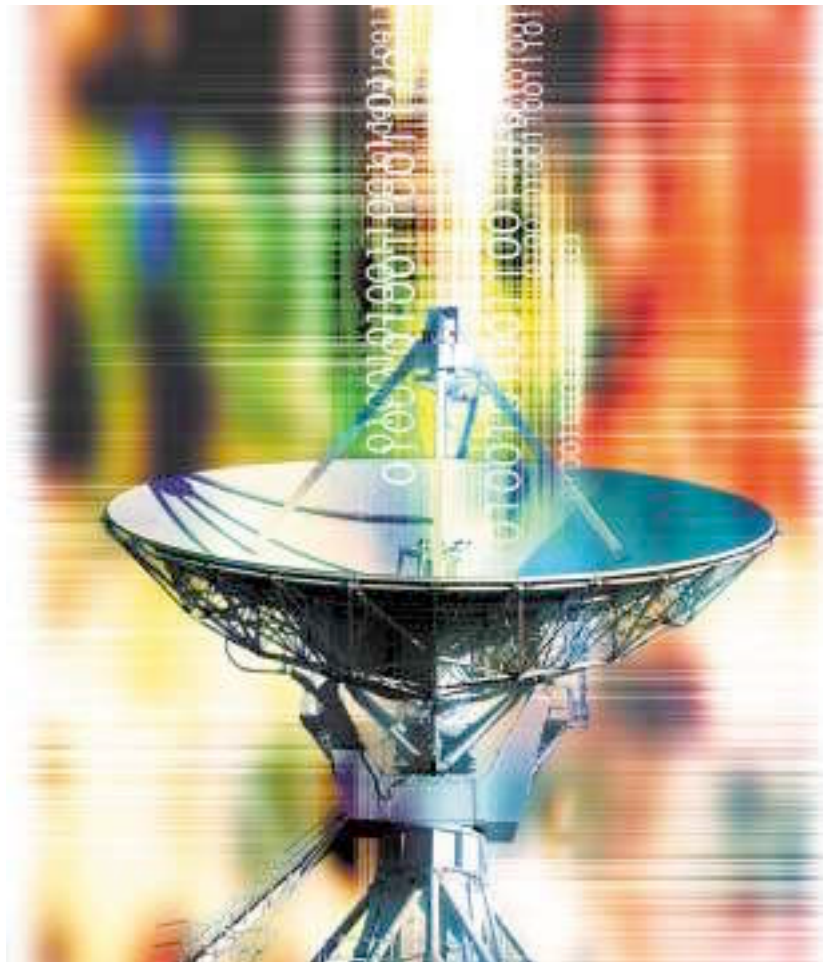


Rural

Area

Network pour **D**aumazan sur Arize



Dernière mise à jour le : 16 mars 2003

Sommaire

Résumé	3
Manifeste	5
Pourquoi une infrastructure haut débit en zone rurale ?	7
Le réseau sans-fils	17
Description de l'interface satellite – réseau wifi	22
Etude budgétaire	26
Gestion du service	30
Imperfections de la solution	33
Diffusion et reproduction	39

Résumé

Le désenclavement des territoires ruraux ne passe pas seulement pas les réseaux routiers. Si le domaine économique motive souvent des financements importants pour des infrastructures matérielles ambitieuses, les aspects culturels et sociaux ne doivent pas être sous estimés, car c'est par eux que se construisent les identités des individus, à commencer par les plus jeunes.

Malheureusement, pour des raisons dites « de marché », les territoires ruraux sont consciencieusement ignorés par les opérateurs de télécoms et les équipementiers. Il revient alors à l'Etat de modifier le cadre réglementaire, aux collectivités locales de piloter (ou non) des politiques et des stratégies ayant pour objectifs de réduire une certaine « fracture numérique », et aux citoyens de s'approprier les opportunités du moment pour créer les services qui leur manquent.

Ce projet vise à proposer une solution économique pour desservir en haut débit les villages éloignés des centraux de télécoms. Le principe consiste à établir une liaison bi-directionnelle par satellite en un lieu central et à relier celui-ci aux maisons alentours par des liaisons Wifi¹, dans un rayon de plusieurs centaines de mètres. Le faible coût de ces technologies permet de fournir des débits supérieurs à ceux de l'ADSL, pour un prix équivalent, voire inférieur, moyennant un investissement initial particulièrement modique et inhabituel en ce secteur.

Le dispositif envisagé est clairement expérimental dans la combinaison de plusieurs technologies qui ont pourtant derrière elles de nombreuses années de pratiques industrielles, mais qui peinent à quitter le cénacle « des professionnels de la profession ». D'un autre côté, le coût particulièrement faible du projet exposé dans ce document ne doit pas laisser ses détracteurs argumenter en l'utilisant comme mesure de sa robustesse technique et des usages potentiels, au risque de laisser se creuser un peu plus le fossé numérique en vogue dans les médias, et pourtant si cruellement présent en zone rurale.

En contrepartie de quelques imperfections, cette solution a l'avantage d'être immédiatement opérationnelle et abordable pour fournir du haut débit à des petits groupes d'utilisateurs non desservis par l'ADSL ou le câble. Les autres technologies

¹ Technologie de réseau hertzien terrestre issue de la norme IEEE 802.11b

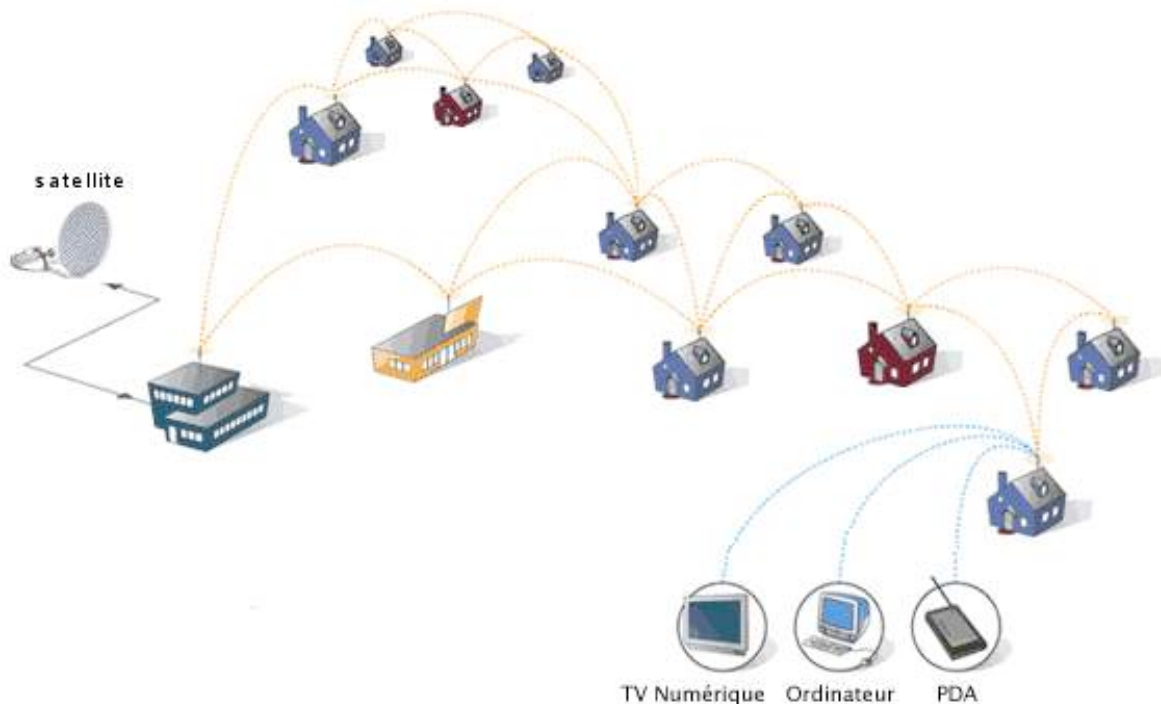
Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

envisageables représentent des investissements disproportionnés en regard d'une demande encore timide qui se chiffre en dizaines d'utilisateurs, voire en dizaine au singulier (ou moins) dans un grand nombre de bourgs et de villages.

En ce qui concerne les bourgs de plus de 1500 habitants, la probabilité de rassembler la dizaine d'utilisateurs nécessaires pour équilibrer financièrement l'opération est plausible (< 2% des foyers). Dans ce cas, le soutien des collectivités locales devrait plutôt être d'ordre moral et logistique, en s'abstenant de subventionner ce qui n'a pas besoin de l'être, ce qui induirait des lourdeurs administratives superflues et un attentisme préjudiciable.

Pour les plus petits villages, les hameaux et les maisons isolées, la probabilité de mobiliser une dizaine d'utilisateurs dans chacun d'eux est par contre assez faible. Le salut ne peut dès lors reposer que sur une politique volontariste des pouvoirs publics concernés, dont le coût est chiffrable au nombre d'utilisateurs qui manquent à l'appel x 30 €/mois.

Les versions ultérieures de ce document aborderont les aspects humains, sociaux et culturels et amèneront des éléments de financement.



Manifeste

La société de l'information est tant assimilée à un monde virtuel que l'on pourrait en oublier que l'un des facteurs essentiels à son accès est la disponibilité d'une infrastructure de télécommunications... Or des disparités importantes existent entre régions et au sein des régions au niveau du degré de développement et de déploiement de ces infrastructures.

Les caractéristiques structurelles du marché n'incitant pas les opérateurs à investir dans les Technologies de l'information et de la communication, les midi-pyrénéens disposent d'une offre restreinte de services télécoms performants à un coût élevé, voire prohibitif.

Si les services apportés par l'Internet sont sans limites, à tous les sens du terme, leur transport et leur acheminement reposent encore sur des structures conçues, décidées, gérées et financées sur un plan territorial.

Voilà en quoi la problématique d'accès au haut débit au juste prix est une problématique d'aménagement du territoire, depuis le niveau européen, entre Etats membres, jusqu'à la plus petite commune rurale.

Le haut débit pour le haut débit n'a pas de sens. Ce qui doit mobiliser les élus et l'ensemble des citoyens où qu'ils se trouvent et quel que soit leur statut, ce n'est pas ce que fait ou fera du haut débit mais ce qu'ils pourront faire avec !

Les opérateurs ayant largement, et quasi exclusivement, communiqué autour du haut débit sur la rapidité de connexion à Internet, cela réduit son intérêt à cette seule perspective ; dès lors, on ne voit pas très bien en quoi il serait aussi vital pour les collectivités locales de placer l'accès au haut débit au cœur de la politique d'aménagement du territoire...

Pour ne prendre qu'un exemple, quel avantage y a-t-il à ce qu'une classe d'enfants implantée dans un village de l'Arize dialogue avec une classe d'écoliers située à l'autre bout du monde ? En soi, aucun ... si cette communication n'était

fondamentalement guidée par un objet pédagogique, soutenu et permis par un outil de qualité, au meilleur rapport qualité/prix.

Ce qui importe sont les contenus, les usages et les nouveaux services apportés par les TIC et, en particulier dans les domaines clés du développement des individus sur leurs lieux de vie : éducation, formation, entreprises, emploi, santé, services publics... ; nouveaux services auxquels, faute d'acheminement de l'émetteur jusqu'au récepteur final (et retour), la grande majorité de la population ne peut accéder. On comprend mieux, peut-être, vue sous cet angle, l'impérieuse nécessité d'utiliser cet élément considéré comme moteur du développement local, dans toutes ses dimensions.

Car ce qui se joue à travers la réussite ou l'échec d'un projet comme celui décrit dans ce document, c'est l'isolement d'une micro-région, ou, *a contrario*, une chance unique de désenclaver les territoires et de garantir leur développement durable jusque dans les zones les plus reculées. Quant à l'aspect social de la chose, il suffit de considérer que les TIC peuvent être aussi bien un formidable outil de développement lorsqu'elles sont présentes, qu'une nouvelle « machine à exclure », par le vide que génère désormais leur absence.

Voilà pourquoi les acteurs publics doivent se saisir de cette problématique qui, bien au-delà des choix d'orientation qu'elle implique et qu'ils devront faire ensemble, est à la fois politique, sociale et d'intérêt général.

Pourquoi une infrastructure haut débit en zone rurale ?

Dans quel but ?

Constituer une sorte d'**Intranet à l'échelle de la micro-région** de manière à favoriser une interaction des acteurs de la vie locale qui soit moins gênée par le poids des distances : relations usagers / services, clients/fournisseurs, administrés/pouvoirs publics, intra et inter associations, entreprises, institutions, particuliers, visio-conférences, développement de projets locaux...

Ouvrir la micro-région sur l'Internet afin de pouvoir puiser ailleurs ce qui manque sur place : des informations pour quiconque en a besoin, des clients pour ceux qui produisent, des produits et services pour ceux qui en consomment, de la culture et une ouverture sur le monde, des relations avec leur contrée d'origine pour ceux qui viennent d'ailleurs...

Pourquoi ne pas se servir des infrastructures existantes ?

Les infrastructures existantes se résument aux lignes téléphoniques dans la plupart des cas, plus quelques rares lignes Numéris. Jusqu'à présent, les lignes de téléphone sont le média par lequel la grande majorité des utilisateurs se connectent entre eux ou à l'Internet. Cependant, le décalage entre les zones urbaines et rurales qui avait commencé à se faire sentir à partir des modems à 33,6 Kbps s'est accru avec ceux à 56 Kbps, en raison de la meilleure qualité des lignes urbaines par rapport à celle des zones rurales, et des difficultés de maintenance du réseau dans une zone rurale peu peuplée.

Le réseau téléphonique commuté (RTC) plafonnera selon toute vraisemblance là où il en est, c'est à dire à 56 Kbps théoriques (ou plutôt 45 Kbps au maximum dans la réalité), sans réelle possibilité technique d'aller au delà. Les besoins en débit ne s'en tiendront cependant pas là et devront donc se déplacer vers d'autres technologies plus appropriées.

Pourquoi pas les lignes Numéris ?

L'abonnement Numéris est vraisemblablement la seule possibilité d'accroissement des débits pour les zones rurales. Il est effectivement possible en théorie de le faire installer n'importe où, pour un coût relativement réduit. Il existe des abonnements Numéris adaptés aux petits utilisateurs et les lignes sont fiables et régulières, s'affranchissant des problèmes de déconnection intempestive. Numéris ne permet qu'un débit à 64Kbps, très modeste au regard des besoins des utilisateurs.

Cependant, Numéris ne permettra d'aller que jusqu'à 128 Kbps au maximum, ce qui est insuffisant pour envisager un avenir radieux. Dans le meilleurs des cas, Numéris ne sera qu'une solution intermédiaire de courte durée (du moins peut-on l'espérer). Par ailleurs, il n'est pas certain que France Télécom soit très enclin à installer des lignes Numéris chez n'importe quel particulier perdu au fin fond de sa campagne, surtout depuis l'ouverture du marché.

Pourquoi « sans fils » ?

Les technologies radio peuvent être considérées comme un moyen de compléter les offres des opérateurs téléphoniques pour l'accès à l'abonné sans avoir à supporter le poids des investissements des réseaux filaires. L'utilisation d'infrastructures hertziennes permet en effet de déployer un réseau à moindre coût et plus rapidement que dans le cas d'infrastructures filaires. En outre, les solutions radio permettent une planification du réseau de distribution plus simple puisqu'il n'est en général pas nécessaire de connaître a priori la position exacte des futurs abonnés. L'exploitant peut, par ajout ultérieur d'antennes relais, augmenter la capacité du réseau et sa couverture en fonction de la demande, ce qui assure une meilleure progressivité des investissements en fonction du nombre d'abonnés par rapport à une solution filaire.

La technologie radio (wifi en l'occurrence) contribue d'autre part à la diminution du coût des prestations de service universel dans certaines zones géographiques. Les coûts de déploiement et de maintenance des réseaux s'appuyant sur des technologies radioélectriques sont sensiblement moins élevés que ceux des réseaux filaires, notamment dans les zones géographiques à faible densité de population.

Comment se présente physiquement un réseau sans fil ?

Vu de l'extérieur, il consiste en antennes disposées sur des toits de bâtiments ou accrochées dans l'angle d'une fenêtre, éventuellement au sommet d'un pylône si nécessaire. Les antennes sont généralement de 3 types selon l'usage requis :

- **omni-directionnelle** : pour centraliser des émissions-réceptions tout autour. Elle se présente sous forme d'un petit tube métallique revêtu de PVC, de 30 cm à 1m de haut et de quelques centimètres de diamètre ;



Une antenne omnidirectionnelle

- **directionnelle** : pour optimiser l'émission-réception en direction d'un point précis. Elle se présente sous forme d'une parabole de type TV satellite, d'un treillis de 50 cm à 1m de diamètre, ou d'un « canon » (tube ouvert à une extrémité) ;



Une antenne wifi directionnelle, grillagée et parabolique



Un bi-quad : antenne directionnelle artisanale, mais redoutablement efficace.

- **bi-directionnelle** (ou « yagi ») : pour effectuer des transmissions point à point dans 2 directions opposées. Elle se présente sous forme d'un rateau horizontal éventuellement entouré d'un tube en PVC de 30 cm à 1m de long et de 5 à 15 cm de diamètre. Dans certains cas, les branches du rateau sont des cerceaux au lieu d'être de simples tiges.

L'antenne est raccordée à un câble coaxial de quelques mètres de long qui aboutit à un boîtier de faibles dimensions (Point d'Accès ou « Acces Point » en anglais) ou à une carte insérée dans un ordinateur. Lorsque l'antenne est au sommet d'un pylône, le boîtier est installé dans un caisson étanche accroché au pylône. Quand plusieurs voisins se partagent un même dispositif de transmission radio, ils peuvent éventuellement être reliés au boîtier par un câble réseau. Tous ces appareils doivent être reliés à une alimentation électrique pour fonctionner.

Des pylônes sont-ils nécessaires ?

Les pylônes servent généralement à couvrir de plus grandes surfaces ou distances en limitant le nombre de relais, par contre ils coûtent eux-mêmes relativement cher, outre les autres problèmes qu'ils occasionnent (esthétique, autorisation). Compte-tenu du coût assez modeste des appareils de transmission radio à étalement de spectre² et de la possibilité de raccorder un réseau local filaire à chaque point d'accès, il apparaît préférable d'opter pour l'implantation de petites antennes sur des bâtiments à desservir, quitte à densifier les points d'accès pour tenir compte de la moindre couverture de chaque point. Cela permet en outre de bénéficier de toute la souplesse de la technologie en allégeant les procédures d'installation des points d'accès.

Qu'est ce qui est le plus souvent utilisé dans des contextes similaires ?

En 1985, le gouvernement US a déclassifié une des technologies militaires pour la mettre à la disposition du public, et a accordé 3 plages de fréquences partagées pour les usages de l'Industrie, la **Science** et la **Médecine**. Ces 3 plages de fréquences sont connues sous le nom d'**ISM Bands** (902-928 MHz ; 2,4-2,4835 GHz ; 5,725-5,850 GHz), la technologie assortie s'appelle Spread Spectrum Radio. Les qualités intrinsèques de la technologie et les ouvertures réglementaires ont permis le développement d'une industrie d'appareillage spécifique, faisant que l'on trouve à des prix abordables aujourd'hui toute une gamme d'équipements adaptés aux besoins de chacun. A la suite du gouvernement US, d'autres pays ont admis et supporté tout ou partie de ces fréquences. En Europe, l'utilisation de la fréquence 902-928 MHz n'est pas admise à cause du recouvrement partiel avec celle des GSM (890-915 MHz), par contre la fréquence **2,4-2,4835 GHz** fait l'objet d'une norme de l'ETSI³ qui dispense de licence sous certaines conditions. C'est précisément cette technologie qui paraît la mieux adaptée au contexte rural européen :

² Appelé aussi « Spread Spectrum »

³ **ETS 300-328** : le texte de la norme n'est pas directement disponible sur l'Internet, mais on peut le commander sur le site de l'ETSI (<http://www.etsi.fr/>).

- Famille technologique : Spread Spectrum Radio
- Plage de fréquence : 2,4 - 2,4835 GHz
- Méthode d'étalement du spectre : FHSS ou DSSS
- Possibilité de superposer plusieurs canaux distincts dans la même plage de fréquence (CDMA)
- Bande passante : 2 Mbps avec IEEE 802.11; 11 Mbps avec IEEE 802.11b (WiFi); 54 Mbps avec IEEE 802.11a
- Portée : jusqu'à 50 km environ moyennant une ligne de vue dégagée (selon puissance et antennes).

Quel est le principe du Spread Spectrum ?

Au départ, il s'agit d'une technique d'encodage pour permettre la transmission de données numériques confidentielles. Le but est de transformer un signal d'information de manière à ce qu'il apparaisse comme un bruit informe. Le bruit a un spectre plat, sans relief cohérent, dans lequel le signal est noyé pendant la transmission. La technique d'étalement de spectre consiste à disperser le signal dans un spectre élargi, faisant que le signal a une densité d'énergie inférieure tout en conservant la même énergie globale. Cette moindre densité d'énergie diminue l'incidence des interférences éventuelles. A l'arrivée, des filtres appropriés permettent de rassembler le signal et d'éliminer ceux qui résultent d'échos ou d'interférences. Dans la pratique, deux manières d'étaler le spectre ont cours :

- la méthode à saut de fréquence (FHSS), qui était la première, et qui consiste à sauter rapidement d'une fréquence à une autre de manière pseudo-aléatoire
- la méthode à séquence directe (DSSS), qui superpose des valeurs binaires pseudo-aléatoires (PN code) à celles du signal pour produire un code incohérent

Le processus de rassemblement qui s'opère au récepteur est symétrique du processus d'étalement de l'émetteur, si bien que les signaux excédentaires (interférences, échos) sont à leur tour étalés sous forme de bruit informe en même temps que le signal voulu est rassemblé. Cela permet de partager la même

fréquence dans un périmètre donné en utilisant différents codes d'étalement (CDMA).

Avantages/inconvénients du Spread Spectrum à 2,4 GHz

Avantages:

- **très compétitif** en terme de coût/bande passante dès que l'on dépasse quelques centaines de mètres, ce qui en fait la technologie de prédilection des zones rurales ;
- **robuste et fiable**, supporte notamment bien les interférences et les environnements bruités ;
- technologie **mature** disposant d'une infrastructure industrielle et commerciale établie, qui permet de s'approvisionner aisément en disposant d'un choix suffisant ;
- largement **expérimenté et documenté**, ce qui permet de choisir les options en connaissance de cause ;
- **léger sur le plan physique**, constitué de petits appareils et antennes faciles à monter, démonter, transporter, interchanger, adapter, etc...
- **souple sur le plan économique**, parce que le coût est réparti de manière équilibrée entre les différents appareils, sans aucun gros équipement, ce qui permet d'ajuster les investissements au plus près des besoins ;
- la communauté des radio amateurs a mis au point des **freewares appropriés** qui ont toutes les qualités requises (KA9Q, JNOS, Linux for Ham).

Inconvénients:

- ces fréquences traversent mal les obstacles massifs, ce qui nécessite de disposer d'une **ligne de vue dégagée** (y compris des rideaux d'arbres) pour franchir plus de quelques centaines de mètres ;
- comme cela a été le cas avec l'Internet jusqu'à il y a peu de temps, les technocrates européens ont tendance à négliger cette technologie venue d'outre-Atlantique et à préférer les leurs ;

- il existe moins de documentation en français qu'en anglais, et peu de fabricants dans des pays de la CEE. Cependant, des groupes régionaux d'utilisateurs se constituent en permanence⁴.

Limitation spécifique à l'Europe

La norme européenne de l'ETSI (*ETS 300-328*) est sensiblement moins libérale que son homologue américain (*FCC part 15*). Elle limite la puissance effective⁵ d'émission à 100 mW (au lieu de 1 W aux USA), ce qui ne permet guère d'établir des liaisons qu'à assez faible portée en vue dégagée. La dérégulation des télécommunications en Europe amène à revoir cette limitation qui s'inscrit dans une perspective monopolistique qui n'est plus sensée avoir cours.

Limitation spécifique à la France

En France, le Ministère de la Défense utilise et se réserve une partie de la plage de fréquence 2,4-2,4835 GHz, faisant que:

- la **plage disponible est réduite à l'espace 2,4465-2,4835 GHz**. Cela limite le nombre de canaux et donc les possibilités d'utilisation de ceux-ci, mais ce n'est cependant pas rédhibitoire pour l'usage envisagé.
- **depuis le 7 novembre 2002**, l'ART centralise les demandes d'autorisation d'émission dans cette plage de fréquences, et délivre (en fonction de l'avis donné par le ministère de la défense) des autorisations, gratuitement, sur la base de l'article L.33-1 du code des postes et télécommunications pour une durée maximale de dix-huit mois, dans la perspective du nouveau cadre européen dont la transposition est prévue dans le droit français au plus tard en juillet 2004. Les réseaux ainsi créés utilisent une puissance de 100 mW sur toute la bande, à l'intérieur comme à l'extérieur des bâtiments. De plus, il est

⁴ <http://www.wireless-fr.org/>, <http://toulouse.wireless-fr.org/>

⁵ **puissance effective:** ne pas confondre la puissance effective au niveau de l'antenne et celle que l'on mesure à la sortie du boîtier auquel elle est reliée. Des appareils qui émettent 100 mW au niveau de la prise peuvent émettre avec une puissance effective sensiblement plus élevée au niveau de l'antenne en fonction du "gain" de celle-ci, sans compter d'éventuels amplificateurs qui peuvent être interposés entre les deux.

possible d'établir, dans la bande 2,4 GHz et à condition de respecter cette limite de puissance, des liens fixes point à point pour les besoins de ces réseaux ou de demander l'attribution de fréquences dans d'autres bandes *ad hoc*.

- Les dossiers de demande peuvent être présentés auprès de l'ART par des personnes physiques ou des personnes morales de droit privé ou de droit public, lorsque les dispositions législatives et réglementaires leur permettent d'exercer une telle activité.

Quels sont les éléments qui affectent la portée maximum d'une liaison ?

1. la puissance de sortie de l'appareil émetteur
2. la perte dans le câble et les connecteurs entre le boîtier et l'antenne
3. l'amplification du signal émis
4. le "gain" de l'antenne émettrice
5. le fait de disposer ou non d'une ligne de vue directe dégagée de tout obstacle, même végétal (feuillage des arbres), et sans objets trop réfléchissants aux alentours
6. le "gain" de l'antenne réceptrice
7. la pré-amplification du signal reçu
8. la sensibilité et l'intelligence de l'appareil récepteur

Est-ce que les conditions climatiques peuvent affecter les liaisons ?

La pluie, la neige, et même le brouillard peuvent affecter les liaisons à fréquence très élevées en générant des pertes importantes. Toutefois, cela ne concerne que les fréquences supérieures à 10 GHz en ce qui concerne la pluie et aux alentours de 30 GHz pour la neige ou le brouillard. La bande de fréquence wifi (802.11b : 2,4465-2,4835 GHz) n'est pas sujette à ce genre de perturbations.

Est-ce que les ondes traversent les végétaux ?

Plus la fréquence est élevée, moins les ondes sont capables de traverser quoi que ce soit. En ce qui concerne la fréquence de 2,4 GHz, les ondes subissent un affaiblissement de l'ordre de 0,24 dBm par mètre de feuillage moyen, ce qui signifie

en pratique qu'elles peuvent traverser un bosquet de quelques dizaines de mètres sans trop de perte, mais guère plus.

Est-il possible d'établir des liaisons sans vue directe ?

Bien que les fréquences de 2,4 GHz ne traversent pas la terre ni les bâtiments, elles sont susceptibles de les contourner grâce aux phénomènes de diffraction. Dans le cas de la diffraction (saut d'une colline ou d'un toit par exemple), l'affaiblissement qui en résulte est tel que la portée s'en trouve énormément réduite.

Peut-on calculer la portée d'une liaison avec un degré de certitude raisonnable ?

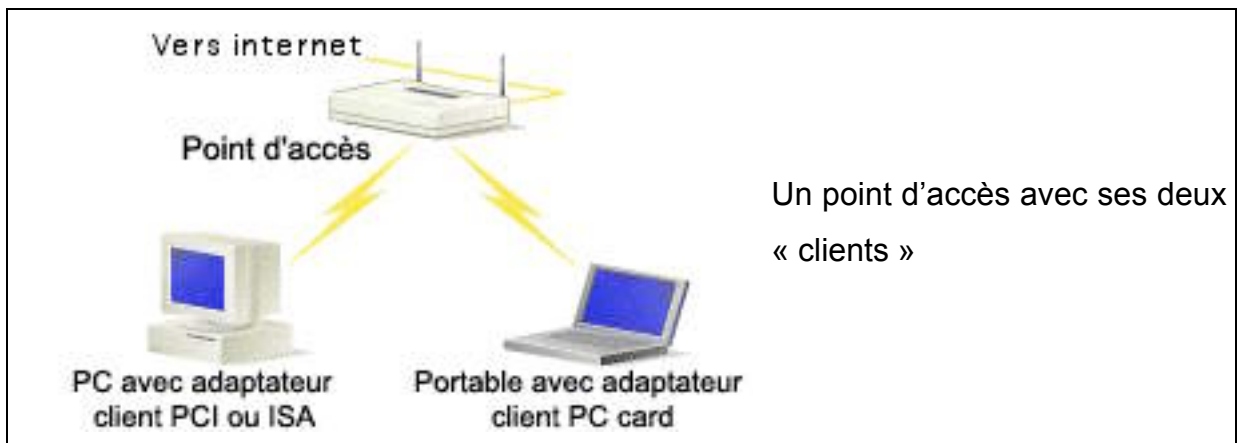
Les lois de propagation des signaux radio sont assez bien connues et font l'objet de formules mathématiques éprouvées, et même de logiciels. Mais le calcul rigoureux nécessite de tenir compte de tous les paramètres de l'environnement, c'est à dire des objets susceptibles de réfléchir ou d'absorber des ondes qui sont aux alentours de la liaison que l'on souhaite établir. Dans la pratique, les paramètres de réfraction, diffraction et réflexion sont en général simplifiés, conduisant à une part d'aléatoire dans les prédictions. Seuls des tests de terrain permettent de mesurer réellement les pertes et la portée d'une liaison.

Le réseau sans-fils

Quelle topologie de réseau ?

La topologie de réseau sans fil la plus commune s'apparente à une structure en étoile se reproduisant à différents niveaux (au bout de chaque branche si nécessaire).

- chaque étoile est constituée d'un **point d'accès** (avec antenne omnidirectionnelle) auquel se connectent tous les **clients** (utilisateurs) situés dans son périmètre de portée ; si besoin est, des transmetteurs clients peuvent eux-même servir de point d'accès pour d'autres postes dans leur propre périmètre, tenant ainsi lieu de relais intermédiaire; les transmetteurs clients sont ce sur quoi sont raccordés les usagers (réseaux locaux câblés ou postes isolés) ;



- chaque point d'accès peut être relié à d'autres par une liaison sans fil pour constituer une **dorsale virtuelle** et acheminer l'information d'une étoile vers une autre ou vers l'extérieur (Internet).

Du point de vue de l'aspect, les "points d'accès" et "relais de backbone" se présentent à peu près de la même manière, sous forme d'un petit boîtier ou d'une carte associé(e) à une antenne. Ce qui diffère, c'est d'une part leur mode de fonctionnement, d'autre part l'antenne dont le type est fonction de l'usage (point-point / point-multipoints) et de la portée requise.

Comment fonctionnent les points d'accès ?

Chaque point d'accès se comporte comme un hub au centre d'un réseau en étoile : les câbles sont remplacés par des faisceaux d'ondes. Le point d'accès est celui qui contrôle la transaction. Du point de vue architecture de réseau, ils peuvent tenir lieu :

- soit de simple **répéteur**, renvoyant les paquets d'informations reçus vers tous ses ports ;
- soit de **pont intelligent** (filtrage, Spanning Tree Protocol), ne renvoyant les paquets d'informations reçus que sur le bon port en fonction de sa destination

Les ports sont en l'occurrence l'antenne d'un côté et une prise réseau câblé de l'autre. Sur la prise réseau peuvent être raccordé un réseau local câblé ou un routeur sans fil agissant sur un autre canal, de manière à constituer une dorsale par exemple.



Comment fonctionnent les clients ?

Chaque client dispose d'au moins un transmetteur radio qui communique avec le point d'accès le plus proche pour acheminer l'information d'un client à un autre ou à l'Internet. Du point de vue architecture de réseau, ce transmetteur client peut tenir lieu :

- soit de **relais terminal** (ordinateur d'un usager du service) ;
- soit de **point d'accès intermédiaire** s'il sert à son tour de relais sans fil à d'autres terminaux alentours (ramifications en étoiles) ;
- soit de **relais entre différents points d'accès** situés dans son périmètre de portée (dorsale).

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

Les clients peuvent avoir fonction soit de pont, soit de répéteur, soit de routeur sans fil, ce dernier n'étant autre qu'un ordinateur minimaliste muni d'une ou plusieurs cartes de transmission sans fil auxquelles sont raccordées une ou plusieurs antennes qui peuvent pointer dans divers directions. L'installation de points d'accès supplémentaires peut alors s'avérer nécessaire.



Une carte à insérer dans un ordinateur portable. Les cartes pour PC de bureau ne diffèrent guère (connectique et aspect extérieur).

En quoi consiste la gestion de l'infrastructure ?

- planification des installations ;
- installation des appareils et tronçons de réseaux locaux ;
- configuration des appareils, administration du réseau ;
- « commercialisation » ;
- support technique des usagers ;
- comptabilité, démarches administratives, etc

Souplesse inhérente à la technologie

La technologie associée à la norme 802.11b offre la possibilité d'ajuster les installations au plus près des besoins, au jour le jour si nécessaire. La phase la plus lourde est sans doute l'acquisition - livraison des appareils. Le modèle de gestion doit s'efforcer d'utiliser au mieux cette souplesse inhérente à la technologie.

Qualité du (des) service(s)

Il est légitime pour les utilisateurs du réseau présenté ici d'exiger une qualité de service de qualité équivalente à celle qu'offrent (généralement) les opérateurs nationaux. Cette qualité de service se traduit par une disponibilité maximum (de l'ordre de 99 % du temps) du réseau et des services afférents. Cela ne peut se concevoir sans une maintenance professionnelle du dispositif qu'il conviendra de

budgetiser le moment venu. Ce coût ne doit pas être sous estimé, ni être un élément freinant le projet. La garantie de service proposée est au contraire un gage de sérieux et un argument de promotion.

Le groupement chargé de déployer et maintenir les installations se positionnerait ainsi plus en fournisseur de services, garant d'une qualité, qu'en simple substitut aux opérateurs télécom. Cette approche permet d'envisager la fourniture de prestations et de services complémentaires, de manière à étoffer l'offre de services (gestion de bibliothèque, **S**ystème d'**I**nformation **G**éographique⁶, armoire électronique, services interpersonnels, services aux entreprises sur le réseau local hertzien

Le surcoût marginal induit par ces services supplémentaires reste faible.

Service privé ou service au public ?

Les lois du marché sont inopérantes dans le cas présent, au moins tant que l'usage de la technologie n'est pas banalisé dans de nombreuses régions. Il semble plus pertinent de privilégier la fonction d'instrument de développement local plutôt qu'un fonctionnement entrepreneurial, qui ne pourrait, au mieux, que survivre chichement, compte-tenu du faible niveau d'équipements à envisager.

Structure d'encadrement ?

Ce point du projet méritera d'être particulièrement travaillé avec **tous** les acteurs potentiels sur le territoire, car les collectivités locales seules ne sont pas forcément représentatives pour cet objet spécifique :

- les usagers du service ne représenteront qu'une partie de leurs administrés ;
- le champ de l'opération ne couvre qu'une partie de leurs compétences ;
- la réglementation actuelle ne leur permet pas de prendre en charge les fonctions d'opérateur télécom. Cette réglementation est vouée à évoluer très rapidement, et à leur fournir cette opportunité.

⁶ Voir le site du département géographie de l'université Laval (Québec) : <http://www.ggr.ulaval.ca/Cours/IFT/lecon11/SIG.HTM>

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

Par contre, une association (type loi de 1901) regroupant des collectivités, des entreprises, des citoyens... peut tout à fait proposer à ses adhérents de partager un accès satellitaire bidirectionnel, en mettant en place l'infrastructure nécessaire. Ce service n'est pas assujéti à la TVA. De plus, l'aspect inovant peut certainement attirer des financements publics : l'intervention et la supervision d'un agent de développement local sera indispensable. Enfin, la constitution d'une association, au fonctionnement démocratique permettra de valoriser les acteurs les plus motivés sur le territoire.

Description de l'interface satellite – réseau wifi

Point d'accès

Le point d'accès est l'endroit où les connections individuelles des usagers locaux se regroupent pour accéder à l'internet via la liaison satellite. Il est situé de préférence en un lieu central assez élevé, de manière à ce que son antenne soit visible des toits du plus grand nombre de maisons possible. Il regroupe l'appareillage de liaison satellite, la borne Wifi, et un serveur d'authentification et de maintenance.

Emetteur/récepteur satellite

L'émetteur/récepteur satellite est ce par quoi le débit arrive au milieu du groupe de maisons à desservir. Il est composé d'une antenne parabolique de 1 m de diamètre environ munie d'une tête LNB, d'un modem DVB et d'un appareillage simple assurant l'interface avec le réseau local (routeur, hub, firewall, etc...).

On trouve peu d'offres d'accès bi-directionnel par satellite à l'internet couvrant la France⁷ :



Aramiska (<http://www.aramiska.com/>)



i-sat (<http://www.i-sat.fr/>)



sat2way (<http://www.sat2way.com/>)

Il convient de différencier les accès satellitaires bi-directionnels des liaisons uni-directionnelles internet -> usager, qui requièrent, en sus, une connection par modem RTC ou RNIS dans le sens usager -> internet, avec les coûts de

⁷ <http://www.telesatellite.com/InternetParSatellite/>

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

communications téléphoniques et l'immobilisation de la ligne que cela implique. Ces solutions hybrides téléphone + satellite ne répondent pas au critère de ligne ouverte en permanence, indépendante du téléphone, qui est une caractéristique fondamentale des accès à haut débit. Elles ont correspondu à un stade transitoire de la technologie et du marché et vont vraisemblablement disparaître peu à peu au profit des liaisons bi-directionnelles.

Les offres d'accès par satellite incluent les fonctionnalités usuelles des FAI⁸ (serveur mail, hébergement web). Ces fonctionnalités peuvent toutefois être obtenues de divers autres manières, notamment grâce au serveur du point d'accès.

Serveur local

Le serveur local qui s'interpose entre l'équipement d'émission/réception satellite et le point d'accès (la borne Wifi) sert à :

- authentifier les usagers qui se connectent sur la borne Wifi,
- authentifier les usagers qui utilisent la liaison satellite,
- gérer les connections,
- protéger le réseau local (firewall),
- optimiser l'utilisation du débit (partage, cache),
- permettre le contrôle et la maintenance à distance du point d'accès,
- fournir des services communs aux usagers locaux pour partager des fichiers et des informations (serveur web, FTP, SMB, etc...)



Il s'agit d'une unité centrale d'ordinateur tout à fait commune munie d'une carte

⁸ Fournisseurs d'Accès à Internet

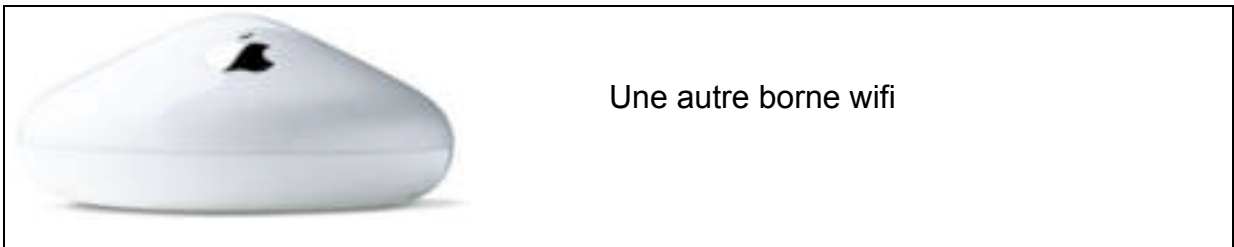
Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

Ethernet 10/100 et tournant sous Linux ou *BSD, avec quelques logiciels libres classiques et éprouvés (sshd, radius, apache, ftpd, samba, etc...). En fonctionnement normal, le serveur est administrable à distance à travers la borne Wifi.

Point d'accès (ou borne Wifi)

La borne Wifi est ce qui redistribue le débit localement aux usagers situés dans son périmètre. C'est un petit appareil émetteur/récepteur contenant une carte munie de composants électroniques, avec une ou plusieurs prises Ethernet et une ou deux petites antennes d'origine.

L'antenne intégrée peut être remplacée par un antenne externe plus puissante reliée par un câble d'antenne, avec un parafoudre pour protéger l'appareil. L'antenne de la borne Wifi est typiquement de type omni-directionnelle de manière à émettre/recevoir tout autour. Ce type d'antenne est assez discret et consiste en un tube vertical de quelques cm de diamètre et de quelques décimètres de haut. Le couple émetteur + antenne ne doit pas émettre plus de 100 mW (norme ETS 300-328-2), ce qui correspond par exemple à une antenne de 6 dBi reliée à un appareil de 30 mW par un câble le plus court possible.



Une borne Wifi émettant à 100 mW (avec antenne omnidirectionnelle) permet de couvrir un rayon de 1 km environ avec un débit de 11 Mbps, pour autant qu'il n'y ait aucun obstacle affectant le signal. Des portées un peu plus importantes peuvent être atteintes dans des circonstances favorables moyennant un débit moindre (jusqu'à 4 km à 1 Mbps). Les situations optimales sont cependant rares et il faut s'attendre à des portées nettement inférieures dans la réalité: entre 0,5 km à 11 Mbps et 2 km à 1 Mbps⁹.

Il vaut mieux en général placer l'appareil aussi près que possible de l'antenne, pour réduire la perte au minimum et économiser le câble d'antenne. La meilleure

⁹ Pour info : ADSL = 0,512 Mbps

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

solution est de l'installer dans un boîtier étanche sur le toit, juste au pied de l'antenne, en le raccordant au récepteur satellite par un câble Ethernet blindé, dont la longueur importe moins.

On trouve dans le commerce de nombreux appareils qui sont interopérables selon le standard IEEE 802.11b et qui disposent de fonctionnalités similaires.

Variante

Il existe des packages logiciels spécifiquement conçus pour transformer un PC équipé d'une carte Wifi en point d'accès prêt à l'emploi, avec les fonctionnalités de routage, authentification, logs, firewall, partage du débit, cache... Cela permet de combiner le serveur et l'émetteur/récepteur Wifi en d'utilisant une simple carte PCI au lieu d'un appareil type AP¹⁰.

Les périphériques clients Wifi peuvent être assez divers:

- boîtier USB raccordé à un ordinateur de bureau ou portable,
- carte PCI insérée dans un ordinateur de bureau,
- carte PCMCIA insérée dans un ordinateur portable,
- carte CF insérée dans un PDA.

On trouve dans le commerce une gamme très vaste d'appareils interopérables selon le standard IEEE 802.11b.

Certains appareils disposent d'une prise permettant de raccorder une antenne externe, d'autres pas. L'antenne externe à raccorder est de préférence de type directionnelle (Yagi ou « boîte de conserve »), pointée vers l'antenne omnidirectionnelle du Point d'Accès. Comme pour la borne Wifi, le couple émetteur + antenne ne doit pas excéder 100 mW. L'utilité d'adjoindre une antenne externe dépend de la localisation du client par rapport à l'antenne de la borne Wifi. Cela n'est nécessaire que pour les clients éloignés ou dont la liaison est gênée par des obstacles.

¹⁰ <http://www.sputnik.com/> , <http://www.mikrotik.com/2index.html>

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

Utilisation

La liaison obtenue s'apparente à une connection haut débit permanente (comme le câble ou l'ADSL), indépendante du téléphone, dont on peut se servir à volonté à tout instant sans que cela se traduise par des coûts de communications ni par une immobilisation du téléphone. Une fois installé et configuré, le périphérique Wifi est transparent pour l'utilisateur. Il établit spontanément la liaison dès qu'une requête est adressée vers l'internet. Il suffit d'ouvrir son logiciel de mail, web, FTP, etc... et de s'en servir sans se soucier de la connection.

Etude budgétaire

[Données provisoires et partielles]

Ces estimations ont été faites en février 2003, à partir d'informations relevées sur différents sites consacrés au wifi et aux liaisons satellitaires bidirectionnelles.

Point d'accès

Emetteur/récepteur satellite

	Sat2way	Aramiska	i-sat
Installation, mise en service	450 €TTC	897 €TTC	500 €TTC env
Leasing/location du matériel (3 ans)	129 €TTC/mois	179 €TTC/mois	144 €TTC/mois
128K (153K*) émission / 512K réception	118 €TTC/mois	178 €TTC/mois	185 €TTC/mois
256K émission / 1024K réception	-	298 €TTC/mois	401 €TTC/mois
512K émission / 2048K réception	-	657 €TTC/mois	801 €TTC/mois

(*) sat2way offre un débit ascendant de 153K au lieu de 128K.

Dans le cas d'i-sat, l'installation est à faire faire par un installateur TV local de son choix, dont l'intervention est estimée à 500 €TTC environ. Alternativement, il est possible d'acheter le matériel et de payer moins cher chaque mois, mais cela risque de poser de problèmes de maintenance en cas de pannes hors garantie du matériel et/ou des difficultés de configuration.

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

Serveur local

Le budget à prévoir pour le matériel est de l'ordre de 400 à 800 €TTC, auquel il convient d'ajouter le temps nécessaire pour le configurer (1 journée d'informaticien environ).

	Mini	Maxi
Onduleur	120 €TTC env	300 €TTC env
UC d'ordinateur avec carte réseau	300 €TTC env	500 €TTC env
Configuration, mise en service	bénévole	400 €TTC env
Total	420 €TTC env	1200 €TTC env

Borne Wifi

L'ordre de grandeur de prix pour l'ensemble boîtier/antenne avec câble et parafoudre va de 400 à 1100 €TTC, les plus chers ne présentant pas forcément d'avantages en regard des besoins spécifiques.

	Mini	Maxi
Point d'accès Wifi	170 €TTC env	450 €TTC env
Antenne	100 €TTC env	250 €TTC env
Parafoudre	70 €TTC env	130 €TTC env
Câble et connecteurs	30 €TTC env	90 €TTC env
Installation, mise en service	bénévole	200 €TTC env
Total	370 €TTC env	1120 €TTC env

Récapitulatif

Investissement initial :

	Mini	Maxi
Investissement initial	1240 €TTC env	3070 €TTC env
Durée d'amortissement	/ 3 ans	/ 2 ans
Coût mensuel brut	= 34 €TTC/mois	= 128 €TTC/mois
Frais financiers	+ 6 €TTC/mois	+ 14 €TTC/mois
Sous-total	= 40 €TTC/mois	= 142 €TTC/mois

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

Coût total mensualisé (sur trois ans) :

	Mini	Maxi
128K émission / 512K réception	287 €TTC/mois	471 €TTC/mois
256K émission / 1024K réception	477 €TTC/mois	687 €TTC/mois
512K émission / 2048K réception	836 €TTC/mois	1087 €TTC/mois

En prenant comme référence les tarifs des offres ADSL pour des connections de type 128K/512K (Extense, etc...), soit 45 €TTC/mois adaptateur compris, et en considérant d'autre part que l'amortissement de l'adaptateur client, qui n'est pas compris ici, représente de l'ordre de 15 €/mois, on peut supposer que chaque usager pourrait contribuer à hauteur de 30 €/mois, ce qui lui reviendrait au même prix qu'une connection ADSL.

On peut estimer ainsi des seuils en nombre minimum d'usagers pour couvrir le prix de revient du point d'accès :

	Mini	Maxi
128K (153K) émission / 512K réception	>= 10 usagers	>= 16 usagers
256K émission / 1024K réception	>= 16 usagers	>= 23 usagers
512K émission / 2048K réception	>= 28 usagers	>= 36 usagers

Installations clientes

Le coût des installations clientes varie beaucoup en fonction du type d'adaptateur (PCMCIA, PCI, USB) et de la nécessité ou non d'adjoindre une antenne externe. L'ordre de grandeur de prix de revient pour un adaptateur, avec antenne et câble si besoin, va de 80 à 900 €TTC.

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

	Mini	Maxi
Adaptateur Wifi	80 €TTC env	220 €TTC env
Antenne	Sans	250 €TTC env
Parafoudre	Sans	130 €TTC env
Câble et connecteurs	Sans	90 €TTC env
Installation, mise en service	Par l'utilisateur	200 €TTC env
Total	80 €TTC env	890 €TTC env
Durée d'amortissement	/ 3 ans	/ 2 ans
Coût mensuel brut	=	=
	€TTC/mois	€TTC/mois

Observations

L'investissement de départ pourrait être couvert par des pré-paiements des premiers abonnés à raison de 150 à 200 €, compensables par un rabais sur les redevances mensuelles à venir.

Le classement des coûts par ordre d'importance donne:

1. loyer de la liaison satellite (23 à 75%)
2. adaptateurs clients Wifi (7 à 60%)
3. équipement de la liaison satellite (5 à 32%)
4. borne Wifi + serveur (3 à 10%)

On voit clairement que l'ensemble borne Wifi + serveur ne représente qu'une part minime du coût total par rapport à l'ensemble [équipement+service] satellite. Sachant par ailleurs qu'il existe une multitude de choix possibles et que ceux-ci sont interopérables, c'est le point qu'il vaut mieux aborder en dernier.

Concernant la liaison bi-directionnelle par satellite, les prix vont vraisemblablement baisser dans un proche avenir avec l'entrée en scène de nouveaux opérateurs et équipementiers. C'est du côté des appareils que la baisse sera dans doute plus sensible à court terme. Le loyer proprement dit de la connexion (achat de débit) va probablement décroître de manière plus graduelle, ce

qui ne doit pas constituer une raison pour reporter indéfiniment l'engagement.

Concernant l'équipement des clients, une part importante des coûts réside dans l'antenne et le câble et c'est là-dessus plutôt que sur l'adaptateur lui-même qu'il convient de centrer les recherches d'économies. La capacité à trouver ou à fabriquer artisanalement des antennes directionnelles économiques et faciles à installer est un facteur clef.

La partie de l'appareillage de la liaison satellite qui remplit les fonctions de routeur, proxy, firewall est redondante avec le serveur et l'AP de la borne Wifi. Une économie de l'ordre de 300 à 500 € pourrait vraisemblablement être dégagée en remplaçant les trois appareils par un seul (UC d'ordinateur avec carte Wifi et raccordement direct au modem DVB¹¹, voir § « variante » ci-dessus), ce qui simplifierait en outre l'installation, réduisant d'autant les risques de panne. Cependant il conviendrait de trouver les personnes compétentes pour l'installation et la maintenance, à un prix raisonnable...

Gestion du service

Forme juridique

La possibilité de faire gérer le service par une entreprise qui aurait rôle d'opérateur est compromise du fait des sommes dérisoires qui sont en cause, sauf à spéculer sur un avenir lointain où le haut débit intéressera un grand nombre de foyers, ce qu'aucun opérateur sensé n'est prêt à faire.

Les collectivités locales ne peuvent pas non plus être opérateurs¹². Elles peuvent toutefois intervenir en tant que fournisseur d'infrastructures passives et/ou par l'intermédiaire de SEM ou d'associations para-publiques.

Les premiers intéressés étant les usagers eux-mêmes, la formule la plus logique serait qu'ils se rassemblent au sein d'une association, d'un GIE ou d'une société, pour autogérer le service, avec le soutien éventuel de leurs collectivités locales.

¹¹ « modem » satellite

¹² La rédaction actuelle de l'article L1511-6 du code général des collectivités territoriales ne permet pas à une communauté de communes d'exercer les activités d'opérateur.

Mise en route

Le montage du projet et sa mise en oeuvre représentent quelques démarches:

1. mobilisation des usagers potentiels, appropriation du projet,
2. précision du projet, constitution d'une personne morale (association, GIE, société),
3. demande de licence auprès de l'ART¹³ pour utiliser des appareils Wifi en extérieur; gratuit, pas très compliqué une fois que le projet est bien défini; délai 1 à 3 mois ?
4. commande, installation et test de la liaison satellite; délai 1 mois ?
5. commande, installation et test du serveur; délai 15 j à 1 mois,
6. commande, installation et test du point d'accès Wifi (appareil, antenne, câble, etc...); délai 15 j à 1 mois,
7. tests avec les premiers adaptateurs clients Wifi,
8. inauguration.

Au total, le service peut être opérationnel dans un délai de 3 à 6 mois dès lors qu'il existe un noyau suffisant d'usagers décidés.

Il convient d'observer que les méthodes classique de planification des projets d'infrastructures ne sont pas les mieux adaptées dans la mesure où il ne s'agit que d'implanter ponctuellement des appareils qui sont interchangeable, interopérables et déplaçables. Il n'est notamment pas nécessaire de concevoir dès le départ un projet englobant tout ce qui pourrait être envisagé dans un futur hypothétique. Une démarche graduelle consistant à mettre en route un noyau minimal puis à l'étendre ensuite au gré de la demande des usagers et des produits disponibles semble a priori mieux correspondre à la réalité mouvante d'une technologie et d'un marché en évolution rapide, et aussi plus facile à mettre en oeuvre.

Il faut également tenir compte du caractère transitoire de la solution. La question n'est pas de pourvoir de manière définitive aux besoins en haut débit d'un territoire, mais d'y pourvoir pendant quelques années en attendant que d'autres solutions prennent le relai. Il est fort probable que les technologies et le marché

¹³ <http://www.art-telecom.fr/publications/index-lignedir-rlan.htm>

fassent préférer d'autres formules dans quelques années. Il vaut donc mieux raisonner en termes de micro-projets et d'une durée d'amortissement assez courte (3 ans) plutôt qu'en projets lourds à mettre en place et difficiles à recycler.

Enfin, les pouvoirs publics et les collectivités locales peuvent avoir d'autres préoccupations que celle de fournir le haut débit à une petite minorité d'utilisateurs technophiles, quand bien même cela participe au développement culturel et économique local. D'autres sujets au moins aussi importants les accaparent à tout instant et il serait injuste de le leur reprocher dans bien des cas. Il vaudrait mieux que les utilisateurs, entreprises et particuliers, en soient conscients et s'organisent en conséquence pour porter le projet plutôt que d'attendre des élus et administrations qu'ils le portent à leur place, ce qui n'empêche nullement les synergies et les partenariats entre acteurs publics et privés.

Maintenance du Point d'Accès

Si le serveur est bien configuré et tant que le matériel ne subit pas d'avaries, le point d'accès ne nécessite pratiquement aucune intervention autre que d'entrer de temps en temps le login et mot de passe d'un nouvel utilisateur et de vérifier que tout se passe bien.

La quasi-totalité des tâches de maintenance réside dans les pannes éventuelles des appareils du point d'accès. Leur fréquence et leur gravité sont difficilement évaluables faute d'expériences suffisantes pour dégager des probabilités.

Gestion des utilisateurs-clients

Partant de l'hypothèse que le service fourni se limite au point d'accès et que chaque client se débrouille de son côté pour acquérir, installer et faire fonctionner son adaptateur (si nécessaire en mobilisant des compétences internes à la structure porteuse : association, GIE, société), la gestion des utilisateurs consiste essentiellement à animer un réseau d'information et d'entraide et à mobiliser de nouveaux utilisateurs.

Administration

Dans l'hypothèse où le service est géré sous forme associative,

l'administration se limite aux tâches minimales d'une petite association: comptabilité simple, 1 AG et 2 CA par an. L'assujettissement à la TVA devrait pouvoir être évité dès lors qu'il s'agit du partage d'une dépense entre les adhérents.

Imperfections de la solution

Licences expérimentales

La faisabilité de la solution repose sur la possibilité d'obtenir des licences gratuites pour déployer en extérieur des réseaux Wifi accessibles au public. Ces licences, qui sont délivrables par l'ART en vertu des nouvelles dispositions réglementaires publiées en novembre 2002¹⁴, sont des licences « expérimentales » valables pour une période de 18 mois. L'incertitude quant à leur reconduction et aux conditions dans lesquelles elles seront reconduites représente un risque qui ne peut être ignoré, d'autant que la durée d'amortissement des équipements excède 18 mois. D'un autre côté, on peut supposer que la future décision de l'ART tiendra compte de ce qui aura été fait avec ces licences expérimentales, et notamment des bilans des expériences.

Equipement des clients

Contrairement à l'ADSL, où un modem standard peut être uniformément distribué à tous les clients, les liaisons Wifi imposent de tenir compte de la topologie pour déterminer au cas par cas si il y a besoin d'une antenne ou pas, où la placer (toit, rebord de fenêtre, balcon, etc...) et quel adaptateur convient le mieux. Si on voulait uniformiser les équipements clients, il faudrait le faire sur le pire des cas, donc avec des équipements coûteux, là où les usagers les mieux situés n'auraient besoin que d'un adaptateur économique sans antenne. La possibilité de recourir à des professionnels qualifiés comme cela se fait pour l'installation du téléphone se heurte également à des difficultés: la rareté des professionnels qualifiés pour cette technologie spécifique, et le coût que cela représenterait. Il faut enfin tenir compte des démarches auprès de l'ART, ainsi que des responsabilités et des infractions potentielles, notamment en termes de puissance émise, que certains usagers pourraient causer en « bidouillant » leur installation.

Pour toutes ces raisons, il apparaît préférable de dissocier la gestion du point

¹⁴ <http://www.art-telecom.fr/communiqués/communiqués/2002/07-11-2002.htm>

d'accès, qui est un élément connu et contrôlable, de celle des équipements clients, qui le sont beaucoup moins. La solution réaliste est de laisser chacun à ses responsabilités en ne fournissant qu'un droit de connection sur le point d'accès, à l'instar des hotspots, et en confiant aux abonnés la tâche de s'équiper d'un adaptateur client et de l'installer à l'aide du manuel du fabricant, d'informations glanées sur l'internet¹⁵, et de l'aide éventuelle d'un ami qui s'y connaît.

Partage du débit

Dans les faits, il s'agit d'un partage de connection, ce qui pourrait faire craindre que le débit obtenu au final par chacun soit diminué du fait du partage. Avec une connection à 256K/1024K et 15 utilisateurs à s'en servir, est-ce que le débit est réellement divisé par 15 ?

En pratique, il n'est jamais divisé par 15, parce que chacun des 15 n'occupe jamais toute la bande passante tout le temps. Il existe toujours des moments, qui sont plus ou moins importants selon les usages, dans lesquels les requêtes des autres usagers trouvent place. Dans des usages tels que le web, où chaque requête déclenche le chargement de multiples petits fichiers et où l'utilisateur s'arrête souvent pour prendre connaissance des documents, un grand nombre d'utilisateurs peuvent cohabiter sans constater le moindre ralentissement. De même pour le mail, les news, l'IRC, etc...

Par contre, les téléchargements de gros fichiers en continu (MP3, DivX, logiciels) tendent à occuper toute la bande passante dont ils peuvent disposer et occasionnent des ralentissements sensibles lorsque plusieurs usagers utilisent simultanément leur accès. Sur ce point particulier, la qualité de liaison est inférieure à celle d'une connection ADSL, qui s'appuie sur un backbone en fibre optique et est par là même en mesure de garantir le débit maximum à un grand nombre d'utilisateurs simultanés. Il est cependant possible d'y remédier partiellement par des moyens logiciels en optimisant la répartition du débit entre les usagers. La suite IP-QoS de Linux notamment comporte des fonctions qui permettent de configurer des politiques de gestion du débit adaptées.

¹⁵ <http://www.wireless-fr.org/>, <http://reseaucitoyen.be/>

Latence

Bien qu'elles aillent à la vitesse de la lumière, les ondes mettent du temps à parcourir les 36 000 km pour atteindre le satellite géostationnaire, puis autant pour redescendre, et ce à l'aller comme au retour. C'est ce qu'on appelle le RTD (Round Trip Delay), qui est de 500 ms env. alors qu'il est de l'ordre de 100 ms pour une connection ADSL. En pratique, ça se traduit par une latence de 0,5 seconde venant s'ajouter aux autres temps de transfert de l'internet, qui sont le lot commun de tous. L'impact de cette latence peut cependant être compensé partiellement par la proximité du point de connection à l'internet de l'opérateur satellite avec une plateforme d'interconnexion. Cela devrait en outre s'améliorer avec la mise en service prochaine de flottes de satellites en orbite basse.

Quoi qu'il en soit, cela ne pose pas de problèmes, sauf pour certaines applications où le temps de réponse importe (visio-conférence, téléphonie, jeux en réseau, chat).

Portée/débit des liaisons Wifi

La portée et le débit des liaisons Wifi sont susceptibles d'être affectés par des obstacles divers (bâtiments, collines, rideaux d'arbres, etc...) dans la mesure où il s'agit d'ondes à très faible puissance, 20 fois inférieures à celles des téléphones portables. Cela rend aléatoire la possibilité de desservir la totalité des habitations, ou du moins la complique fortement.

A proximité du point d'accès, où le signal est le plus puissant, les obstacles sont tant bien que mal contournés par les effets de diffraction et de réflexion des ondes. Plus on s'éloigne du point d'accès, plus la transmission s'affaiblit et plus le moindre obstacle est perturbant. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'utiliser des relais intermédiaires pour atteindre des maisons plus éloignées. Ces relais pourraient être implantés en utilisant les maisons d'usagers bien situés, le relai se substituant dans ce cas à l'adaptateur client. Les relais sont des appareils Wifi de type AP similaires à l'émetteur/récepteur du point d'accès, de préférence avec une fonction répéteur. La maison hôte est raccordable au passage sur la prise Ethernet de l'appareil.

Les calculs théoriques, bien qu'aléatoires du fait des obstacles qui créent autant de cas particuliers extrêmement complexes à modéliser, peuvent donner une

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

idée grossière de ce à quoi il faut s'attendre en matière de portée/débit. Si on suppose un cas assez commun où les antennes sont à la limite de la vue directe, avec des obstacles divers (toits par exemple) obstruant à peu près la moitié de l'horizon, on peut s'attendre à ce que le signal subisse un affaiblissement de l'ordre de -6 dB. En supposant par ailleurs une sensibilité des récepteurs comprise entre -82 dBm à 11 Mbps et -94 dBm à 1 Mbps, ce qui est le cas le plus courant, on obtient les portées théoriques suivantes pour un signal émis à 100 mW:

- sans antenne réceptrice: 0,3 km à 11 Mbps, 0,5 km à 5,5 Mbps, 0,8 km à 2 Mbps, 1,2 km à 1 Mbps

- avec antenne réceptrice +5 dBi: 0,5 km à 11 Mbps, 1,0 km à 5,5 Mbps, 1,5 km à 2 Mbps, 2,1 km à 1 Mbps

Ce qu'il convient en outre de savoir :

- la puissance « PIRE »¹⁶ se calcule en additionnant la puissance de l'appareil émetteur exprimée en dBm avec le gain de l'antenne en dBi et en retranchant la perte en dB dans le câble et les connecteurs; le total ne doit pas excéder 20 dBm, ce qui correspond à 100 mW.

- lorsque le signal est trop faible, du fait de la distance ou des obstacles, les appareils Wifi tentent d'établir la connection avec un débit moindre: 5,5 Mbps si possible, sinon 2 Mbps, sinon 1 Mbps, sinon rien !

- le débit net des liaisons Wifi est très inférieur au débit nominal du fait des couches de protocoles et il faut 8 bits pour faire un octet (byte); ainsi, une liaison à 11 Mbps transporte 500 Ko/s environ de charge utile en téléchargement FTP¹⁷,

- pour les relais intermédiaires, il est possible d'utiliser des appareils qui ne disposent pas de la fonction répéteur. Cela provoque une division par deux du débit sur le tronçon concerné, ce qui n'est pas gênant tant que le débit net de la liaison Wifi reste supérieur à celui de la liaison satellite,

- des liaisons qui fonctionnent correctement en hiver peuvent se dégrader lorsque les feuillages font leur apparition, absorbant une partie du signal; les tests de portée/débit doivent tenir compte de ce phénomène.

¹⁶ Puissance isotope Rayonnée Equivalente

¹⁷ à comparer par exemple avec une liaison ADSL à 512 Kbps, qui peut transporter 60 Ko/s environ

Sécurité, confidentialité

Les liaisons radio se distinguent des liaisons filaires par le fait qu'il n'est pas nécessaire de grimper au poteau et de mettre des pinces sur les fils pour écouter le trafic. Quiconque dispose d'un portable muni d'une carte Wifi dans la périmètre du point d'émission peut écouter les communications et/ou s'immiscer à l'intérieur du réseau. Pour remédier à cela, les appareils Wifi disposent d'un système de cryptage appelé WEP (Wired Equivalent Privacy), qui est supposé assurer une confidentialité équivalente de celle des liaisons filaires.

WEP présente toutefois des failles qui ont pu être exploitées par des hackers pour fabriquer des logiciels d'intrusion des réseaux Wifi que n'importe qui peut se procurer sur l'internet. L'accroissement de la taille des clefs de 40 à 64 ou 128 bits ne constitue qu'un remède relatif dans la mesure où les défauts de l'implémentation facilitent le décryptage et les intrusions grâce à quelques astuces. Il existe malgré tout des alternatives pour garantir la sécurité dans les réseaux sans fils, qui consistent à utiliser Ipsec/VPN au niveau de la couche réseau, en désactivant WEP. Il est également possible reporter la sécurité au niveau des applications, en recourant à des échanges sécurisés pour les mots de passe, les codes bancaires et les documents confidentiels uniquement, avec SSL, PGP, SSH, SCP, etc...

Certains fabricants proposent des solutions clef en main satisfaisantes en matière de sécurité, mais il s'agit de solutions propriétaires, qui supposent que tous les appareils (AP et clients) soient de la même gamme et du même fabricant. Cela fait perdre le bénéfice de l'interopérabilité, qui est l'un des principaux avantages du standard 802.11, et se traduit par des prix d'achat de matériel généralement plus élevés.

Il convient de relativiser les choses en sachant que l'importance des problèmes de sécurité et de confidentialité est souvent exacerbée par des personnes ou des entreprises qui trouvent un intérêt direct à le faire, soit pour faire un scoop, soit pour dévaloriser les solutions de concurrents.

Enfin, l'intérêt d'un tel projet est de rester ouvert au maximum de personnes, et de promouvoir les usages, sans poser *a priori* les utilisateurs comme autant de présateurs du débit disponible ou de crackers potentiels.

Sensibilité aux pannes

Le fait que tous les usagers locaux dépendent d'un point d'accès unique reposant sur plusieurs appareils électroniques sophistiqués constitue un facteur de vulnérabilité. Dès qu'un des appareils du point d'accès tombe en panne, plus personne ne peut se connecter jusqu'à ce qu'il soit réparé. Les technologies employées sont assez éprouvées dans la mesure où elles descendent de lignées qui comptent plusieurs décennies de développements et d'améliorations. Cela ne les met toutefois pas complètement à l'abri des aléas, notamment de ceux qui résultent des surtensions et de la foudre. Ce qui peut être fait pour minimiser le risque est:

- mettre tous les appareils du point d'accès sur onduleur, avec une prise de terre testée,
- mettre si possible les appareils dans un lieu protégé par un paratonnerre, protéger le point d'accès Wifi avec un parafoudre à gaz rechargeable, débrancher éventuellement les installations pendant les gros orages (alimentations électriques, prises téléphoniques, prises réseau),
- choisir un serveur plutôt pour sa robustesse, les performances ayant peu d'importance pour l'utilisation qui en est faite; utiliser comme OS une version stable de Linux ou *BSD et des logiciels éprouvés; éviter d'installer plus de logiciels que nécessaire,
- choisir un appareil Wifi classique et éprouvé; prévoir un appareil de borne Wifi de secours pour suppléer aux éventuelles défaillances.

Inadaptation des antennes du commerce

La plupart des antennes du commerce sont soit des antennes d'intérieur à faible puissance destinées aux LAN sans fils des bureaux, soit à antennes à forte puissance destinées aux pays où la puissance autorisée est beaucoup plus élevée qu'en Europe.

Les antennes correspondant aux normes européennes, qui limitent la puissance à 20 dBm (100 mW), devraient typiquement avoir un gain de l'ordre de 6 à 8 dBi, compte-tenu d'une puissance des émetteurs de 15 dBm (30 mW) dans la majorité des cas et d'une perte dans le câble de 1 à 3 dB.

En ce qui concerne les antennes omni-directionnelles des bornes d'accès, on

Réseau sans-fil haut débit - Daumazan

peut trouver des antennes de 6 à 8 dBi qui font l'affaire. Par contre, on ne trouve pas d'antennes directionnelles à faible gain, celles du commerce ayant souvent des gains trop élevés (14 à 24 dBi). Les antennes artisanales de type « boîte de conserve », faciles à fabriquer par n'importe qui, et on ne peut plus économiques, constituent un substitut très satisfaisant.

On peut mesurer artisanalement la puissance d'une antenne dont les caractéristiques sont inconnues (« boîte de conserve » par exemple) en comparant le signal obtenu avec celui d'une antenne de type similaire dont on connaît les caractéristiques. La manière la plus simple de diminuer la puissance d'une antenne si nécessaire est d'augmenter la perte dans le câble, en utilisant du câble à forte perte, qui est plus économique.

Diffusion et reproduction

Tout ou partie de ce document peut être diffusé et reproduit à volonté sans en référer à l'auteur (qui apprécierait cependant d'en être informé ;-).

Ce document a été fortement alimenté par le contenu du site disponible à l'URL suivant : http://www.quartier-rural.org/dl/implic/ran/index.html#sat_wifi dont l'auteur a permis la réutilisation des informations.

Précisions et renseignements complémentaires sont disponibles auprès de wifi-daumazan@christophe-laronde.net .