MHz car il est assez fortement probable que la Gendarmerie sera demandeur d'un complément de spectre avant 2025. Notre estimation est donc d'un besoin qui s'élève à 2 x 10 MHz en 2020.

3.4 Analyse des trajectoires de réponse au besoin estimé

Dans le chapitre précédent, nous avons estimé le besoin en ressources spectrales nécessaire au développement des services d'usage à large bande, à l'horizon 2020. Il s'agissait de l'objectif recherché par cette partie de l'étude, dédiée aux services d'urgence et de sécurité. Néanmoins, il peut être intéressant d'apporter un éclairage supplémentaire pour mieux appréhender et comprendre les enjeux et problématiques soulevés par les réponses qui seront proposées à ce besoin en ressources spectrales.

Ce chapitre traitant la recherche des trajectoires possibles pour déployer les usages à large bande, est construit autour des questionnements suivants :

- Quelles bandes de fréquences d'accueil choisir pour minimiser l'impact sur le modèle de coûts des solutions industrielles proposées (3.4.1.) ?
- Quelles sont les offres industrielles proposées (3.4.2.) ?
- Quelles sont les solutions alternatives ou d'attente en phase transitoire (3.4.4.) ?

3.4.1 Analyse de l'impact du choix des fréquences d'accueil

Dans le paragraphe ci-dessous, nous présentons une analyse de l'impact du choix de la fréquence sur le modèle de coûts des solutions industrielles pouvant être proposées.

L'écosystème de la PMR très large bande (Broadband) se situe dans les fréquences porteuses inférieures à 1 GHz. Des solutions au-delà de 1 GHz engendreraient une dispersion des solutions techniques, qui remettraient en cause le modèle économique de ce marché de niche.

Pour les exploitants de réseau privé propriétaire, il s'agit de suivre une stratégie de ré-utilisation des points hauts et infrastructures aériennes déployés actuellement, qui peuvent fonctionner dans la bande 380-430 MHz :

- Remplacer un site point haut par un site point haut identique.
- Utiliser le même graphe de raccordement et de maillage pour les liens intersites, avec des débits en ligne plus importants.
- Conserver une empreinte de couverture radioélectrique identique (*footprint*).

Cela signifie que les puissances émises par la technologie 3GPP LTE devront être compatibles avec les bilans de liaison rencontrés actuellement en technologies PMR TETRAPOL/TETRA/APCO25 :

- 1 W sur les terminaux du type Smartphone.
- 200 mW sur les clés/dongles pour les terminaux ou tablettes PC.

Les points importants à retenir des développements précédents sont rappelés ci-après :

- Une réorganisation nécessaire de la bande PMR actuelle.
- Une mise sur le marché des produits dans une bande de fréquences harmonisée à un coût raisonnable : marché européen et non plus franco-français.
- Un contrôle nécessaire des applications par le réseau privé *Public Safety*.
- Une qualification de la criticité d'une mission par son caractère opérationnel.
- Une empreinte de réseau (*network footprint*) identique à l'existant PMR.

3.4.2 Modalités des offres industrielles de réseau propriétaire proposées

Le réseau privé dédié donne la capacité aux exploitants *Public Safety* de pouvoir répondre à la demande opérationnelle suscitée par les besoins métiers Sécurité Publique, Sécurité Civile et Urgence.

Il existe en préparation chez les équipementiers de réseaux radio PMR en France et en Europe, une future génération de solutions entre 400 et 500 MHz, celles-ci seront

fondées sur la technologie 3GPP LTE. En effet, la technologie WiMAX n'est plus considérée comme une plate-forme de développement pour cette nouvelle génération de solutions PMR.

Les équipementiers devront travailler sur une standardisation de la technologie 3GPP LTE adaptée aux fonctionnalités opérationnelles de la PMR dans un contexte d'emploi « *mission critical* » :

- Transmission de la voix, qui est considérée comme très critique :
 - Droit de préempter un canal voix par Autorité (garantie de disponibilité de la ressource).
 - Accès immédiat à la ressource radio (< 500 ms), après le relâché de l'alternat.
 - Mise en conférence multiple (analogie avec l'appel de groupe).
- Transmission de données en temps réel très large bande dans le sens montant : valeur de latence faible, de l'ordre de 20 ms.

Les réseaux radio PMR actuellement déployés présentent un fort taux de résilience, de part leur conception et l'ingénierie réalisée notamment avec un rayon radiocellulaire important⁷⁹, à la différence des réseaux d'opérateurs de communications électroniques 2G/3G et qui plus est encore dans la technologie 4G/LTE :

- La résilience d'un réseau radio PMR permet à une station de base de fonctionner localement, en mode dégradé, en cas de coupure avec son cœur de réseau (commutation de circuits ou paquets).
- La disponibilité d'un réseau commercial opéré est basée sur la densification des stations de base, associée à un maillage intercellulaire : si une station de base est en panne, les ressources radio des stations adjacentes préférentielles sont automatiquement affectées aux utilisateurs impactés.

Les équipementiers rencontrés précisent qu'il est important de travailler sur la roadmap pour le développement du LTE adapté aux missions *Public Safety* :

- Accroître la résilience des stations d'accès radio eNodeB LTE : ajouter un peu d'intelligence par adjonction d'une application lui permettant de fonctionner localement dans un mode dégradé en cas de coupure du lien *backhaul* avec le *core network*.
- Conserver encore pendant quelques années, les fonctionnalités Push To Talk « *mission critical* » sur les infrastructures TETRAPOL/TETRA/APCO25 et la voix non critique en *overlay* sur le LTE (pas de *hand over PTT* dans un premier temps).
- Migrer les services voix « *mission critical* » sur les infrastructures PMR construites sur la plate-forme technologique LTE, lorsque les conditions suivantes seront réunies :

⁷⁹ Couverture radioélectrique des territoires et non des populations.

- La résilience LTE améliorée.
- L'application PTT over LTE conforme aux exigences opérationnelles *Public Safety*.
- Etablir les conditions techniques, commerciales et juridiques avec les opérateurs de réseaux de communications électroniques 3GPP LTE⁸⁰ permettant d'envisager un roaming entre le GFU et des réseaux opérés ouverts au public.

Les solutions techniques applicables pour le développement d'un produit industriel en technologie LTE à 400 MHz sont définies dans la roadmap produit avec une échéance de disponibilité annoncée pour l'année 2013 dans la bande préférentielle des fréquences PMR 410-430 MHz.

Il y aura donc une possibilité de commencer un pré-déploiement dès 2013 avec un bloc de fréquences 2 x 1,4 MHz, suite à une première ré-organisation de cette bande.

La méthode préconisée pour libérer les blocs de ressources est progressive :

- Une défragmentation de l'existant.
- Une ré-allocation des ressources spectrales par bloc, par usage et par technologie :
 - Bande étroite : réservée aux applications tactiques.
 - Très large bande : supporté par le standard 3GPP LTE.
 - Bulle tactique : dédiée aux solutions projetables sous le format d'un relais indépendant portable (RIP).

3.4.3 Recherche des solutions alternatives ou d'attente en phase transitoire

Il peut y avoir substitution des services d'urgence et de sécurité par des services de communications électroniques ouverts au public, dans des contextes d'emploi liés à des usages courants pour des applications qualifiées comme non critiques.

Cette substitution peut-être définitive ou seulement provisoire, dans l'attente de la mise à disposition d'une offre industrielle, mature et pérenne permettant de déployer une infrastructure radio propriétaire à très large bande.

Dans ces conditions, les modes opératoires à mettre en œuvre pourraient être les suivants :

⁸⁰ Arrêt de la technologie WiMAX pour le très haut débit opéré.

- En phase transitoire, avant la disponibilité d'une offre d'infrastructure radio privée à très large bande : prendre des abonnements pour des services opérés 3G/3G+ avec un double équipement terminaux :
 - PMR pour la voix sécurisée.
 - 3G+ pour les données très large bande.
- En phase établie, lorsque l'offre d'infrastructure radio propriétaire à très large bande sera disponible et opérationnelle :
 - L'utilisation d'un terminal bi-mode, voire multi-mode : 400 MHz LTE et 800 MHz pour les services opérés 3G+, puis 4G. Le chipset intégré dans le terminal gérant les fréquences porteuses et les formes d'onde (LTE et 3G/3G+), est conçu pour travailler en nominal à 400 MHz, mais également à 800 MHz.
 - Le niveau applicatif « *Public Safety* », avec le contrôle des applications critiques / pas critiques sera géré par le réseau privé.
 - Un mode d'exploitation à trouver avec les opérateurs de réseau ouvert au public pour la gestion de la carte SIM.
 - L'opérateur technique du réseau privé, pourrait être associé à un montage type MVNO avec les opérateurs de téléphonie mobile ouverts au public. Cette solution est à l'étude en Belgique pour l'exploitation du réseau national privé ASTRID dédié aux services Public Safety et PPDR (Public Protection & Disaster Relief)

3.5 Synthèse des besoins en fréquences pour les services d'urgence et de sécurité

Situation actuelle : des services en bande étroite

Les utilisateurs radio des services d'urgence et de sécurité représentent une population d'environ 250 000 agents des services publics (Police, Gendarmerie, Pompiers, SAMU, etc.), qui sont hébergés sur des infrastructures de réseaux propriétaires (I.N.P.T. et RUBIS), dont l'exploitant technique est le Ministère de l'Intérieur. Actuellement, les services proposés correspondent à des usages dits à bande étroite, principalement en phonie voix et en transmission de messages courts à faible débit. Ces services d'usages à bande étroite correspondent en partie à des situations ou missions dites critiques et leurs acheminements donnent entière satisfaction aux utilisateurs en termes de disponibilité et de qualité de service.

Evolution : vers des services données/large bande

Les réseaux d'urgence et de sécurité sont aujourd'hui confrontés à une demande croissante en services dits large bande, fortement consommateurs en capacité. Ces services peuvent être regroupés en 3 catégories :

- Le bureau mobile de travail qui consiste à recréer un environnement professionnel de travail dans le véhicule, semblable à celui utilisé en sédentaire.
- Le monitoring avec l'envoi des paramètres médicaux d'un patient ou d'une victime depuis une ambulance vers la structure hospitalière d'accueil.
- La remontée d'images vidéo du terrain pour rendre compte visuellement et apprécier une situation avant une prise de décision par une Autorité.

Ces nouveaux usages ne peuvent pas être acheminés par les infrastructures de réseaux radio actuelles du Ministère de l'Intérieur, à cause des technologies radio mises en œuvre (commutation de circuits ne favorisant pas les transmissions à large bande) et l'absence de ressources spectrales dédiées à ces usages à large bande.

Estimation des besoins en spectre à l'horizon 2020 : scénarii d'évolution

Les fréquences actuellement disponibles pour les réseaux d'urgence et de sécurité, sont suffisantes pour délivrer des services à bande étroite (phonie voix et transmission de messages courts à faible débit). A l'instar des communications électroniques, l'estimation du besoin en fréquences des services d'urgence et de sécurité est donc centrée sur la réponse au besoin en services large bande.

Comme pour les usages à bande étroite, il existe en large bande des services liés à la réalisation de mission critique, où les caractéristiques opérationnelles comme la disponibilité, la confidentialité et l'intégrité de l'accès à la ressource radio doivent être garanties aux utilisateurs et maîtrisables par l'exploitant technique de l'infrastructure réseau concernée. La question se pose donc à l'horizon 2015-2020 de l'utilisation de réseaux de communications électroniques pour ce type de services.

Deux scénarii peuvent ainsi être identifiés

- Un scénario bas dans lequel l'infrastructure de réseau dédiée aux services d'urgence et de sécurité pour la transmission de services en bande étroite est conservée, et dans lequel des réseaux de communications électroniques sont sollicités pour la fourniture des services large bande, comme cela se fait déjà à petite échelle. Une telle industrialisation nécessite cependant d'identifier des solutions pour garantir la confidentialité des échanges ainsi que pour permettre une préemption temporaire des capacités si nécessaire. Ce scénario bas ne requiert aucune ressource spectrale supplémentaire.
- Un scénario haut, dans lequel les services d'urgence et de sécurité large bande sont opérés sur une infrastructure de réseau propriétaire, à l'instar des services en bande étroite. Dans ce scénario haut, les analyses menées, suite aux besoins exprimés par les différents interlocuteurs rencontrés dans le cadre de cette étude, conduisent à un besoin de 20 MHz supplémentaires en 2020, pour

les services à large bande, en complément des ressources spectrales à bande étroite existantes.

4 Scénarii de besoins en fréquences

Les fréquences audiovisuelles et de communications électroniques constituent le support de très nombreux usages. Une analyse prospective des usages pour la décennie à venir nécessite tout d'abord de s'interroger sur l'existence d'analyses comparables dans les autres pays. Ensuite, il convient de distinguer dans un premier temps les usages ayant un impact majeur des autres usages puis dans un second temps, de décrire les scénarii permettant d'illustrer le champ des possibles des besoins en fréquences.

4.1 Principales analyses des besoins en fréquence à l'international

Une enquête a été menée auprès d'une dizaine de pays contribuant régulièrement aux réflexions internationales sur les besoins en fréquences afin de prendre en compte l'état d'avancement de leurs réflexions sur ce sujet. Au total, cinq pays ont répondu⁸¹. Parmi ces pays, seuls les Etats Unis ont déjà réalisé une étude sur les besoins en fréquences à l'horizon 2020. Des travaux sont en cours de réalisation en Corée du Sud, et les résultats seront disponibles en décembre 2011. Au Japon, un groupe de travail se réunit régulièrement et mène une étude d'estimation des fréquences nécessaires pour les réseaux hauts-débits sans fil. Les autres pays sollicités n'ont à ce jour mené aucune étude à ce sujet. Par ailleurs, l'Australie a publié en mai 2011 une étude sur les besoins en spectre à l'horizon 2020, mais limitée aux services de communications électroniques.

Toutes les études menées à ce jour demeurent focalisées sur les besoins en fréquences des communications électroniques. Elles font état d'une très forte croissance des services de données mobiles, liée à l'explosion des terminaux de type Smartphone, tablette, et clé 3G. Dans les pays où ces services sont les plus développés, notamment en Corée du Sud et au Japon, où plus de 95% de la population utilise des services via les réseaux 3G, et où les réseaux 2G sont déjà en cours d'abandon au profit de réseaux 4G de type LTE (commercialisés depuis 2009 au Japon et 2011 en Corée du Sud), de nouveaux usages susceptibles d'accroître le trafic sur les réseaux de communications mobiles ont été identifiés : l'e-commerce se développe fortement au Japon via le système Suica fondé sur la technologie RFID, et la Corée du Sud investit dans l'utilisation des réseaux mobiles au profit du développement durable, à travers les concepts de SmartGrid (réseaux électriques intelligents permettant de réduire les émissions de gaz à effets de serre) SmartHouse (habitations communicantes optimisant la consommation énergétique), Ubiquitous City

⁸¹ Etats Unis, Allemagne, Finlande, Japon, Corée du Sud

(Villes à l'informatique omniprésente), ou encore SmartTransportation (véhicule intelligent personnel et optimisation des transports publics).

Afin de faire face à l'augmentation du trafic de données sur les réseaux mobiles, la Corée du Sud a évoqué un doublement de la largeur de spectre actuellement allouée à ces services en la portant de 270 MHz à 540 MHz à l'horizon 2020. Le Japon, pour sa part, propose des estimations provisoires quant à la largeur de bande additionnelle nécessaire pour les services de communications électronique : 300 MHz d'ici à 2015 sous les 5 GHz et plus de 1500 MHz d'ici à 2020 pour des services à très large bande en incluant la bande 3-4 GHz.

Aux Etats Unis, où la bande 700 MHz a déjà été attribuée aux communications électroniques à travers un processus d'enchères en 2008, le « National Broadband Plan » révélé en Mars 2010, ainsi que l'étude « Mobile Broadband : the benefits of Additional Spectrum » publiée en octobre 2010 prévoient un déficit de fréquences d'environ 300 MHz à l'horizon 2014 pour les communications électroniques du fait de l'explosion des services de données mobiles : en effet l'explosion de la data mobile ne sera pas compensée par le passage à la 4G LTE. Par ailleurs, les coûts de densification des réseaux étant trop élevés, l'allocation de fréquences additionnelles aux communications électroniques apparaît comme la meilleure solution pour répondre à ce déficit de fréquences. Le National Broad Plan, confirmé par la « Wireless Initiative » du président Obama en janvier 2011, fixe ainsi un objectif de libération de 500 MHz au profit des communications électroniques à l'horizon 2020, dont 300 MHz à l'horizon 2015.

Enfin, en Australie, une étude publiée en mai 2011 estime le besoin additionnel en spectre à l'horizon 2020 à 150 MHz, compte tenu de l'accroissement de la demande et de l'amélioration de l'efficacité spectrale envisagée.

Par ailleurs, la Corée du Sud aborde le sujet de la Télévision Mobile Personnelle, en soulignant que, malgré son succès, elle reste largement déficitaire, et que son avenir s'assombrit avec le développement de la technologie 4G.

4.2 Principales évolutions des usages

Evolution générale des usages audiovisuels et facteurs clés de dimensionnement des besoins

Dans le domaine de l'audiovisuel, l'offre de service est en pleine mutation sous l'effet du numérique. Cette mutation se traduit en particulier par l'accroissement du nombre de chaînes proposées au plus grand nombre (permis par le passage à la TNT) et celui de la qualité des contenus (HD, Ultra HD, 3D, etc.), ainsi que par le développement de nouveaux services (services délinéarisés ou à la demande, services interactifs, services mobiles...).

Cette mutation est également marquée par la fin de l'hégémonie de la diffusion hertzienne, avec une tendance lente mais générale à la consommation des services

audiovisuels sur de multiples plates-formes, et en particulier une forte progression des téléviseurs connectés à des plates-formes haut et très haut débit. Le développement de la fibre devrait accentuer encore le taux de pénétration de la télévision en mode IP au sein des foyers français. Néanmoins, il ne semble pas envisageable que les modes de réception alternatifs soient en mesure de marginaliser la TNT à l'horizon 2020, sachant que le coût que représenterait la migration de la totalité du parc TNT vers un autre mode de réception serait prohibitif. Ainsi, la TNT restera à cet horizon une plate-forme incontournable pour la diffusion de la télévision.

Concernant l'avenir de la radio numérique terrestre, le modèle économique du démarrage de la numérisation de la radio FM fait toujours l'objet de réflexions à l'heure actuelle. Il est cependant raisonnable de penser qu'une solution pourra être trouvée d'ici à 2020. A défaut, compte tenu de la dynamique de la diffusion de la radio par Internet, l'alternative entre un investissement dans la numérisation et un investissement pour accompagner la fermeture du service hertzien de radio pourrait commencer à émerger.

Enfin, l'avenir de la Télévision Mobile Personnelle (TMP) et de ses 2 multiplexes devrait faire l'objet d'une réflexion. Cependant, comme les 2 multiplexes concernés ne sont pas nationaux, cette réflexion ne dimensionne pas les besoins en spectre des usages audiovisuels.

Ainsi, l'estimation du besoin pour les services utilisant les fréquences audiovisuelles est centrée sur l'évolution du nombre de chaînes dans l'univers TNT à l'horizon 2020.

Evolution générale des usages des services de communications électroniques et facteurs clés de dimensionnement des besoins

Dans le domaine des télécommunications mobiles, on observe depuis 2 années au sein des réseaux des opérateurs mobiles une augmentation considérable du trafic de données, en particulier avec l'essor des Smartphones. Cette progression risque fortement de s'accroître dans les années à venir, avec la généralisation des Smartphone, la montée en puissance des objets communicants et des terminaux dédiés à un usage internet, type tablette tactile. A l'instar de la mutation qu'ont connue les réseaux fixes il y a une dizaine d'années, les réseaux mobiles sont à leur tour impactés par un développement rapide des usages de données et de multimédia mobile (web, musique, vidéos), ainsi que l'émergence de nouveaux services disponibles en mobilité (paiement sur mobile, géolocalisation, jeux en ligne, réseaux sociaux, cloud computing).

Ainsi, l'estimation du besoin pour les services utilisant les fréquences de communications électroniques est centrée sur l'évolution de la consommation des usagers en données mobiles, qui constitue à l'horizon 2020, le paramètre dimensionnant de la charge supportée par les réseaux mobiles.

Définition des scénarii d'évolution

L'observation de l'émergence de nouveaux usages ainsi que l'incertitude qui plane encore sur l'évolution de leur consommation à l'horizon 2020 amènent à proposer plusieurs scénarii, relatifs à l'évolution de l'écosystème TNT, de la consommation des usagers mobiles, ou encore de la substitution des usages fixes-mobiles.

Il convient par ailleurs de noter en préambule que certains scénarii critiques ont été écartés, en raison de leur caractère peu probable à l'horizon 2020. Ces scénarii concernent :

- la « *fin de la TNT* », qui ne semble pas envisageable à l'horizon 2020, en raison de l'initialisation majeure du parc de téléviseurs et du coût de migration des foyers TNT vers une autre plate-forme.
- l'« *abandon généralisé du fixe au profit du mobile* », qui ne peut être envisagé également à cet horizon, en l'absence d'indices jusqu'à présent, d'une telle substitution dans les pays de l'OCDE, et en raison de l'incompatibilité d'une intensification de la consommation de données sur les terminaux sans fil avec un recul des accès fixes (ces derniers offrant la possibilité de « délester » une partie du trafic mobile)

Au total, 2 scénarii clés pour les usages audiovisuels, 3 pour les usages des communications électroniques et 2 pour les usages d'urgence et de sécurité ont donc été envisagés à l'horizon 2020, permettant d'illustrer le champ des possibles pour les services utilisant les fréquences audiovisuelles et de communications électroniques :

- Usages audiovisuels :
 - « *Migration de l'offre TNT actuelle vers le tout HD* » : ce scénario envisage le passage de l'ensemble des chaînes diffusées actuellement (soit 30 chaînes) vers une diffusion tout HD.
 - « *Migration vers une offre TNT HD enrichie* » : ce scénario envisage le passage de l'ensemble des chaînes diffusées actuellement (soit 30 chaînes) vers une diffusion 100% HD, ainsi que l'intégration d'un peu plus d'une dizaine de chaînes supplémentaires dans le paysage TNT, diffusées également en HD.
- Usages des communications électroniques :
 - « *Continuité de la croissance actuelle des usages mobiles* » : ce scénario envisage une progression des usages de données mobiles, avec néanmoins le maintien d'une prédominance des terminaux traditionnels (téléphones / smartphone).
 - « *Emergence d'une hyperconnectivité sans fil* » : ce scénario envisage une explosion des usages de données mobiles, à travers notamment la forte pénétration de terminaux type tablette ou clés 3G, l'accroissement significatif des communications machine-to-machine, ou encore à travers la substitution de certains usages sur le réseau des opérateurs mobiles (radio, TV).

- « *Substitution fixe-mobile en zone rurale* » : ce scénario envisage, en zone rurale, la fourniture de services fixes à très hauts débits (1Gbps) par l'utilisation de réseaux mobiles.
- Usages des services d'urgence et de sécurité :
 - « *Utilisation de réseaux de communications électroniques ouverts au public pour la fourniture des services large bande* » : les services d'urgence et de sécurité utilisent déjà à petite échelle des réseaux de communications électroniques ouverts au public. Une « industrialisation » de cette utilisation qui garantirait la confidentialité des échanges et permettrait des préemptions temporaires des capacités si nécessaire pourrait constituer une solution répondant aux besoins en usages sans accroître le spectre réservé.
 - « *Déploiement d'un réseau en propre pour la fourniture des services large bande* » : le déploiement d'une infrastructure en propre pour répondre aux besoins en fréquence des services d'urgence et de sécurité nécessite une attribution d'une bande de 20 MHz en plus de la bande utilisée actuellement pour les services à bande étroite.

Il convient également de souligner que ces scénarii ne sont pas tous exclusifs et qu'ils peuvent pour certains être envisagés de manière cumulative, à l'instar des scénarii « *Migration vers une offre TNT HD enrichie* » et « *Emergence d'une hyperconnectivité sans fil* ».

4.3 Scénarii d'évolution des usages audiovisuels

4.3.1 Migration de l'offre TNT actuelle vers le tout HD

Description du scénario

30 chaînes nationales sont aujourd'hui diffusées sur la TNT. Parmi ces chaînes, seulement cinq d'entre elles sont diffusées en HD. Ce scénario envisage le passage de l'ensemble des chaînes diffusées actuellement vers une diffusion tout HD à l'horizon 2020. A cet horizon, l'univers de la TNT reste donc circonscrit à 19 chaînes en clair et 11 payantes, sans ajout de chaînes supplémentaires par rapport à l'offre actuelle.

Malgré tout, les évolutions technologiques attendues d'ici à 2020, permettent d'envisager la fourniture de services interactifs adossés à la programmation des chaînes. En plus des services traditionnels de diffusion de la télévision, la norme HBBTV⁸² permet en particulier d'obtenir des informations sur le programme diffusé (ex : acteurs, filmographie des acteurs, etc.), d'accéder à un ensemble de services complémentaires au programme diffusé (guide des programmes, vote lors des émissions, participation à des sondages, partage d'images et de commentaires relatifs

⁸² Hybrid Broadband Broadcast Television

aux programmes sur les réseaux sociaux, etc.) ou même de revoir ultérieurement les programmes (TV de rattrapage). D'un point de vue technique, la diffusion complémentaire de tels services nécessite la mobilisation d'une faible capacité (environ 1/10^e de la capacité d'une chaîne), adossée à la capacité requise d'une chaîne de la TNT. L'ajout de contenus contextuels dans la programmation des chaînes TNT peut donc trouver sa place à l'horizon 2020, dans des conditions techniques s'appuyant sur une flexibilité croissante dans la gestion de la capacité au sein des multiplexes.

Si le nombre de chaînes TNT reste constant au sein de ce scénario, une diffusion de l'ensemble des chaînes en HD à l'horizon 2020 doit cependant être anticipée, en particulier sous l'effet de l'augmentation de la taille des écrans à laquelle on assiste depuis près d'une décennie, qui a entraîné chez les téléspectateurs un accroissement de l'exigence concernant la qualité de l'image reçue, et par conséquent une évolution massive du parc de télévisions vers la HD

Estimation des besoins en spectre

La capacité d'accueil d'un multiplex est dépendante des standards de diffusion et de compression des chaînes. Ainsi, l'optimisation du flux HD au moyen de l'amélioration de la norme MPEG 4 ou le remplacement de la norme MPEG 4 par la norme HEVC, ainsi que le remplacement de la norme DVB-T par le DVB-T2, constituent des évolutions technologiques attendues permettant l'augmentation de la capacité d'accueil des multiplex.

La combinaison d'au moins deux de ces trois possibilités technologiques permettrait la diffusion de 6 chaînes HD au sein d'un seul canal UHF.

Dans l'hypothèse d'une telle transition technologique aboutie à l'horizon 2020, la diffusion de 30 chaînes HD mobiliserait ainsi 5 multiplexes nationaux à cette date. Par ailleurs, l'initialisation des prochaines migrations technologiques à venir après 2020 nécessiterait la mobilisation d'un multiplex supplémentaire, afin de permettre la diffusion de programmes en simulcast.

Une telle cible d'utilisation du spectre, avec une offre TNT HD mobilisant 6 multiplexes à l'horizon 2020, peut être obtenue avec différentes trajectoires dans la décennie à venir. Le spectre actuellement disponible autorise cette phase transitoire, puisqu'il offre 2 multiplexes nationaux non encore utilisés. Des réflexions sont actuellement en cours à ce sujet auprès des Autorités compétentes.

A l'horizon 2020, les besoins en spectre pour les services utilisant les fréquences audiovisuels s'élèvent, dans ce scénario, à environ 245 MHz (soit 75 MHz de moins que la ressource actuellement attribuée). Par ailleurs, en cas d'évolution favorable des négociations aux frontières, ce besoin pourrait diminuer jusqu'à environ 170 MHz (soit 150 MHz de moins qu'actuellement).

Conditions de réalisation

Le passage de l'ensemble de la diffusion des chaînes TNT en HD est aujourd'hui conditionné par l'extinction de la norme MPEG-2 au sein du parc de téléviseurs. Si cette norme sera totalement remplacée par le MPEG-4 au sein des téléviseurs vendus à partir du 1^{er} décembre 2012, un accompagnement sera peut être nécessaire à l'horizon 2020 pour parfaire cette transition.

Le nombre de multiplexes requis pour la diffusion des 30 chaînes HD à l'horizon 2020, dépend quant à lui de la durée d'implémentation des normes HEVC et/ou DVB-T2 au sein du parc de téléviseurs connectés à la TNT. Il convient de souligner que l'aboutissement d'une telle transition est notamment conditionnée par

- la spécification des nouvelles normes (à ce jour, le standard HEVC est toujours en cours de normalisation) ;
- la définition d'un calendrier de transition ;
- la mise en place de décisions réglementaires sur l'évolution du parc ;
- l'extinction planifiée de l'ancienne norme avec plusieurs années d'anticipation.

Enfin le besoin en spectre défini plus haut dépend en particulier de l'évolution des négociations aux frontières. Ainsi dans le cas du maintien de la situation actuelle, c'est-à-dire des accords pour la planification de 8 multiplexes, alors le besoin s'élève à environ 245 MHz. Dans le cas où la cible de 11 multiplexes est atteinte, le besoin s'élèverait alors à 170 MHz. Il convient néanmoins de souligner que les accords obtenus jusqu'à présent ne permettent pas actuellement d'atteindre cet objectif, et que la faisabilité de ce dernier ne fait pas non plus l'objet d'un consensus à ce stade⁸³.

4.3.2 Migration vers une offre TNT HD enrichie

Description du scénario

Contrairement au scénario précédent, ce scénario envisage un enrichissement à de l'offre TNT avec l'intégration d'un peu plus d'une dizaine de chaînes supplémentaires dans le paysage TNT. Toutes ces chaînes sont, à l'horizon 2020, entièrement diffusées en HD.

Ce scénario se traduit tout d'abord par un accroissement de la diversité des contenus en clair, soit jusqu'à 10 nouvelles chaînes TNT gratuites, qui pourront trouver un espace économique moyennant la relative stabilité du marché publicitaire et le maintien de la valeur de l'audience. L'utilisation des canaux compensatoires peut notamment s'intégrer au sein de cette évolution.

Ce scénario inclut également l'arrivée de 2 ou 3 nouvelles chaînes payantes, venant enrichir :

⁸³ En particulier, l'affectataire considère cet objectif comme peu voire non réaliste, et L'ANFR indique que l'atteinte de cet objectif devrait passer par une réévaluation des objectifs de couverture des multiplex.

- l'offre de contenus premium portée aujourd'hui par Canal+, et dont certaines de ses déclinaisons ne sont pas aujourd'hui disponibles sur la plate-forme TNT (Canal+ Family par exemple) ;
- ou bien l'offre thématique de la TNT en permettant à ses distributeurs d'offrir un « mini-bouquet » thématique complet et plus attractif pour le téléspectateur ;
- ou bien l'offre payante de manière générale, en proposant des services de médias à la demande (SMAD), à l'instar des nombreux services de VoD et de catch-up TV proposés aujourd'hui par les FAI, et pour lesquels il existe des candidats pour une diffusion sur la TNT⁸⁴.

Par ailleurs, comme décrit dans le scénario précédent, ce scénario prend également en compte la possibilité de développement de services interactifs adossés à la programmation des chaînes, moyennant une flexibilité croissante dans la gestion de la capacité au sein des multiplexes, ainsi que la diffusion de l'intégralité des chaînes de la TNT en HD à l'horizon 2020.

Estimation des besoins en spectre

Comme décrit dans le scénario précédent, la capacité d'accueil d'un multiplex est dépendante des standards de diffusion et de compression des chaînes.

Le couplage de la norme de diffusion DVB-T2 (à la place du DVB-T) avec l'une des deux évolutions possible de la norme de compression, à savoir l'optimisation du MPEG-4 ou la migration du MPEG-4 vers le HEVC, permettrait la diffusion de 6 chaînes HD au sein d'un seul canal UHF.

Dans l'hypothèse d'une telle transition technologique aboutie à l'horizon 2020, la diffusion d'une quarantaine de chaînes HD mobiliserait ainsi 7 multiplexes nationaux à cette date. Par ailleurs, l'initialisation des prochaines migrations technologiques à venir après 2020 nécessiterait la mobilisation d'un multiplex supplémentaire, afin de permettre la diffusion de programmes en simulcast.

Une telle cible d'utilisation du spectre, avec une offre TNT HD mobilisant 8 multiplexes à l'horizon 2020, peut être obtenue avec différentes trajectoires dans la décennie à venir. La mise à disposition de 2 multiplexes nationaux non encore utilisés s'inscrit dans cette transition vers la cible définie plus haut. Des réflexions sont actuellement en cours auprès des Autorités compétentes.

A l'horizon 2020, les besoins en spectre pour les services utilisant les fréquences audiovisuelles s'élèvent, dans ce scénario, à environ 320 MHz (soit la totalité de la ressource actuellement attribuée). Néanmoins, en cas d'évolution favorable des négociations aux frontières, ces besoins pourraient diminuer jusqu'à environ 245 MHz (soit 75 MHz de moins qu'actuellement).

⁸⁴ Dont plusieurs projets portés par Canal+

Conditions de réalisation

En ce qui concerne l'augmentation du nombre de chaînes en clair, cette évolution est conditionnée par un maintien de la valeur de l'audience. Ce maintien passe notamment par un nombre de régies publicitaires stable, afin d'éviter une chute des revenus publicitaires pouvant entraîner une déstabilisation de l'écosystème actuel.

Concernant les chaînes payantes, l'évolution d'une telle offre au sein du paysage TNT, voire son maintien dans le cas des chaînes thématiques, nécessitera une augmentation du nombre d'abonnés, c'est-à-dire des investissements significatifs de la part d'un ou plusieurs distributeurs

Comme dans le scénario « *Migration de l'offre TNT actuelle vers le tout HD* », le passage de l'ensemble de la diffusion des chaînes TNT en HD passera par l'extinction de la norme MPEG-2 au sein du parc de téléviseurs.

De même, le nombre de multiplexes requis pour la diffusion de ces chaînes à l'horizon 2020, dépend quant à lui de la durée d'implémentation des normes HEVC et/ou DVB-T2 au sein du parc de téléviseurs connectés à la TNT

Enfin le besoin en spectre défini plus haut dépendra lui aussi de l'optimisation de la planification et en particulier de l'évolution des négociations aux frontières. Ainsi dans le cas du maintien de la situation actuelle, c'est-à-dire des accords pour la planification de 8 multiplexes, alors le besoin s'élève à environ 320 MHz. Dans le cas où la cible de 11 multiplexes est atteinte, le besoin s'élèverait alors à environ 245 MHz. Il convient néanmoins de souligner que les accords réalisés ne permettent pas actuellement d'atteindre cet objectif, et que la faisabilité de ce dernier ne fait pas non plus l'objet d'un consensus à ce stade⁸⁵.

⁸⁵ En particulier, l'affectataire considère cet objectif comme peu voire non réaliste.

4.4 Scénarii d'évolution des usages des communications électroniques

Par précaution, les évaluations ont été réalisées sans prendre en compte les bandes de fréquence au-delà de 3 GHz car il n'existe pas à ce jour d'équipements industriellement disponibles pour offrir un service mobile.

4.4.1 Continuité de la croissance actuelle des usages mobiles

Description du scénario

Sous l'effet cumulé du développement de terminaux mobiles de plus en plus sophistiqués et de l'accroissement des capacités des réseaux mobiles, on constate aujourd'hui l'apparition de nombreuses applications, reposant en particulier sur la transmission de données en mode paquet au sein des réseaux mobiles, et modifiant structurellement la charge des réseaux des opérateurs mobiles.

Outre les usages connus de l'Internet fixe (streaming audio / vidéo, réseaux sociaux, etc.), la nature ubiquitaire de l'internet mobile a fait naître de nouveaux usages spécifiques reposant par exemple sur le M commerce (c'est-à-dire le commerce électronique via les terminaux mobiles) ou la géolocalisation (cartographie dynamique, navigation, ...). Par ailleurs, la capacité réduite des terminaux mobiles en termes de stockage (par rapport à des terminaux fixes) pourrait bénéficier au développement du *cloud computing*⁸⁶ et engendrer ainsi des volumes de trafic toujours plus importants.

Si le nombre d'utilisateurs de la téléphonie mobile connaît en France, une croissance modérée, en raison de l'équipement quasi-total de la population française (avec près de 9 français sur 10 équipés d'au moins un téléphone mobile en 2010), on constate néanmoins au sein de ce parc une forte croissance des terminaux permettant d'accéder à des services de données mobiles (Internet et multimédia au sens large). Ainsi début 2011, les trois quarts des ventes de terminaux associés à la téléphonie mobile sont des téléphones multimédia, dont la moitié est composée de terminaux dits « Smartphones » (type iPhone, Blackberry, Android, etc.). En raison du fort taux de renouvellement des terminaux mobiles (environ tous les 2 ans) et de l'appétence suscitée par les capacités offertes par les futurs réseaux mobiles, il est donc raisonnable d'estimer que la quasi-totalité des téléphones mobiles permettront d'accéder à ces services à l'horizon 2020.

Ce scénario, plutôt conservateur, envisage donc une progression des usages de données mobiles, avec néanmoins le maintien d'une prédominance des terminaux traditionnels (téléphones / smartphone) à l'horizon 2020, par rapport aux terminaux dédiés à un usage Internet exclusif (type tablette tactile et clés 3G) et aux objets communicants (ces deux catégories représentant début 2011, une carte SIM sur 10).

⁸⁶ c'est-à-dire la déportation sur des serveurs distants des applications informatiques traditionnellement localisés sur le terminal de l'utilisateur

Estimation des besoins en spectre

L'évolution de la consommation des usages en données mobiles constitue, à l'horizon 2020, le paramètre dimensionnant de la charge supportée par les réseaux mobiles.

Si l'explosion des nouveaux usages mobiles est aujourd'hui réelle et mesurable, le niveau de consommation attendu dans la prochaine décennie demeure encore incertain.

Les scénarii d'estimation du besoin en spectre pour les services utilisateurs des fréquences de communications électroniques s'appuient donc sur le constat historique d'un décalage d'une décennie entre les volumes générés par les usages associés aux réseaux fixes et les usages associés aux réseaux mobiles (même si les natures d'usages ne sont pas forcément identiques).

Dans ce scénario plutôt conservateur, on estime que la consommation mobile d'un individu en 2020 est similaire à celle d'un individu sur une ligne fixe haut-débit en 2010, soit une consommation moyenne d'environ 7 Go par mois (correspondant à la consommation moyenne d'une ligne fixe en 2010 divisée par le nombre d'individus par foyer).

Après prise en compte des optimisations apportées par le développement des réseaux 4G, et les évolutions technologiques permettant de délester une partie du trafic généré par les usagers mobiles sur les réseaux fixes (WiFi voire Femtocell), il apparaît que les ressources spectrales attribuées aujourd'hui aux opérateurs mobiles suffisent à écouler ce trafic à l'horizon 2020.

Il s'agit néanmoins d'un scénario limite, puisque les 635 MHz disponibles aujourd'hui ne permettent pas d'écouler un trafic plus important. La croissance future des usages mobiles se heurtera donc à la problématique de saturation du spectre à l'horizon 2020.

Par ailleurs, les réseaux 3G déployés aujourd'hui sont compatibles avec le niveau de consommation attendue en 2015, soit à mi-parcours de la cible 2020⁸⁷.

A 2020, les besoins en spectre pour les services utilisant les fréquences de communications électroniques sont compatibles, dans ce scénario, avec les ressources attribuées aujourd'hui aux opérateurs mobiles.

⁸⁷ La prévision du trafic mobile à l'horizon 2015 a fait l'objet d'une consultation publique des acteurs du marché à travers 2 consultations lancées par l'ARCEP en 2010, dans le cadre du développement de son modèle de terminaison d'appel.

Conditions de réalisation

La première condition de réalisation de ce scénario reste la limitation de la consommation mobile moyenne des individus, à l'horizon 2020, à la frontière définie plus haut (soit environ 7 Go par mois). Il est donc nécessaire de mettre dès aujourd'hui en place un suivi régulier de l'évolution de la consommation (suivi mensuel) pour anticiper au mieux le besoin dans les prochaines années.

Dans ce cadre relativement maîtrisé, l'absorption du trafic mobile à l'horizon 2020 passe néanmoins par deux impératifs techniques, à savoir :

- le développement des réseaux 4G et l'optimisation de la ressource spectrale par ces derniers (dont l'efficacité devrait être multipliée par plus de 3 par rapport aux réseaux 3G actuels) ;
- le délestage d'une partie du trafic mobile (environ 30%) sur les réseaux fixes via les technologies Wifi, déjà opérationnelles à grande échelle, ou voire aussi Femtocell, en cours d'initialisation chez les clients entreprise notamment.

4.4.2 Emergence d'une hyperconnectivité sans fil

Description du scénario

Contrairement au scénario précédent, ce scénario envisage cette fois une explosion du trafic de données mobiles, à travers notamment la forte pénétration de terminaux type tablette ou clés 3G, l'accroissement significatif des communications machine-to-machine, ou encore à travers la substitution de certains usages sur le réseau des opérateurs mobiles (radio, TV).

Les utilisateurs Internet mobile exclusifs ont ainsi vu leur nombre considérablement augmenter ces dernières années, sous l'impulsion des ventes de terminaux particulièrement adaptés à un usage sans fil, à l'instar des ordinateurs portables et plus récemment des tablettes tactiles.

Contrairement aux terminaux mobiles traditionnels (téléphone/smartphone), la taille des écrans de ces terminaux à usage internet exclusif (tablettes/ordinateurs portables) apporte un véritable confort d'usage, plus adapté notamment pour la consommation de données multimédia telles que la vidéo, ou encore la lecture de pièces jointes attachées aux emails, et générant inévitablement un accroissement significatif du trafic mobile, en raison de la taille des contenus téléchargés sur le terminal.

On observe également aujourd'hui une croissance exponentielle des objets communicants (qui représentaient environ 3 millions de cartes SIM début 2011, soit une croissance moyenne de 60% par an depuis 2008). Porté par de nombreuses applications – GPS, e-readers, logistique, relevés et suivi de consommation (eau, électricité, etc.), transactions sécurisées, télésurveillance, télémédecine – le parc M2M (machine-to-machine) devrait donc continuer à progresser de manière significative, chaque objet étant potentiellement un objet communiquant.

Si la nature du trafic échangé par ces objets communicants demeure peu dimensionnante en termes de capacité (une communication M2M correspond en volume à quelques SMS), l'explosion du nombre d'objets (dont les prévisions à l'horizon 2020 varient entre 20% et 600% du parc de cartes SIM) pourrait néanmoins alourdir encore la charge des réseaux mobiles à l'horizon 2020.

Enfin, il convient de souligner que l'accroissement des débits et de la qualité de service, à travers le déploiement des réseaux 4G des opérateurs mobiles, pourrait permettre à ces derniers de concurrencer d'autres plates-formes traditionnelles, utilisatrices elles aussi du spectre hertzien.

L'IP mobile, sous condition d'augmentation des débits et de baisse des coûts, pourrait ainsi offrir une qualité de service identique à celle envisagée pour la TMP, en y ajoutant même des fonctionnalités de personnalisation (VOD, télévision de rattrapage etc.). De même, si la transition de la radio vers le numérique n'a pas été initialisée en 2020, il n'est pas exclu que le développement de la diffusion de la radio par Internet, notamment à travers les réseaux des opérateurs mobiles 4G, entraîne une disparition progressive de la radio hertzienne.

Cette substitution pourrait s'étendre à de nombreux autres utilisateurs du spectre, comme par exemple les réseaux ministériels d'urgence et de sécurité qui, relativement saturés et confrontés à une demande croissante en services dits large bande, fortement consommateurs en capacité (reconstitution d'un environnement professionnel de travail au sein des véhicules, remontée de données terrain en temps réel, etc.) commencent à faire appel aux services des opérateurs mobiles.

La généralisation de l'utilisation des réseaux de communications électroniques pour la fourniture des services de données mobiles aurait ainsi un impact considérable sur la charge de ces derniers et nécessiterait par conséquent l'allocation de ressources supplémentaires.

Estimation des besoins en spectre

A l'instar du scénario précédent, l'évolution de la consommation des usagers en données mobiles constitue, à l'horizon 2020, le paramètre dimensionnant de la charge supportée par les réseaux mobiles.

Dans ce scénario d'hyperconnectivité sans fil, on estime que la consommation mobile d'un individu, potentiellement sur plusieurs équipements et donc potentiellement plusieurs cartes SIM, en 2020, est similaire à celle d'un foyer raccordé à une ligne fixe haut-débit en 2010, soit une consommation moyenne d'environ 15 Go par mois (correspondant à la fourniture d'un débit moyen de 100 kbps par ligne).

Ce scénario nécessiterait alors l'attribution d'environ 450 MHz supplémentaires à l'horizon 2020, pour les services de communications électroniques, après prise en compte de l'efficacité des réseaux 4G et d'un délestage d'une partie du trafic généré par les usagers mobiles sur les réseaux fixes (WiFi voire Femtocell).

A 2020, une généralisation de l'hyperconnectivité sans fil nécessiterait l'attribution de 450 MHz supplémentaires pour les services utilisant les fréquences de communications électroniques.

Dans le contexte de la généralisation de l'utilisation des réseaux de communications électroniques pour la fourniture des services de données mobiles, plus les opérateurs disposeront de bandes de fréquences en dessous de 1 GHz, meilleure sera la qualité de service, en particulier pour la fourniture de services TV et radio, en raison de la qualité de pénétration de ces fréquences en indoor.

Conditions de réalisation

La première condition de réalisation de ce scénario est là encore l'évolution de la consommation mobile moyenne des individus, à l'horizon 2020, au niveau décrit précédemment (soit environ 15 Go par mois). Il est donc nécessaire de mettre dès aujourd'hui en place un suivi régulier de l'évolution de la consommation (suivi mensuel) pour anticiper au mieux le besoin dans les prochaines années.

D'un point de vue technique, une intensification de la consommation de données sur les terminaux sans fil nécessitera, comme dans le scénario précédent (et même d'autant plus) une optimisation de la ressource spectrale à travers le développement des technologies 4G, et le délestage d'une partie du trafic mobile (environ 30%) sur les réseaux fixes via les technologies Wifi, déjà opérationnelles à grande échelle, voire Femtocell, en cours d'initialisation chez les clients entreprise notamment.

La faisabilité d'un tel scénario passe enfin par une décision des pouvoirs publics, permettant d'attribuer aux opérateurs mobiles suffisamment de fréquences supplémentaires, afin d'être en mesure d'absorber le trafic généré par cette hyperconnectivité sans fil. En l'absence de ressources, les opérateurs seront amenés à freiner cette émergence en contingentant les usages.

4.4.3 Substitution fixe-mobile en zone rurale

Description du scénario

Le Gouvernement a rendu public en juin 2010 un programme national en faveur du très haut débit, qui s'inscrit dans l'objectif de couverture en très haut débit de 70% de la population en 2020 et de 100% en 2025.

Le programme national « très haut débit » se traduit en trois lignes d'action :

- stimuler l'investissement des opérateurs privés pour les inciter à s'étendre hors des zones denses du territoire grâce au guichet « opérateurs » doté de 1 milliard d'euros destiné à des prêts non bonifiés ;
- soutenir les réseaux d'initiative publique des collectivités territoriales pour compléter la couverture du territoire hors des zones faisant l'objet d'initiatives

privées d'ici 3 à 5 années avec le guichet « réseaux d'initiative publique » doté de 900 millions d'euros de subventions ;

- soutenir des travaux de recherche et développement menés sous l'égide du Centre national d'études spatiales afin de favoriser l'émergence d'une nouvelle génération de satellites dédiés à l'accès très haut débit à Internet et permettre ainsi à terme une couverture exhaustive du territoire national (40 à 100 millions d'euros).

L'accès hertzien terrestre procuré par les réseaux mobiles 4G pourrait constituer une des solutions technologiques pour compléter la couverture en très haut débit. Les réseaux 4G, via la norme LTE advanced, permettront d'offrir des débits jusqu'à 1Gbps par cellule, avec une couverture d'environ 100 km² et une capacité d'accueil allant jusqu'à 5000 habitants par cellule.

Estimation des besoins en spectre

Pour permettre d'offrir de tels débits, la norme LTE-Advanced nécessitera la mise à disposition d'une capacité de 200 MHz. Par ailleurs, en raison du coût de déploiement d'un réseau de télécommunications en zone peu densément peuplée, la viabilité d'un service de très haut débit, reposant sur une infrastructure de réseau mobile, nécessitera l'utilisation des fréquences offrant les rayons de couverture les plus importants (et limitant par conséquent le nombre de sites à déployer).

Dans ce contexte, la capacité spectrale requise pour la fourniture de services fixes à très haut débit par un réseau mobile en zone rurale devra se situer dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz, du fait de la portée de ces dernières (par rapport aux fréquences des bandes supérieures).

La fourniture de services fixes à très haut débit par un réseau mobile en zone rurale nécessiterait à l'horizon 2020 l'attribution de l'ordre de 100 MHz à 200 MHz supplémentaires en dessous de 1 GHz, en fonction de la réutilisation ou non des fréquences déjà attribuées aux opérateurs mobiles dans cette bande (soit un total de 130 MHz dans la bande UHF).

Conditions de réalisation

D'un point de vue technique, la fourniture d'un service de très haut débit via une infrastructure de réseau mobile passe par le déploiement de la technologie LTE advanced, dont les travaux de normalisation sont toujours en cours aujourd'hui.

Enfin, l'attribution de capacité supplémentaire dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz nécessite la planification d'un deuxième dividende numérique à travers :

- soit l'allocation de l'ordre de 100 MHz supplémentaires dans la bande UHF pour les utilisateurs des fréquences de communications électroniques, en complément des 130 MHz déjà attribués dans ces bandes, ce qui impliquerait

également une réorganisation nécessaire de la ressource existante entre opérateurs mobiles pour les zones rurales ;

- soit l'allocation de 200 MHz supplémentaires dans la bande UHF, pour une utilisation dédiée.

5 Prochaines étapes

L'identification de nouvelles bandes de fréquences au plan national, européen et international puis le réaménagement du spectre qui en découle constituent des processus qui s'inscrivent dans la durée.

La réévaluation à long terme des besoins en spectre pour les différents services utilisateurs s'inscrit dans un processus global de planification des ressources spectrales, et doit donc être initiée dès à présent.

Concernant les **services audiovisuels**, le développement de nouvelles chaînes dans l'univers de la TNT, s'il est envisageable à l'horizon 2020, reste néanmoins soumis à plusieurs conditions :

- L'augmentation du nombre de chaînes en clair nécessite le maintien de la valeur de l'audience, c'est-à-dire la stabilité du nombre de régies publicitaires.
- Le maintien d'une offre de TNT payante thématique nécessite d'une part une offre plus diversifiée que l'offre actuelle et d'autre part une augmentation du nombre d'abonnés, ce qui implique des investissements significatifs de la part d'un ou plusieurs distributeurs.

Ainsi, l'évolution de la structure industrielle du secteur dépend des décisions des Autorités gestionnaires de l'attribution des fréquences audiovisuelles.

Enfin, même s'il est encore trop tôt pour se prononcer sur la libération d'une partie des fréquences attribuées aux services audiovisuels, il convient toutefois de souligner que le nombre de MHz libérables dépend avant tout de l'optimisation de la planification des multiplexes, et en particulier de l'évolution des négociations aux frontières.

Pour les **services de communications électroniques**, le besoin en spectre des opérateurs mobiles est lié à l'évolution de la consommation des usagers en données mobiles. On constate aujourd'hui une demande fortement croissante, d'une part pour des services de données en situation de réelle de mobilité – ou tout du moins de nomadisme – pour des usagers de plus en plus nombreux dans les zones très denses, et d'autre part pour des services de type fixes dans les zones moins denses.

Si les ressources allouées aujourd'hui permettent pour l'instant de répondre à ces usages émergents, une évolution du niveau de consommation mobile vers le niveau actuel d'une ligne raccordée à un réseau fixe engendrerait un besoin en capacités supplémentaires à l'horizon 2020.

Enfin, concernant les **services d'urgence et de sécurité**, on assiste également, à l'instar des services mobiles grand public, à l'émergence d'une demande croissante pour des services large-bande. Si les réseaux déployés actuellement pour des services en bande étroite (comme la voix ou la transmission de messages courts à faible débit)

satisfont entièrement aux exigences de qualité de leurs utilisateurs, ils ne sont pas conçus pour permettre la fourniture complémentaire de services large bande.

Face à ce constat, un choix politique et industriel doit être fait entre

- d'une part, octroyer des fréquences supplémentaires pour déployer un réseau propriétaire dédié aux services d'urgence et de sécurité incluant les services large bande, et
- d'autre part, « industrialiser » l'utilisation de réseaux de communications électroniques ouverts au public pour répondre aux besoins large bande des services d'urgence et de sécurité.

Cependant, bien que cette utilisation des réseaux de communications électroniques ouverts au public ait déjà commencé pour les usages large bande, son « industrialisation » supposerait d'identifier des solutions pour garantir la confidentialité des échanges ainsi que pour permettre une préemption temporaire des capacités si nécessaire.

6 Annexes

6.1 Références bibliographiques

Rapports généraux

Document	Auteur	Date de publication
Rapport du groupe de travail sur les enjeux et perspectives d'accès aux fréquences basses pour les services de communications électroniques	Commission consultative des radiocommunications	Octobre 2007
Synthèse de la consultation publique sur les enjeux liés aux nouvelles fréquences pour les réseaux d'accès aux services de communications électroniques	ARCEP	Novembre 2007
Etude sur la valorisation du dividende numérique	ARCEP	Mai 2008
Les enjeux du dividende numérique	SIMAVELEC	Mai 2008
Etude sur l'évolution des usages de la télévision, de la radio et de l'Internet et scénarios prospectifs sur l'évolution de ces usages	BSC Conseil	Octobre 2008
Rapport de la commission du dividende numérique au premier ministre	Commission du Dividende Numérique	Juillet 2008
Enquêtes sur les « Conditions de vie et les Aspirations des Français »	CREDOC	Décembre 2009
Rapport au Premier Ministre : Perspectives pour une Europe numérique.	Jean Michel Hubert (CSN)	Octobre 2010
The European Union's policy approach to the ITU World Radiocommunication Conference 2012 (WRC-12)	Commission Européenne	Avril 2011

Références bibliographiques pour les services utilisant les fréquences audiovisuelles

Document	Auteur	Date de publication
Les tendances d'écoute de la radio	CSA	Juin 2009
Synthèse de la consultation « microphones sans fil professionnels »	DGMIC et DGCA	Décembre 2010
Satellifax, Hausse des ventes TV 2010 2011	SIMAVELEC	19 Janvier 2011
Numérique : Enjeux & Tendances 2011	NPA Conseil	Janvier 2011
Réinventer la télévision pour poser les bases de l'audiovisuel de demain	SIMAVELEC	Février 2011
Guide des chaînes numériques, 9ème édition, Février 2011	CSA, CNC, DGMIC, A.C.C.e.S, SNPTV	Février 2011
Quels seront les usages et les services de la télévision de demain ?	SIMAVELEC	Mars 2011
Le marché de la vidéo : les pratiques, l'équipement, la vidéo à la demande, la télévision de rattrapage, Les dossiers du CNC	CNC	Mars 2011
Rapport Annuel 2010	Conseil Supérieur de l'Audiovisuel	Mars 2011
Observatoire de l'équipement des foyers pour la réception de la TV numérique 2nd semestre 2010	CSA	Avril 2011
3ème Observatoire de la Haute Définition	NPA Conseil	avril 2011
La Télévision Connectée	Association Française du Multimédia Mobile	Juin 2011
Etude sur les modèles économiques des services de médias audiovisuels à la demande actifs sur le marché français	CSA	Juillet 2011

Références bibliographiques pour les services utilisant les fréquences de communications électroniques

Document	Auteur	Date de publication
Rapport ITU-R M.2072, World mobile telecommunication market forecast	ITU	2005
Recommandation UIT-R M.1768 : Méthodologie de calcul des exigences de spectre pour le développement futur de la composante de Terre des IMT-2000 et des systèmes postérieurs aux IMT-2000	ITU	2006
Rapport ITU-R M.2074, Radio aspects for the terrestrial component of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000	ITU	2006
Rapport ITU-R M.2078, Estimation des besoins de spectre pour le développement futur des IMT-2000 et des IMT évoluées	ITU	2006
Spectrum Requirement Planning in Wireless Communications, Model and Methodology for IMT-Advanced	Hideaki Takagi & Bernhard H. Walke	2007
Nouvelles de l'UIT, « Les technologies de radiocommunication de prochaine génération utiliseront le spectre plus souplement » http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=fr&year=2008&issue=02&ipage=newRadioTech&ext=html	ITU	Mars 2008
Consultation publique de l'ARCEP sur les principes méthodologiques relatifs modèle technico économique de calcul des tarifs de terminaison d'appel mobile, 2010 : http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/consult-model-tamobile-280510.pdf	ARCEP	2010
Consultation publique de l'ARCEP sur le paramétrage du modèle technico-économique de calcul des tarifs de terminaison d'appel mobile, 2010 : http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/Consultation-Publique-22122010_01.pdf	ARCEP	2010
Etude sur les communications électroniques auprès des ménages	Commission européenne	2010
Programme national « très haut débit »	Gouvernement Français	Juin 2010

Document	Auteur	Date de publication
Spectrum and technologies for IMT-Advanced and Beyond: Nokia and NSN View	Nokia Siemens Network	Septembre 2010
Document	Auteur	Date de publication
4G capacity gains	Ofcom	Janvier 2011
3ème observatoire de l'internet mobile	Groupm / SFR Régie	Janvier 2011
Mobile traffic forecasts 2010-2020	UMTS Forum	Janvier 2011
Cisco Visual Networking Index: Global Mobile DataTraffic Forecast Update, 2010–2015	Cisco	Février 2011
World class standards Machine to machine Communications	ETSI	Février 2011
Mobile Connected Device Report	Nielsen	Mars 2011
Suivi des indicateurs mobiles	ARCEP	Mars 2011
Rapport annuel 2010	Ericsson	Mars 2011
Observatoire des marchés des communications électroniques 1er trimestre 2011	ARCEP	Avril 2011
Mobile traffic forecasts 2010-2020 & offloading solutions	IDATE	Mai 2011
Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2010–2015	Cisco	Juin 2011
ETSI ERM meeting, "C-PMSE: improving frequency utilization and coexistence for PMSEs systems by cognitive procedure"	ETSI	Juin 2011

Références bibliographiques pour les services d'urgence et de sécurité

Document	Auteur	Date de publication
Loi n°2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la sécurité civile (article 9)	Assemblées législatives	JO n° 190 du 17 août 2004
Rapport du groupe de travail « Fréquences ANTARES »	Ministère de l'Intérieur/DDSC/SDSP/DPA	Octobre 2004
Décret d'application n°2006-106 du 3 février 2006 relative à la modernisation des transmissions pour les services de sécurité, de secours et d'assistance (articles 2,3 et 5)	Premier Ministre	JO du 2 mars 2006
LTE physical layer – General description 3GPP TS 36.201 V8.1.0	3GPP	2007
3GPP TR 24.801 V8.1.0, 3GPP System Architecture Evolution (release 8)	3GPP	2008
Rapport sur l'organisation et l'évolution de la gestion du spectre	Groupe de travail du CA de l'ANFR	Mars 2008
3GPP TS 23.002 V8.5.0, Network architecture (release 8)	3GPP	2009
Arrêté du 24 avril 2009 relatif à l'organisation du secours à personne et aide médicale urgente	Ministère de l'Intérieur	JO du 26 avril 2009
Séminaire de travail avec les SAMU	Ministère de la Santé/DHOS	7 mai 2009
Arrêté du 5 mai 2009 relatif à l'organisation de la réponse ambulancière à l'urgence pré hospitalière	Ministère de la Santé	JO du 27 mai 2009
Annexe 2 de la circulaire N° DGOS/R2/2010/430 du ministère du travail, de l'emploi et de la santé relative au financement du FMESPP	Ministère de la Santé/DGOS	2010
Column Verbinding (Europese ontwikkelingen ISI + Breedband)	Police Cooperation Working Group	Janvier 2010
Rapport sur les mutualisations police-gendarmerie nationales : état d'avancement des travaux au 1er février 2010	Ministère de l'Intérieur	10 février 2010
Saijjonmaa_ISPRA_JRC_Workshop	EADS	Juin 2010

Document	Auteur	Date de publication
Rapidly Deployable Network – Taking 4G further	Alcatel-Lucent	2010
Interoperable Mission Critical Broadband/ Narrowband Solution for Public Safety Communications	Alcatel-Lucent & EADS	2010
RSC # 32 European and Global Harmonisation of Spectrum for Public Protection and Disaster Relief (PPDR) A study for German BMWi	WIK-Consult & AEGIS System	Juillet 2010

6.2 Liste des acteurs rencontrés

Agence Nationale des Fréquences	AFDESI
CSA	HD Forum
CSN	Orange
ARCEP	SFR
Renault	Bouygues Telecom
France Télévisions	Iliad
NRJ groupe	Bolloré
NextradioTV	ST(SI) ²
Canal+	DGOS
TF1	GITEP
Bureau de la Radio	DSIC
Radio France	Alcatel Lucent
TDF	Cassidian
Videofutur	
Google	

6.3 Liste des pays considérés dans l'enquête internationale

Allemagne

Australie

Espagne

Italie

Royaume Uni

Finlande

Etats Unis

Corée du Sud

Japon

Index des figures

Figure 1 - Durée d'écoute journalière par individu (DEI) de la télévision pour différentes catégories d'individus.....	12
Figure 2 - Durée d'écoute journalière de la radio par individu (population de 13 ans et plus)	12
Figure 3 - Equipement et multi équipement en télévision des foyers français	13
Figure 4 - pénétration des modes numériques de réception en France métropolitaine (en %)	14
Figure 5 - Taille des écrans en pourcentage des ventes	15
Figure 6 – Taux de pénétration par foyer des équipements permettant de recevoir la radio.....	16
Figure 7 - Equipement des foyers TV français en écrans HD	18
Figure 8 - Les chaînes de la TNT	20
Figure 9 – Evolution des revenus publicitaires de la télévision en France	21
Figure 10 - Nombre de chaînes nationales en clair sur la TNT et valeur des marchés publicitaires TV.....	22
Figure 11 – Les services de VoD disponibles chez Free	28
Figure 12 – Les services de télévision de rattrapage disponibles chez SFR.....	28
Figure 13 - Télévision traditionnelle et télévision connectée.....	30
Figure 14 – La télévision peut se connecter via différents équipements	30
Figure 15 – La norme HBB-TV	32
Figure 16 – Exemple de services HBBTV disponibles lors d'une émission sportive.....	33
Figure 17 – Evolution de l'usage de la télévision sur téléphone mobile (personnes de 12 ans et plus disposant d'un téléphone mobile en %)	34
Figure 18 – Evolution des recettes publicitaires radio depuis 2005.....	36
Figure 19 - Taux de pénétration mobile en France métropolitaine	46
Figure 20 - Parc de cartes SIM pour la téléphonie mobile depuis 2005	47
Figure 21 – Trois téléphones vendus sur quatre sont multimédias en France, dont un sur deux est un Smartphone	47
Figure 22 – Parc de cartes SIM à usage internet exclusif depuis 2008.....	48
Figure 23 - Comparaison des taux de pénétration du haut débit mobile en Europe.....	49
Figure 24 – Parc de cartes SIM Machine to Machine depuis 2008	50
Figure 25 - Part de cartes SIM non voix au sein du parc total de cartes SIM.....	51

Figure 26 - Evolution à 2020 du nombre de cartes SIM pour la téléphonie mobile et de la population française	52
Figure 27 - Part des Smartphones au sein du parc de terminaux entre 2009 et 2020..	52
Figure 28 - Evolution de la répartition des types de cartes SIM au sein du parc français à l'horizon 2020 (hors cartes relatives aux communications M2M)	54
Figure 29 - Evolution de la consommation moyenne de minutes voix par utilisateur de 2006 à 2010	55
Figure 30 – Prévisions de consommation moyenne de minutes voix par utilisateur à l'horizon 2020	56
Figure 31– Historique et prévisions de consommation moyenne de SMS par utilisateur à l'horizon 2020	57
Figure 32 - Evolution du trafic de données mobile mondial entre 2010 et 2015	57
Figure 33 - L'usage de l'internet mobile est dissocié de l'équipement.....	58
Figure 34 - Part des options internet souscrites dans le forfait	59
Figure 35 - Usage hebdomadaire de l'internet mobile parmi ses utilisateurs	59
Figure 36 - Fréquence d'usage de l'internet mobile chez les 16 - 24 ans.....	60
Figure 37 - Fréquence de connexions chez les internautes mobiles hebdomadaires ..	60
Figure 38 - Répartition des applications les plus utilisées sur mobile	61
Figure 39 - Evolution comparée des trafics sur les réseaux fixe et mobile.....	62
Figure 40 - Evolution comparée des taux de pénétration haut débit fixe et mobile pour 3 pays d'Europe	62
Figure 41 - Résumé des 2 scénarii de consommation mensuelle de données par terminal mobile pour les services de communications électroniques à l'horizon 2020 ..	65
Figure 42 - offre TV mobile de SFR : 30 chaînes en direct et à la demande.....	67
Figure 43 - Un seul flux est nécessaire pour une diffusion en multicast.....	68
Figure 44 - Champs d'applications des communications M2M	69
Figure 45 - Evolution des débits descendants théoriques offerts par les différentes technologies sur une cellule	73
Figure 46 - Les usages des terminaux par lieu d'utilisation.....	75
Figure 47 – Evolution du nombre de macrosites 3G d'un opérateur générique entre 2010 et 2020	78
Figure 48 - Répartition des fréquences disponibles dans le spectre entre la 3G et la 4G à l'horizon 2020	79
Figure 49 - Réseaux RUBIS et INPT	87
Figure 50 – Utilisateurs des réseaux RUBIS et ACROPOL/INPT	88
Figure 51 - Usages des services d'urgence et de sécurité à bande étroite	92

Figure 52 – Utilisation des usages bande étroite par type de service	93
Figure 53 - Usages des services d'urgence et de sécurité à large bande	94
Figure 54 – Utilisation des usages large bande par type de service	95
Figure 55 – Adéquation des réseaux pour différents usages	98
Figure 56 – Exemple d'usage (monitoring)	99
Figure 57 - Volumétrie élémentaire pour chaque usage	101
Figure 58 – Besoins en spectre par utilisateur selon la modulation envisagée	103
Figure 59 – Besoins en spectre à 2015 et 2020 pour les usages bande étroite et large bande	104