

Entreprises et hauts débits

Le rôle des collectivités territoriales

© Etude coproduite par l'Observatoire des télécommunications dans la ville et le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie (Direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes), sous la direction de Godefroy Dang Nguyen, directeur du département Economie de l'ENST Bretagne

Préface

Quels sont les besoins des entreprises en réseaux et services de télécommunications hauts débits ? Quelle est l'influence du secteur d'activité et de l'implantation géographique de l'entreprise sur ces besoins ? Quels types de réseaux faut-il déployer et quel sera leur coût ? Quel impact aura le financement des infrastructures de télécommunications par les collectivités territoriales sur le prix payé par les usagers finaux ?

Ce rapport souhaite apporter des éléments de réponse à ces questions. Il a été réalisé sous la direction de l'ENST Bretagne et cofinancé par le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie (DIGITIP) et l'Observatoire des télécommunications dans la ville. Il n'a d'autre ambition que de contribuer à un dialogue constructif entre les acteurs du développement local, l'Etat, les collectivités territoriales, les opérateurs et les équipementiers du secteur des télécommunications.

Alain Busson
Délégué général de l'Observatoire

Sommaire

●	Synthèse	7
●	Présentation du rapport	11
①	Accès au haut débit et développement local	15
●	1.1 <i>La segmentation des besoins professionnels</i>	16
●	1.2 <i>Que représente le haut débit pour les entreprises ?</i>	28
●	1.3 <i>Conclusion</i>	41
②	Inégalité géographique dans l'usage des TIC	43
●	2.1 <i>Une partition du territoire français</i>	43
●	2.2 <i>Des formes de développement qui varient d'un territoire à l'autre, et un accès différencié au TIC</i>	48
●	2.3 <i>L'accès au haut débit et le développement local : une articulation complexe.</i>	58
●	2.4 <i>Conclusion</i>	66
③	Les évolutions du monde professionnel vers les hauts débits	69
●	3.1 <i>Prévision de la diffusion d'internet en France</i>	70
●	3.2 <i>De la demande d'accès à la demande d'usage</i>	72
●	3.3 <i>Quels sont les débits minimaux pour la connexion ?</i>	81
●	3.4 <i>L'accès à haut débit et la prévision de bande passante utilisée</i>	83
●	3.5 <i>Conclusion</i>	88

4	Le coût du haut débit en France, un modèle d'évaluation	89
●	4.1 <i>Introduction</i>	89
●	4.2 <i>Le réseau de collecte : modélisation par Mermaid</i>	91
●	4.3 <i>La démarche de simulation</i>	101
●	4.4 <i>Le réseau de desserte : analyse des coûts</i>	106
●	4.5 <i>Conclusion</i>	116
5	Impact des infrastructures de haut débit : études de cas types	117
●	5.1 <i>Simulation d'un réseau départemental : le cas du Finistère</i>	118
●	5.2 <i>Simulation du réseau régional breton</i>	123
	5.3 <i>Simulation du réseau d'un groupement de communes : le pays de Brest</i>	124
	5.4 <i>Simulation de la desserte dans une zone noire : Ploudalmézeau</i>	126
	5.5 <i>Simulation d'une zone grise : Châteaulin</i>	133
	5.6 <i>Conclusion</i>	137
●	Annexe 1 : une méthode d'évaluation des débits	139
●	Annexe 2 : Bibliographie	143

Synthèse

Les réseaux à haut débit sont devenus, pour beaucoup de collectivités territoriales, un enjeu majeur pour le développement économique et l'accès de tous à la Société de l'Information. Toutefois, hors des zones très rentables, les opérateurs privés de réseaux et de services de télécommunications tardent à mettre en place des offres attractives car ils sont de plus en plus contraints par des exigences de retour rapide sur investissement. La nécessité d'une action des collectivités a été reconnue et cette étude permet de préciser les domaines où doit s'exercer leur intervention. Il est également nécessaire de donner aux collectivités, des outils d'analyse et d'aide à la décision pour leur permettre d'étudier, de manière concrète, le déploiement de ces infrastructures de télécommunications.

Le déploiement de réseaux haut débit par les collectivités locales répondant en premier lieu à un objectif de développement économique, les travaux qui sont présentés dans ce rapport ne prennent en compte que les besoins professionnels, qu'ils soient publics (administration, éducation, enseignement et recherche) ou privés.

La mise en place d'une infrastructure à haut débit nécessite de connaître deux éléments :

- l'évaluation à moyen terme des besoins professionnels publics et privés sur les territoires
- le calcul des coûts de déploiement (investissement et fonctionnement) des réseaux hauts débits nécessaires.

L'évaluation des besoins professionnels

Les entreprises, quelles que soient leur taille et leur localisation, seront prêtes à adopter les services de télécommunications à haut débit dans les cinq ans à venir si elles se voient offrir ceux-ci à un «tarif abordable». Une large majorité d'entre elles réclamera un débit supérieur à 2 Mbit/s. Les illustrations sont d'ores et déjà variés : depuis la casse automobile jusqu'à la TPE qui fournit des pièces spécialisées destinées à l'industrie, depuis les établissements isolés ou situés dans les petites zones d'activité du monde rural jusqu'à ceux implantés dans les pépinières d'entreprises des zones en reconversion.

L'accès à une information disponible en ligne est aujourd'hui un élément essentiel de la compétitivité des entreprises. Elles mobilisent de plus en plus des " connaissances " (sur leur organisation interne, leurs clients, leurs débouchés, leur chaîne d'approvisionnement...), qui doivent être enrichies en permanence par des informations nouvelles. Beaucoup de celles-ci transitent par les réseaux, ce qui impose une bonne qualité d'accès. Il paraît donc essentiel d'étudier dans le détail les besoins d'accès en haut débit de l'entreprise. Deux éléments majeurs créent un clivage dans le monde professionnel :

- Les usages : ceux-ci varient d'un secteur d'activité à l'autre.
- La localisation : des différences importantes existent entre les territoires (dynamique de développement, présence ou non d'une offre diversifiée de services de télécommunications) qui accentuent le clivage entre entreprises.

Pour le secteur privé, les exigences de bande passante par poste de travail varient actuellement de un à cinq entre d'une part les grands utilisateurs, qui se caractérisent par une production et un usage intensifs des informations codées sous forme numérique, et d'autre part les entreprises de secteurs plus traditionnels qui doivent encore assimiler les potentialités que recèlent les services d'information.

Une difficulté surgit pour la prévision de trafic : le déploiement à grande échelle des infrastructures ADSL étant encore récent et les progrès technologiques continuant à un rythme très rapide, les entreprises n'ont pas d'idée très précise sur leur utilisation possible des services haut débit et sur les volumes de trafic engendrés. Mais il semble bien établi qu'une fois abonnées à ces réseaux, les

entreprises en apprécient les apports dans l'amélioration de leur propre performance, et perçoivent très bien les économies produites dans leur budget de télécommunications. Quant à la croissance de leurs flux de communication, on a pu évaluer sur certains exemples, une augmentation spectaculaire du trafic des utilisateurs de réseaux haut débit comparé à celui d'utilisateurs similaires sur des réseaux bas débit. Enfin, il faut tenir compte de l'accroissement des besoins en débit d'ici cinq ans. Cet accroissement résulte tant des capacités en constante évolution des machines, du volume d'information numérisée que des effets d'externalité positive de l'économie des réseaux de télécommunications : internet présente de plus en plus d'intérêt pour les entreprises au fur et à mesure du raccordement des services publics et de leurs partenaires privés et donc de l'intensification des échanges possibles.

Le rapport met également en lumière l'importance des formes d'organisation industrielle sur un territoire, les interactions qui en résultent, et le rôle que peuvent jouer les services haut débit dans l'accroissement et l'amélioration de l'efficacité de ces coopérations locales. L'intervention publique est différenciée mais tout aussi nécessaire que l'on ait affaire à une zone d'activité de haute technologie ou à un tissu de PME d'un même secteur plus traditionnel qui collaborent pour développer une compétitivité internationale. Cette intervention doit s'exercer aussi bien pour la stimulation des interactions que pour la mise en place d'infrastructures de réseaux et de services.

A partir de ces éléments, le rapport décrit un mode d'évaluation des besoins du monde professionnel en haut débit. Plus précisément une méthode de calcul de la demande à haut débit d'une zone d'activité donnée est fournie en tenant compte des secteurs d'activité que cette zone héberge, du nombre de salariés présent sur le site, de l'évolution attendue des capacités de traitement des machines.

Les besoins du secteur public (éducation et recherche, santé, collectivités locales et administrations) représentent une forte part de la demande professionnelle de réseaux haut débit, part évaluée par exemple entre un quart et quarante pour cent dans le cas de petites villes du Massif Central. Là aussi, les illustrations ne manquent pas : de la télé médecine en Bretagne ou en Franche-Comté aux offices de tourisme des Alpes. Le rapport rappelle les hypothèses de chiffrage de la demande publique à prendre en compte.

Le calcul des coûts

Il est proposé une méthode de calcul des coûts de déploiement des infrastructures de haut débit utilisant le modèle MERMAID (Modèle économique d'aide à la décision pour le déploiement d'infrastructures numériques) élaboré par l'ENST Bretagne. Cette méthode est largement paramétrable en fonction du type de réseau (régional, départemental, métropolitain) et des technologies utilisées (optique/hertzien). L'utilisateur peut obtenir une première évaluation des coûts en fonction des débits attendus et de l'organisation de son réseau.

Le modèle MERMAID est utilisé pour chiffrer un certain nombre de cas-types de réseaux haut débit dans lesquels les collectivités locales seraient susceptibles de s'impliquer. Le rapport ne fait pas d'hypothèse sur la forme d'action retenue au final par les collectivités (construction d'infrastructures ou achat de services) mais discute les besoins et les coûts de déploiement de réseaux haut débit dans des zones considérées comme assez défavorisées, par leur éloignement et la faiblesse de leur tissu industriel. Les résultats font apparaître que c'est surtout l'éloignement plus que la dispersion qui constitue le principal 'inducteur de coût', celui, précisément, qui devrait être subventionné par les pouvoirs publics. Les exemples discutés montrent que ceux-ci seront parfois amenés à intervenir malgré l'existence d'une couverture ADSL dans le territoire pour compléter une couverture insuffisante en terme de débit offert et de zone desservie.

Ce rapport a été réalisé par l'ENST Bretagne et cofinancé par le ministère de l'Industrie (Direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes) et l'Observatoire des télécommunications dans la ville. Son ambition est d'apporter quelques éléments de réponse aux nombreuses questions que se posent les collectivités territoriales dans le domaine du déploiement des réseaux de télécommunications haut débit et de contribuer ainsi à un dialogue constructif entre le gouvernement, les acteurs du développement local et les opérateurs et équipementiers du secteur des télécommunications.

Présentation du rapport

Les réseaux à haut débit sont devenus, pour beaucoup de collectivités locales, un enjeu majeur pour le développement économique et l'accès de tous à la Société de l'Information. Une publication récente de l'Observatoire des télécommunications dans la ville «Le déploiement des réseaux haut débit : les stratégies territoriales» a recensé début 2002 plus d'une centaine d'initiatives dans ce domaine. Les pouvoirs publics de leur côté, ont affirmé, lors du Comité Interministériel à l'Aménagement du Territoire et au Développement Economique de juillet 2001, leur volonté de faire en sorte que l'accès aux infrastructures à haut débit (2 Mbit/s) soit disponible sur tout le territoire national au plus tard en 2005.

Mais si l'intention politique est bien là, la réalisation sur le terrain se heurte à des obstacles, qu'il s'agisse des coûts de déploiement de telles infrastructures, de choix techniques à avaliser alors que certaines technologies sont encore loin d'avoir fait leurs preuves, des usages à développer tant dans le grand public que dans l'administration ou le monde professionnel. Enfin, même si tous ces obstacles étaient levés, les pouvoirs publics ne disposent pas d'outils pour évaluer et mesurer l'impact que ces infrastructures ont sur le développement économique et sur l'équité d'accès des citoyens à la Société de l'Information.

Le rapport souhaite contribuer à l'élaboration de ces outils. Il se focalise avant tout sur la question du lien entre développement économique et déploiement de

réseaux à haut débit, et tente de donner des réponses à deux questions : que coûtent ces infrastructures ? Quelle est leur contribution au développement économique local ?

Le document est divisé en cinq parties.

Dans la première partie sont examinés les besoins que manifestent les entreprises à l'égard des infrastructures à haut débit. Il est montré que ceux-ci dépendent largement de la taille et du secteur d'activité dans lequel elles opèrent. Une typologie est présentée qui souligne l'hétérogénéité des besoins et en explique l'origine.

Dans la seconde partie, on explore les conséquences de la localisation des entreprises sur leur accès effectif au haut débit. Les questions sous-jacentes sont les suivantes : en quoi l'implantation dans une zone d'activité mal desservie peut-elle handicaper une entreprise ? A l'inverse, comment se réalise l'articulation entre le développement économique local et la mise à disposition du haut débit ? Les réponses qui sont données montrent que cette articulation est relativement complexe et dépend largement de l'environnement dans lequel l'entreprise opère. Il est suggéré en particulier qu'il existe des modèles de développement local, dans lesquels sont organisés non seulement la structure des implantations d'entreprises (tissu de PME ou grands établissements entourés d'un essaim de sous-traitants), mais également le contexte institutionnel local : établissements éducatifs, fédération professionnelle, partenaires financiers, etc. Il en résulte que le lien entre infrastructure à haut débit et développement dépend largement de ce modèle local.

Dans la troisième partie, on montre que, compte tenu des progrès techniques et de l'accroissement des besoins, les entreprises verront de toute façon leurs exigences en bande passante augmenter rapidement et ce, quel que soit le modèle de développement local. Plus précisément, cette partie permet de chiffrer l'accroissement de bande passante que l'accès au haut débit fournit au monde professionnel. Grâce à cette évaluation, il est possible de déterminer, de façon relativement robuste, ce que telle ou telle zone d'activité est en droit de demander en termes d'accès au haut débit dans un horizon prévisible de cinq ans.

La quatrième est consacrée à l'évaluation des coûts. D'abord on présente un modèle de calcul des coûts de déploiement d'un réseau, MERMAID, qui permet d'évaluer le prix de revient d'une infrastructure publique de collecte du trafic à

haut débit, que ce soit au niveau régional, départemental ou métropolitain. Ce modèle est complété par une estimation des coûts des infrastructures de desserte et d'accès des clients privés à cette infrastructure. Parmi les coûts d'accès estimés on compare l'ADSL, la fibre et les technologies sans fil (BLR, Wifi).

Dans la cinquième partie sont présentés quelques cas types, illustratifs de ce qu'il en coûte de raccorder des zones a priori peu ou mal desservies en haut débit, et pour quels besoins. Cette partie représente donc une synthèse et une mise en application directe de la méthodologie élaborée dans ce travail. On s'appuie sur la troisième partie pour évaluer les besoins potentiels d'une zone d'activité, et sur la quatrième partie pour évaluer le coût d'un réseau public susceptible de satisfaire ces besoins. Les chiffres permettent de comparer les coûts de déploiement d'un réseau hypothétique, avec ceux des opérateurs, notamment l'opérateur historique.

1 Accès au haut débit et développement local

L'accès à une information disponible en ligne est aujourd'hui un élément essentiel de la compétitivité des entreprises. Elles mobilisent de plus en plus des " connaissances " (sur leur organisation interne, leurs clients, leurs débouchés, leur chaîne d'approvisionnement...), qui doivent être enrichies en permanence par des informations nouvelles. Beaucoup de celles-ci transitent par les réseaux, ce qui impose une bonne qualité d'accès. Il paraît donc essentiel d'étudier dans le détail les besoins d'accès en haut débit de l'entreprise. Deux éléments majeurs à notre sens, créent un clivage dans le monde professionnel :

- Les usages : ceux-ci varient d'un secteur d'activité à l'autre.
- La localisation : des différences importantes existent entre les territoires (dynamique de développement, présence ou non d'une offre diversifiée de services de télécommunications) qui accentuent le clivage entre entreprises.

Dans ce chapitre, sera étudié le besoin d'accès des entreprises au haut débit. Le suivant sera consacré à l'étude des inégalités que peut engendrer la localisation.

Pour comprendre les besoins en infrastructures, il faut donc repérer les usages actuels selon le domaine d'activité des entreprises. Cela conduira à établir une segmentation (paragraphe 1.1). Puis sera présentée la vision du haut débit qu'entretiennent les entreprises, qui reste encore très imparfaite (paragraphe 1.2). Dans un troisième temps, seront recensés à partir d'entretiens approfondis effectués dans le cadre de cette étude, les avantages et les obstacles que rencontre l'implantation des hauts débits dans les entreprises (paragraphe 1.3). Enfin, le secteur public fera l'objet d'un examen particulier, compte tenu de ses spécificités d'usage (paragraphe 1.4).

● 1.1 La segmentation des besoins professionnels

Les besoins des entreprises en haut débit dépendent largement de leurs activités. Certaines manipulent une quantité importante d'informations, codifiables et/ou codifiées. Pour elles, l'usage intensif de moyens de transmission d'information à haut débit est de rigueur : les banques et les assurances, l'informatique et les télécommunications, la presse et les médias, semblent devoir appartenir à cette catégorie.

D'autres secteurs, bien que n'ayant pas pour vocation première de traiter de l'information codifiée ou non, peuvent l'utiliser pour mettre en œuvre des fonctions importantes dans leur chaîne de valeur. Il en est ainsi des grandes industries d'assemblage (automobile, construction aéronautique et ferroviaire, électroménager, mais aussi BTP) où la phase de conception des produits s'appuie désormais sur un recours massif aux TIC par l'intermédiaire de logiciels dédiés : DAO (dessin assisté par ordinateur), CAO (conception assistée par ordinateur)... Ces derniers permettent d'élaborer et de diffuser les plans, croquis et modèles, qui servent d'instruments de coordination et d'organisation de l'activité productive.

Enfin les fonctions génériques de traitement de l'information au sein de l'entreprise, la comptabilité, la gestion commerciale, la vente et l'achat, l'organisation interne, la gestion de la relation client ou CRM (Customer Relationship Management) et la gestion de la chaîne d'approvisionnement ou SCM (Supply Chain Management), peuvent bénéficier largement d'un recours aux TIC. Bien que ces fonctions soient présentes dans toutes les entreprises et les secteurs, et suffisent à elles seules à justifier un recours généralisé aux TIC, il peut arriver que pour certaines firmes, telle ou telle de ces fonctions soit un élément critique, et entraîne à elle seule l'usage d'une infrastructure de transmission à haut débit, notamment si ces entreprises sont implantées sur plusieurs sites distants. La variété des besoins en information de toute nature incite donc à penser que les secteurs d'activité n'utilisent pas les réseaux de la même façon.

1.1.1 Une segmentation des usages

On peut donc segmenter l'appareil productif en plusieurs types de profils de consommation et d'usage des TIC. Ces derniers conditionnent les besoins des entreprises en haut débit, que synthétise le tableau suivant :

Tableau 1.1. : Segmentation des secteurs d'activité par type d'usage des TIC

Catégorie	Exemples	Modalités d'usage des TIC
<i>Secteurs de haute technologie, à cycle rapide</i>	SSII, informatique, télécommunications	Renouvellement permanent des besoins liés à l'usage des TIC dont les performances s'accroissent rapidement
<i>Secteurs de matière grise, où l'output est véhiculé par le réseau</i>	Banque/assurance, édition, tourisme, intermédiation, études-conseil,...	Besoins importants de toutes les fonctions au sein de l'entreprise
<i>Secteurs où l'information sert à la coordination</i>	Commerce de gros, distribution, transport et logistique	Besoins collectifs pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement
<i>Secteurs à usage intensif mais sporadique</i>	Industries d'assemblage, BTP	Demandes sporadiques pour le transport de fichiers (CAO/DAO)
<i>Secteurs traditionnels</i>	Textiles, bois/papier, agro-alimentaire, services aux entreprises ou aux particuliers	Besoins génériques et, le cas échéant, de coordination

Source : ENST Bretagne, adapté de Champeaux et Brêt : «La Cyberentreprise»

Explicitons ce tableau : la première catégorie d'entreprises (*secteurs de haute technologie à cycle rapide*) rassemble celles du secteur des TIC qui, elles-mêmes, les utilisent comme support principal de leur offre de service. Elles ont donc intérêt à tirer parti des performances des matériels et des réseaux pour renouveler constamment leurs propres offres. Ce sont les principaux producteurs et les premiers consommateurs de TIC. Le progrès technique rapide qui affecte ce secteur les oblige à remettre en cause perpétuellement leurs prestations, sous peine de perdre irrémédiablement leur avantage concurrentiel. Pour ces entreprises, l'accès au haut débit peut être crucial, notamment si elles fournissent des prestations à distance (marché ASP - Application Service Provider¹ -, hébergeurs, télémaintenance de système d'information, «outsourcing», etc...). Ce marché est destiné à croître à grande vitesse (+ 900 % par an selon l'European Information Information Observatory (Observatoire européen des technologies de

¹ Un ASP est un service où le prestataire s'engage à déployer, héberger et louer l'accès à une application gérée de façon centrale. Il peut s'agir de progiciels de gestion intégrés, d'applications de e-commerce, de gestion de la relation client (centres d'appels...).

l'information - EITO, 2001). Un prestataire ASP ne peut s'y positionner correctement s'il n'est pas accessible via une connexion à haut débit. Parallèlement ses clients seront d'autant mieux servis qu'ils disposent eux-mêmes d'une telle connexion.

A titre d'illustration de l'impact du haut débit sur le secteur des TIC, on peut évoquer les entreprises installées à Angoulême sur le «pôle Image», qui ont vocation à produire des images de synthèse pour les dessins animés et les effets spéciaux cinématographiques. Elles recourent à des capacités importantes de traitement de l'information (stations graphiques dédiées, processeurs de calcul de haute capacité), dont certaines sont même mutualisées au sein d'un centre de soutien technique multimédia, aidé par les pouvoirs publics. L'utilisation de ce centre impose la disponibilité d'un réseau local en fibres optiques à haut débit (100 Mbit/s). Ce réseau justifie un raccordement à des capacités de transmission à longue distance, pour que les entreprises du pôle Image d'Angoulême puissent travailler avec des partenaires (chaînes de télévision, studios de production) situés ailleurs en France ou dans le monde.

Autre exemple : durant la «bulle Internet», beaucoup d'entreprises «pointcom» sont venues s'installer en plein cœur de Paris, dans ce qui a été appelé le «Silicon Sentier». Trois raisons principales ont justifié ce choix : des loyers très attractifs pour la zone, la présence d'un grand fournisseur d'accès internet (Yahoo) établi dans le quartier et qui a créé un effet de «halo», mais surtout la proximité du quartier de la Bourse qui dispose d'excellentes liaisons haut débit nécessitées par son activité financière et enfin la présence d'un centre d'interconnexion de «backbones IP» (Suire et Vicente, 2001). Pour ces entreprises de la «net-économie», la disponibilité d'infrastructures à haut débit était un élément clef de leur avantage concurrentiel.

Une autre illustration est donnée par l'étude de cas suivante. Il s'agit d'une des treize études de cas (11 entreprises, 2 services publics) réalisées en juin 2002 pour la présente étude. Afin de respecter l'anonymat des entreprises, elles sont désignées sous un identifiant de Ent1 à Ent11.

Etude de cas : Entreprise Ent5 (Géomatique) - Siège implanté dans une petite zone d'activité en milieu rural (21)

Présentation de l'entreprise

Spécialiste de la géomatique, science qui réunit la géographie à l'informatique, l'entreprise ENT5 est une société de 50 personnes et de 3 millions d'euros de chiffre d'affaires. Répartie sur quatre sites (son siège en zone rurale, Dijon, Paris et Bordeaux), la société est un des leaders dans son domaine au niveau national et international, avec des représentants en Afrique, Espagne, Venezuela.

Utilisation du haut débit

L'entreprise devrait disposer rapidement d'une connexion au haut débit par satellite et WiFi. Le groupe qui ne pouvait pas se permettre jusque là de payer une liaison louée à France Télécom, est en train de développer de nouveaux services reposant sur le réseau.

Les relations avec les clients, les fournisseurs et les prestataires de services sont facilitées et accélérées grâce au haut débit.

Les cartes peuvent être envoyées directement par internet, sans se soucier de leur poids et du temps de réception des fichiers graphiques souvent très lourds : pour recevoir un fichier de 50 Mo, il faut 15 minutes.

Les équipes de maintenance et de production peuvent intervenir directement sur les bases cartographiques des clients et faire les modifications plus rapidement.

L'e-learning et la prise en main à distance des postes de travail des clients sont devenus des actions quotidiennes. Ainsi, le service maintenance de logiciels peut régler instantanément les problèmes et former, depuis le siège, des communes dans toute la France, ce qui nécessitait auparavant des déplacements longs et coûteux.

Une nouvelle boutique en ligne de logiciels d'application pour système d'informations géographiques a vu le jour.

Les échanges d'informations et de fichiers entre le siège et les agences sont désormais possibles et accélérés (solution WAN).

Cependant la solution d'une liaison par satellite a des limites car le temps de réponse est long (plus d'une seconde), et peut parfois poser des problèmes de synchronisation lors d'opérations de maintenance à distance avec prise de commande du logiciel du client, ou bien de visioconférence.

Il apparaît que le haut débit est indispensable à l'entreprise Ent5, qui est dans une logique de différenciation par le service. Le Groupe serait maintenant prêt à y investir de grosses sommes (2 à 3 000 € par mois) dans la mesure où cela valorise ses prestations et lui rapporte de l'argent.

La *deuxième catégorie* d'utilisateurs des TIC (*secteurs de matière grise*) fait référence à des secteurs qui produisent et vendent de l'information générique, et voient dans le recours aux réseaux un instrument essentiel pour améliorer significativement leur offre de service. Ces entreprises ne sont pas intéressées par la technologie en tant que telle, à la différence de celles de la première catégorie, mais sont prêtes à saisir toutes les opportunités que cette technologie leur offre, si cela leur permet d'améliorer leurs propres performances. Les banques recourent ainsi aux automates bancaires, à la banque en ligne pour réduire leurs frais de gestion des comptes et dédier leur personnel à des activités de conseil en gestion de patrimoine.

De la même façon, les journaux utilisent les facilités de la transmission à distance pour multiplier les éditions locales, «boucler» le numéro au dernier moment, et réduire les frais d'impression et de confection du journal. Ainsi à la fin des années 80, des journaux comme Le Figaro ou Libération ont été parmi les premiers à utiliser des moyens de télécommunications, notamment de transmission par satellite, pour disposer d'une édition locale à Lyon, dont le contenu était différent de celui de l'édition nationale. Désormais, ce genre de formule peut se généraliser à des titres dont l'implantation et le tirage sont plus réduits. Reuters, l'agence de presse et leader mondial de distribution de l'information financière, est devenu, à la fin des années 80, un opérateur d'infrastructure utilisant les VSAT (Very Small Aperture Terminal), pour transmettre ses informations sur les cours et les devises à ses abonnés. Sur un plan plus local, la société Msat Edition présente à Clermont-Ferrand, reçoit des données satellites, les transforme en photos aériennes et les commercialise via internet (CCI du Massif Central, 2001).

Ce dernier exemple illustre bien la mutation profonde que connaissent les métiers de l'édition et de l'impression grâce au recours aux TIC et notamment aux infrastructures à haut débit. Dans une enquête sur les usages des TIC par les entreprises franciliennes, le CROCIS a mis en évidence le fait que les hauts débits sont, dans ces métiers, indispensables pour les échanges de données avec les clients et les fournisseurs². Ils sont même considérés comme un outil de travail à part entière. Mais ce secteur souffre de beaucoup de difficultés dans l'appropriation :

2 Centre Régional d'Observation du Commerce de l'Industrie et des Services : «Usage et utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication dans les entreprises franciliennes», novembre 2001.

- le manque de personnel qualifié,
- une mauvaise organisation pour la circulation de l'information (sa matière première) en interne,
- une difficulté pour sa valorisation à l'extérieur car internet demeure malaisé à maîtriser dans une perspective de e-commerce,
- un besoin de performance technique des outils à des coûts raisonnables.

Ainsi, pour ces métiers de l'édition, le recours au haut débit s'avère une condition nécessaire, mais pas forcément suffisante, pour le maintien de l'avantage concurrentiel. La phase d'appropriation reste essentielle.

Les sociétés de services aux entreprises, dont la vocation est de «créer de la connaissance» (audit et conseil, agences de marketing, de promotion et de publicité) sont aussi de grandes productrices et consommatrices d'information, même si celle-ci ne transite pas toujours par les réseaux. Plusieurs auteurs (par exemple E. Muller -2001, Ordanini - 1999) ont signalé le rôle des interactions entre ces sociétés et leurs clients, qui sont rendues nécessaires par leurs prestations. Cela implique une proximité géographique, qui oblige ces entreprises exerçant une activité de «création de connaissance» à se localiser au voisinage de leur bassin de clientèle.

Mais ces interactions à fort contenu tacite peuvent aussi déboucher sur une formalisation des connaissances dans le système d'information des clients. Dit autrement, le tacite finit par se codifier, ou tout au moins par interagir avec le «codifié», c'est-à-dire avec ce qui est contenu dans le système d'information de l'entreprise. Cela induit les sociétés de service susmentionnées à devenir elles-mêmes expertes en usage des TIC. Il n'est pas indifférent de savoir que les grands cabinets d'audit comptable sont devenus, en l'espace de quelques années, des spécialistes reconnus de la mise en œuvre des TIC. D'autre part, Cap Gemini, indépendamment de sa fusion avec Ernst & Young, a, dans le cadre de son plan de développement, implanté de nouvelles activités à Clermont-Ferrand où elle était, jusqu'à présent, quasiment absente. S'adressant à une clientèle de PME et PMI en Auvergne, elle prévoit une forte utilisation des hauts débits d'ici deux à trois ans, car ses prestations de conseil et d'audit l'exigent (CCI du Massif Central, 2001). Ce que montre cet exemple, c'est que les sociétés de conseil peuvent perdre des opportunités de marché, si les zones où ces marchés sont localisés ne sont pas rapidement équipées en infrastructure à haut débit.

La *troisième catégorie* d'utilisateurs (*secteurs où l'information sert à la coordination*) regroupe des activités où l'information sert d'instrument essentiel à la coordination des acteurs le long d'une chaîne de valeur ou filière. L'importance du «juste à temps» conduit les entreprises à utiliser les réseaux pour optimiser la chaîne de distribution et synchroniser leurs activités. Les grands logisticiens, le commerce de gros et la grande distribution recourent principalement à cet usage des TIC. Ici ce n'est pas tant le débit d'accès qui prime que la qualité des transmissions et la capillarité des connexions. Il s'agit en effet d'accéder rapidement à l'information concernant la circulation des biens et des objets pris en charge par la chaîne d'approvisionnement. Le recours aux terminaux de mobilité (téléphones portables, balises de repérage par satellite) semble ici essentiel, mais il doit aussi s'appuyer sur des réseaux de transport de l'information de qualité suffisante et bien distribués sur le territoire.

La *quatrième catégorie* d'entreprises (*secteurs à usage intensif mais sporadique*) rassemble plutôt des firmes du secteur manufacturier, faisant appel aux logiciels de traitement de forme et de dessin pour la conception de modèles ou de plans. Les fichiers ainsi conçus sont utilisés pour favoriser l'articulation des tâches entre les services de conception et ceux de production. Ils peuvent aussi servir de moyen de coordination lorsque l'entreprise recourt à un nombre important de sous-traitants. Ainsi, dans l'agglomération toulousaine, le groupe de construction aéronautique EADS entretient des liens privilégiés avec ses fournisseurs, et tous ne se trouvent pas forcément à proximité. Sur la région Midi-Pyrénées, les sous-traitants de l'industrie aéronautique représentent 230 entreprises (dont 42 à Toulouse) et 22 000 salariés (10 000 à Toulouse). Certains sont situés en zone rurale, ou à l'écart des axes de communication (Pamiers, Villefranche-de-Rouergue, Villemur, Saint-Céré). Pourtant l'échange de données informatisées est essentiel pour EADS et ses fournisseurs, et le non accès au haut débit pourrait être, dans ce cas, une condition de déréférencement du sous-traitant (CCI du Massif Central, 2001).

Les fichiers circulant entre ces sites industriels sont souvent de volume important, mais leur transmission peut être sporadique (par exemple par téléchargement nocturne). Néanmoins cela peut exiger des capacités de transmission significatives. Ainsi, lors de l'assemblée générale de l'association HADELIM (Hauts débits Limousin) le 10 mai 2001, le constructeur électrique Legrand a fait savoir que pour améliorer sa production et réduire les temps de fabrication, ses relations avec ses sous-traitants passeraient désormais par internet. Il s'est doté pour cela de liaisons à 2 fois 34 Mbit/s, en remplacement de ses liaisons 2 fois 4 Mbit/s (CCI du Massif Central, 2001).

Etude de cas : Entreprise Ent1 (Fabrication de chauffe-eau et chaudières) - Etablissement implanté dans une zone d'activité à la périphérie d'une ville moyenne (22)

Ce cas montre comment une entreprise peut faire usage des moyens et des hauts débits pour les connexions entre ses différents sites mais aussi avec ses fournisseurs.

Présentation de l'entreprise

Créée en 1914 la société Ent1 est un concepteur et fabricant de chauffe-eau et chaudières à gaz. Intégrée dans un grand groupe italien, la société est répartie sur quatre sites en France : deux dans les Côtes d'Armor, un dans les Yvelines et un à Chartres (27). Ent1 est également présente à l'étranger via des filiales en Italie, Espagne, Maroc... Son chiffre d'affaires s'élève sur l'exercice 2001 à 200 millions d'euros.

Utilisation du haut débit

Le site interrogé, situé dans les Côtes d'Armor est tourné vers la R&D (100 personnes sur 700) et la production. Depuis 1995, il utilise une connexion internet à 256 Kbit/s ainsi que plusieurs connexions intersites allant de 512 à 128 Kbit/s. Cependant, bien que plusieurs opérateurs soient en concurrence pour fournir ces liaisons, les coûts d'accès (3 000 € par mois uniquement pour internet) ne permettent pas à l'entreprise de couvrir tous ses besoins : ses responsables souhaiteraient avoir une connexion à 2 Mbit/s pour internet et 10 Mbit/s entre les différents sites. En effet les usages du réseau sont multiples :

- recherche d'informations sur internet et veille technologique automatique,
- messagerie électronique,
- transfert de fichiers de fabrication assistée par ordinateur (FAO) avec les fournisseurs,
- «workflows» internes qui accèdent à des informations situées sur internet
- commande de fournitures en ligne,
- visioconférence entre les différents sites de l'entreprise,
- gestion des achats en ligne (environ 80 %),
- déclaration de TVA, paie des employés en relation avec les banques.

Ent1 rencontre parfois des difficultés avec ses fournisseurs ou clients qui ne sont pas équipés en haut débit. Dans ce cas la solution retenue est d'utiliser au coup par coup des lignes RNIS pour échanger de gros fichiers.

Cet exemple illustre une caractéristique de ce segment, celle d'être fortement hiérarchisé entre un noyau de grandes entreprises donneurs d'ordre et une multitude de sous-traitants, de taille plus ou moins importante. Du coup, les PME sont tributaires des commandes des grands groupes. Elles sont conscientes du fait qu'internet pourrait leur permettre, en particulier grâce au haut débit, de développer de nouveaux marchés et d'élargir leur base de clientèle, notamment à l'export. Elles semblent cependant contraintes par un manque de ressources, de formation du personnel et se sentent plutôt suiveuses en matière de développement de l'internet³. Ces entreprises ont totalement assimilé l'usage de l'informatique dans leur activité de production, mais n'ont pas encore bien valorisé les TIC, et notamment internet, dans leur démarche de commercialisation. Les entreprises de cette catégorie sont également attachées à une certaine protection de leur information (notion de secret industriel), ce qui peut les amener à réduire délibérément la circulation de ces fichiers sur des réseaux considérés comme peu sûrs.

Enfin la dernière catégorie d'utilisateurs (*secteurs traditionnels*) rassemble les secteurs dits traditionnels, qu'ils appartiennent au monde industriel (agro-alimentaire, textile, bois-papier-carton...), aux services aux entreprises (nettoyage, intérim...) ou aux particuliers (commerce, hôtels-restaurants...). Ces secteurs sont normalement peu consommateurs de TIC, mais peuvent les utiliser pour développer des activités nouvelles (commerce électronique) ou améliorer leur processus interne (progiciels de gestion intégrée, intranet). Par exemple, certains hôtels et restaurants ont développé une offre de services pour des activités de tourisme professionnel (séminaires, colloques, sessions de formation). Dans ce domaine du tourisme, parallèlement aux déploiements des TIC dans le secteur privé, on peut noter un développement des TIC chez les acteurs publics (voir section 2.2.4).

La segmentation ainsi esquissée montre une grande hétérogénéité potentielle dans l'usage des TIC de la part du monde professionnel. Cette hétérogénéité peut se refléter dans les débits d'accès auxquels les entreprises recourent. Il est donc possible de valider la segmentation en examinant ce paramètre. Une étude récente de l'Idate effectuée sur les TPE/PME fournit une confirmation de la segmentation présentée.

1.1.2 Validation de la segmentation dans le cas des PME/TPE

Dans son étude sur les besoins en télécommunications des PME, l'Idate a analysé les débits d'accès déclarés pour les échanges de données et l'internet. La méthodologie suivie par le cabinet montpellierain est la suivante : les débits

3 CROCIS, cité

unitaires déclarés par type d'accès ont été cumulés sur les accès RTC, RNIS de base et primaire, les liaisons louées, les raccordements en fibres optiques de débit variable, les accès câblés, les accès xDSL et tous les autres types (notamment le satellite). Cela fournit une bande passante totale utilisée en moyenne par les entreprises d'un secteur particulier, pour leurs échanges de données. Elle est donnée dans la première colonne du tableau ci-dessous. Cependant, pour les accès xDSL, le débit unitaire retenu pour l'inclure dans la bande passante totale est celui du débit crête en voie descendante, ce qui tend à surestimer les besoins réels, comme cela sera démontré plus loin. Le même exercice a été entrepris pour les accès à internet uniquement. L'Idate a ainsi effectué une ventilation de la bande passante moyenne, par secteur d'activité et par taille d'établissement. Le tableau suivant résume les valeurs obtenues.

Tableau 1.2. : La bande passante moyenne utilisée par les PME/TPE pour les échanges de données et l'accès à internet⁴ (en Kbit/s)

Secteur	Echange de données	Accès internet
Industrie	333	250
Construction	335	140
Commerce de gros	528	330
CHR	347	176
Transport	402	151
Assurance/Finance	810	431
SSII/Etudes	689	487
Autres services aux entreprises	251	217
Santé	202	120
Total	445	264

Source : Idate

La première colonne du tableau inclut donc tous les accès pour tout type d'échanges de données, même ceux qui ne passent pas par internet. La seconde colonne ne fait référence qu'aux échanges de données via internet. L'intérêt de ce tableau est de montrer la hiérarchie sectorielle concernant les besoins des PME. En tête se détachent le secteur financier et les SSII, suivis par le commerce de gros. La construction, l'industrie, le transport et les hôtels restaurants ont une bande passante disponible de moitié inférieure à celle des secteurs fortement consommateurs.

⁴ Les PME/TPE sont des entreprises de plus de 5 salariés et de moins de 500.

L'Idate ne différencie pas, au sein de l'industrie, les activités manufacturières liées aux industries d'assemblage (mécanique, traitement des métaux, etc.) et les activités traditionnelles (bois, textile, agroalimentaire) qui, d'après la typologie mise en évidence dans le tableau 1.1, devraient avoir des besoins en TIC assez différents. Néanmoins, on retrouve dans ses grandes lignes la hiérarchie des usages mentionnée au 1.1. On note en particulier qu'il y a une grande différence d'usages entre les services créateurs de connaissance d'un côté (SSII/Etudes), et les autres services aux entreprises (nettoyage, intérim, etc.) : les premiers utilisent une bande passante 2,5 fois supérieure à celle requise par les autres services aux entreprises.

De la même façon, les services financiers ont des besoins en bande passante pour leurs échanges de données près de trois fois supérieurs à ceux de l'industrie ou du secteur de la construction, alors que le commerce de gros, qui fait partie de la troisième catégorie dans la segmentation du 1.1, utilise une bande passante une fois et demi supérieure à celle de l'industrie ou du BTP. Les données rassemblées par l'Idate valident donc la segmentation, à la réserve près de l'industrie, où la typologie n'est pas assez fine. Le tableau de l'Idate révèle aussi que pour l'accès à internet, la variance des besoins entre secteurs est moindre, ce qui tend à laisser penser qu'au fur et à mesure que se diffuse le net, une certaine convergence intersectorielle pourrait se dessiner.

• Un cycle d'adoption des TIC ?

La question que l'on peut se poser est de savoir s'il existe un cycle d'adoption dans l'usage des TIC, et si les secteurs qui présentent actuellement un niveau d'exigence en bande passante moindre de celui des secteurs les plus avancés, pourraient à terme les rattraper. D'un côté, on peut se dire que les secteurs ayant un usage intensif des TIC (entreprises de TIC elles-mêmes, producteurs d'information), ne devraient pas voir leur rythme d'usage se ralentir avec la généralisation des hauts débits, au contraire. Tout laisse donc à penser que leur usage restera toujours en avance sur celui des autres secteurs.

En réalité, la production d'information et de connaissance, surtout sous forme codifiée, est de moins en moins l'apanage de sociétés spécialisées (SSII, cabinets de conseil, producteurs d'information), mais au contraire se diffuse dans toutes les entreprises. Au fur et à mesure que beaucoup d'objets se numérisent, ils sont potentiellement des producteurs et des manipulateurs d'information. Un cas

devenu emblématique est celui du réfrigérateur qui décèle, au moyen de capteurs, les provisions manquantes et qui les commande via internet au supermarché local⁵. Ce cas montre que la production d'information et l'usage des réseaux peuvent se nichier partout. Les progiciels de gestion intégrée, qui permettent de déclencher une mobilisation automatique de tous les compartiments de l'entreprise dès la prise de commande d'un client, ou bien les entrepôts de données que se constituent les grandes entreprises sur les comportements de leurs clients, donnent à toutes les firmes, et ce quel que soit leur métier, beaucoup d'occasions d'utiliser de la bande passante. Enfin, par définition, les services de communication sont fondés sur des réseaux d'utilisateurs et ne peuvent bien fonctionner que quand le plus grand nombre est équipé. Cela milite en faveur de la diffusion des hauts débits dans tous les secteurs d'activité.

S'il est difficile de se prononcer sur une convergence des usages dans le milieu professionnel, on peut estimer que le besoin en bande passante des entreprises va de toute façon augmenter sensiblement, et ce quel que soit le secteur concerné, comme nous le verrons plus loin. Mais du coup, les usages actuels ne nous éclairent pas véritablement sur les besoins effectifs des entreprises car ils semblent encore contraints par la bande passante. Il paraît donc judicieux de présenter le point de vue des entreprises elles-mêmes sur ce dont elles ont véritablement besoin. Que pensent-elles du haut débit, qu'est-ce qui les freine dans leur usage des télécommunications : la capacité accessible, le prix, les usages ?

5 La société italienne Merloni a lancé récemment un modèle de ce genre.

● 1.2 Que représente le haut débit pour les entreprises ?

1.2.1 Les entreprises ont une vision encore confuse du haut débit...

Les entreprises expriment, quand on les interroge, une vision encore assez confuse de ce qu'est le haut débit et des usages que l'on peut en faire. D'une part, elles ont du mal à déterminer la limite à partir de laquelle on doit parler de haut débit, et, d'autre part, leur usage est encore assez peu innovant. Pour avoir une vision plus globale, il faut procéder par sondage.

Une enquête régulière est réalisée à ce propos par l'institut Taylor Nelson Sofres auprès de 272 PME parisiennes comptant de 10 à 500 employés. La dernière a eu lieu en novembre 2001 et c'est celle à laquelle nous nous référons. Si 93 % des PME ont un accès à internet, pour 33 % c'est encore par l'intermédiaire d'un modem ou d'une connexion Numéris. 52 % par contre ont un accès supérieur à 128 Kbit/s (en théorie). Parmi ce dernier groupe, 7 % y accèdent par le câble, 65 % par l'ADSL, 19 % par une ou des liaisons louées, 4 % par une fibre et 1 % en connexion à 2 Mbit/s. Ces entreprises dotées d'un accès à haut débit (131 en tout dans l'échantillon) en ont la vision suivante.

Tableau 1.3. : Perception du haut débit par les PME parisiennes équipées

<i>Réponse à la question : à partir de quel niveau de bande passante considérez-vous qu'il s'agit d'internet à haut débit ?</i>		
Connexion à	64 Kbit/s	2 %
	128 Kbit/s	26 %
	256 Kbit/s	22 %
	512 Kbit/s	28 %
	1 Mbit/s	11 %
	NSP	12 %

Source : Taylor Nelson Sofres

Actuellement, 50 % des entreprises estiment que le haut débit commence au-delà de canaux de transmission à 256 Kbit/s. C'est ce que procure l'ADSL dans des conditions normales de fonctionnement et d'encombrement. Cela peut paraître faible puisque dans le document du Comité Interministériel d'Aménagement du

Territoire de Juillet 2001, il était fait explicitement référence à un accès à au moins 2 Mbit/s. Mais on peut penser que la perception du haut débit augmentera avec l'usage.

L'enquête Taylor Nelson Sofres a également cherché à faire révéler aux entreprises interrogées les avantages qu'elles percevaient de l'usage du haut débit. Elles devaient les noter, dans un intervalle de 1 (pas important) à 10 (très important). Les principaux résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 1.4. : Avantages perçus apportés par le haut débit.

<i>Avantage</i>	<i>Note moyenne obtenue</i>
Rapidité d'envoi des fichiers attachés par e-mail	8,2/10
Rapidité de téléchargement de fichiers	8,6/10
Rapidité d'affichage de pages Web	8,3/10
Facilité de consultation de fichiers multimédia («streaming»)	5,6/10
Accès à de nouveaux services internet (téléphonie IP, ASP, téléconférence...)	5/10
Meilleure efficacité personnelle	7,6/10
Coût forfaitaire connu	7,9/10
Réduction globale du coût de l'internet	8/10
Forfait téléphone + haut débit	6,3/10

Source Taylor Nelson Sofres

Comme le note Taylor Nelson Sofres, les avantages qui sont le moins plébiscités par les PME parisiennes sont des services tels que le «streaming» ou qui n'ont pas encore vraiment décollé (accès aux nouveaux services internet). Les baisses de coût liées aux hauts débits sont bien perçues par les entreprises, mais moins cependant que la rapidité de transmission de fichiers ou d'affichage des pages web, ou bien la disponibilité d'une connexion permanente à internet. Il en résulte que les PME semblent apprécier l'internet à haut débit pour son confort d'utilisation et dans une moindre mesure pour les baisses de prix qu'il occasionne. Par contre les possibilités de développer de nouvelles applications et d'étendre la palette des services en ligne est encore sous-estimée. Dit autrement, en tant qu'utilisatrices les PME paraissent apprécier les offres de débit qui sont mises à leur disposition sans chercher à anticiper de nouveaux usages. Certaines PME cependant n'hésitent pas à mettre en place des solutions d'accès au haut débit très innovantes, comme le prouve le témoignage suivant :

Etude de cas : Ent7 (Traitement des déchets industriels et inspection des canalisations) - Entreprise implantée dans une petite zone d'activité en milieu rural (21)

Présentation de l'entreprise

La société Ent7 est située dans la même zone d'activité que l'entreprise Ent5 dans une commune de 1 100 habitants, près de Dijon. Elle est spécialisée dans le traitement des déchets industriels et l'inspection des canalisations. Petite entreprise de 25 personnes et 2 millions d'euros de chiffre d'affaires, elle possède néanmoins deux sites distants de 10 km.

Utilisation du haut débit

Dans le cadre d'une expérimentation du conseil général de Côte d'Or avec une desserte par satellite et WiFi, Ent7 disposerait d'une connexion à 2 Mbit/s pour un prix de 5000 € pour un an. Cette solution permettrait de desservir cette société qui n'a accès qu'aux offres de liaisons louées de France Télécom, trop chères pour la taille de la structure. D'autre part le second site de l'entreprise est à Dijon et raccordé à l'ADSL.

En terme d'utilisation, Ent7 se servirait principalement de sa connexion haut débit pour :

- consultation d'informations sur internet, messagerie électronique,
- site web de l'entreprise en cours de développement,
- échanges avec les banques et l'administration (TVA, charges sociales, etc.),
- transfert de fichiers vidéo (MPEG) des inspections vidéo des canalisations des industries clientes, ce qui représente de gros volumes et ne pourrait pas passer par une liaison RTC,
- échange d'informations entre les deux sites de l'entreprise, ce qui permet de former certaines personnes à distance.

Il est à noter que les échanges se font à 90 % avec les clients d'Ent7 situés dans la région Bourgogne, le reste étant dans le reste de la France.

Le haut débit est donc un élément prépondérant du développement de la société.

1.2.2 ...mais elles en ressentent depuis peu un besoin croissant.

Une étude effectuée pour le compte de la Chambre de commerce et d'industrie alsacienne, en janvier 2001, indiquait que 17 % seulement des PME de cette région avaient un accès haut débit (par câble, LS ou ADSL), mais que sur l'ensemble de l'échantillon, 88 % se déclaraient satisfaites de leur type de connexion. Tout laisse donc à penser que, au moins sur l'échantillon enquêté au début de l'année 2001, 12 % seulement ressentaient vraiment le besoin d'un accès au haut débit. Cela confirme l'impression relevée à propos de l'enquête Taylor Sofres Nielsen ci-dessus, que les usages semblent en général suivre l'offre plutôt qu'ils ne la précède. De même, une enquête effectuée par l'INSEE en septembre 2001 en région Limousin, plutôt en retard dans l'usage des télécommunications, indique de son côté que seulement 10 % des PME connectées souhaitent évoluer vers le haut débit. Les deux entreprises décrites ci-dessous sont des illustrations de clients satisfaits

Etudes de cas: des clients satisfaits - deux sociétés implantées dans un hôtel d'entreprises sur une zone en reconversion d'un district de 10 000 habitants (68)

Entreprise ENT3 (conception de logiciels pour les machines à commande numérique)

Présentation de l'entreprise

La société ENT3 est spécialisée dans la conception de pilotes de commande numérique pour l'industrie, c'est-à-dire de logiciels et d'applications destinés aux machines à commande numérique. Créée en 1995, ENT3 a un chiffre d'affaires de 0,4 million d'euros environ pour six salariés.

Utilisation du haut débit

Connectée à l'ADSL de France Télécom (Netissimo 1 à 512 Kbit/s) depuis sa disponibilité en 2001, la société est satisfaite de sa connexion qui lui permet de réaliser des économies par rapport à une ligne bas débit, tout en fournissant une plus grande souplesse d'utilisation. ENT3 héberge son propre site web, met à disposition en téléchargement sur celui-ci des versions de démonstration de ses logiciels. De plus, les clients de l'entreprise, situés dans toute la France, peuvent accéder à un serveur FTP pour télécharger les mises à jour ou bien obtenir le logiciel qu'ils ont commandé.

Entreprise ENT4 (robotique industrielle)

Présentation de l'entreprise

L'entreprise ENT4 est spécialisée en robotique industrielle : la fabrication et la conception de robots. Elle compte huit employés et a un chiffre d'affaires de 0,7 million d'euros environ.

Utilisation du haut débit

L'entreprise ENT4 utilise une connexion Netissimo 2 (1 Mbit/s) depuis cette date, ce qui lui permet de diviser sa facture internet par deux par rapport à une ligne analogique. Cette connexion est suffisante pour les besoins de l'entreprise, qui sont principalement :

- recherche d'informations sur le web, messagerie électronique,
- échange de gros fichiers : plans de robots, mise à jour des logiciels.

Les partenaires de la société se situent partout en France et en Europe.

Il semble bien que la période actuelle soit une phase de transition dans la montée vers les hauts débits, puisque l'ADSL, la première manifestation d'une possibilité d'accès en masse au haut débit, a commencé à être déployé sur l'ensemble du territoire au début de l'année 2001 seulement. Les entreprises sont sans doute et dans une large mesure, désireuses d'augmenter les capacités auxquelles elles ont accès. Ainsi, une enquête publiée par le cabinet Cospirit Research, effectuée sur un échantillon de 405 PME en mai 2001, révèle que 30 % d'entre elles souhaitent évoluer vers le haut débit, et notamment l'ADSL qui est plébiscité à 75 % par celles qui souhaitent cette évolution. De la même façon, les PME sont prêtes à passer de l'intention à l'acte. Ainsi, dans la petite couronne parisienne, cette technologie a été commercialement accessible durant l'année 2000 : dans l'enquête Taylor Nelson Sofres de mai 2001, 33 % des entreprises déclaraient avoir un accès au haut débit via l'ADSL. En novembre 2001, cette proportion était déjà passée à 52 %. Dans le même ordre d'idée, une enquête effectuée sur les PME wallonnes par l'Agence wallonne de télécommunications indique qu'entre la fin de l'an 2000 et celle de 2001, les connexions ADSL sont passées de 4,8 % à 25,7 %, ce qui prouve le succès fulgurant de cette technologie⁶.

L'impression générale est donc que la demande ne stimule pas l'offre de haut débit, mais que lorsque celle-ci est disponible, elle rencontre un véritable succès. Et même les entreprises les plus éloignées de la haute technologie semblent y trouver leur compte, comme en témoigne l'exemple de cette entreprise de démolition de véhicules.

⁶ Agence wallonne des télécommunications, «Usages TIC par les PME Wallonnes» - <http://usages.awt.be>

Etude de cas : L'entreprise Ent6 (démolition automobile) - Siège implanté dans une petite zone d'activité en milieu rural (21)

Présentation de l'entreprise

La société Ent6 (chiffre d'affaires de 1,7 million d'euros) a pour activité la démolition automobile, la vente de pièces détachées et de véhicules d'occasion en France et à l'export.

Le siège d'Ent6 est implanté dans les environs de Dijon, dans la même zone d'activité que Ent5 et Ent7. L'entreprise emploie 11 personnes réparties en deux sites : son siège et une agence commerciale à Dijon (à environ 15 km).

Utilisation du haut débit

Dans le cadre de l'expérimentation menée par le conseil général de Côte d'Or, Ent6 devrait bénéficier d'un accès haut débit par satellite et WiFi (5000 € pour un an), pour siège, et d'un accès ADSL 512 Kbit/s à Dijon. Bien que cela ne soit pas une obligation pour la société d'avoir de tels accès, cela représente une grande facilité d'usage et un gain de productivité pour les employés. Ainsi Ent6 peut :

- envoyer les procédures de démolition de véhicules directement à la préfecture (soit aujourd'hui 1 500 dossiers par an et environ 4 000 dossiers à l'horizon 2004),
- faire du commerce électronique en vendant des pièces détachées par l'intermédiaire de son site web (300 messages par jour).

Les échanges ont donc lieu à la fois sur l'agglomération de Dijon (second magasin et préfecture) et sur la France entière en ce qui concerne la vente de pièces détachées.

Avec son raccordement au haut débit, Ent6 a rencontré quelques problèmes liés à son réseau interne : le serveur de sortie n'est pas tout à fait assez puissant pour assurer un écoulement du trafic parfaitement régulier et fluide.

1.2.3 Quels usages réels du haut débit et quel freins pour leur développement ?

Si la vision des usages des hauts débits est encore confuse, et peut être liée à un cycle d'apprentissage, dans certains cas ces usages sont déjà bien implantés, et sont souvent bridés par le débit disponible ou le coût d'accès à une largeur de bande plus confortable. Le tableau suivant présente, à partir des études de cas réalisées dans le cadre de ce rapport, le positionnement d'entreprises vis-à-vis de la question du haut débit. Chacune a un accès à un débit au moins similaire à celui de l'ADSL, de sorte que l'on peut observer les usages qu'elles en font et qui sont fortement associés à leurs métiers. Ce tableau permet aussi de se rendre compte que la moitié des entreprises souhaiterait disposer d'un débit plus élevé, qu'elles fixent à au moins 2 Mbit/s. Certaines considèrent que le prix est le frein majeur à cet accès, pour d'autres il s'agit de l'indisponibilité pure et simple.

Un point important, mis en évidence par ce tableau, est que, pour ces entreprises, l'échange symétrique de données (envoi de fichiers, téléchargement) avec les clients constitue une des applications les plus citées. Cela signifie que, pour elles, l'ADSL n'est pas tout à fait adapté, dans la mesure où il offre des débits asymétriques. Cette remarque peut sans doute se généraliser pour toutes les firmes concernées avant tout par les échanges interentreprises.

Tableau 1.5. : Les usages des hauts débits à partir des études de cas

Entreprise	Taille	Activité	Zone d'implantation
Ent1	Plus de 1000 salariés	Fabrication de chauffe-eau et chaudières	zone d'activité à la périphérie d'une ville moyenne (22)
Ent2	TPE	Fourniture de pièces spécialisées pour l'industrie	hôtel d'entreprises sur une zone en reconversion d'un district de 10 000 habitants (68)
Ent3	TPE	conception de logiciels pour les machines à commande numérique	idem ENT2
Ent4	TPE	Robotique industrielle	idem ENT2
Ent5	PME	géomatique	Siège implanté dans une petite zone d'activité en milieu rural (21)
Ent6	PME	démolition automobile	idem Ent6
Ent7	PME	Traitement des déchets industriels et inspection des canalisations	idem Ent6
Ent8	Grosse PME	Fabrication de machines à emballer	Commune rurale (21)
OT1	Service Public	Office de Tourisme	Commune rurale de haute montagne –Station de ski (06)
Ent9	TPE	gestion d'un site web de type annuaire/portail	pépinière d'entreprises d'un parc industriel à la périphérie d'une ville moyenne
Ent10 / Ent11	TPE	création multimédia (sites web, CD-ROM...) et illustration	zone rurale (87)
Etabpub	Etablissement public	gestion de l'élevage chevaux, fichier national d'identification des chevaux	zone rurale (19)

Source : ENST Bretagne

Haut débit	Freins	Prix élevés	Applications	
			Réalisées	Envisagées
256 Kbit/s	Débit	Oui : 3 000 €/mois	Messagerie, visioconférence, achats en ligne, FAO avec fournisseurs	Accès à 2 Mbit/s ou 10 Mbit/s
ADSL	Débit		Vente en ligne, transfert de fichiers	Accès à 2 Mbit/s
ADSL			Site web, serveur FTP	
ADSL			Echange de fichiers, mise à jour de logiciels	
Wifi/ satellite	Temps de réponse		Envoi de fichiers graphiques, télémaintenance, e-learning, vente en ligne	Augmentation du débit
Wifi/ satellite		5 000 €/mois	Téléprocédures, vente en ligne	
Wifi/ satellite		5 000 €/mois	Téléprocédures, transfert de fichiers télémaintenance vidéo	
LL 256 Kbit/s	Débit	1 500 €/mois	Échange de plans, téléprocédures	Accès à 2 Mbit/s, visioconférence, SAV en ligne
LL 512 Kbit/s	Temps de réponse	Oui	Site web en propre	Accès à 2 Mbit/s, centrale de réservation en ligne, connexion à la mairie
Wifi + ADSL 512 Kbit/s		15 €/mois	Portail web, recherche et mise en relation de clients	Visioconférence avec des clients
RNIS 128 Kbit/s	Débit			ADSL
LL 512 Kbit/s, 2x 1 Mbit/s	Débit, tarifs		Fichier de bases de données, visioconférence	10 Mbit/s, site web en propre

1.2.4 Et le secteur public ?

Le secteur public a des besoins en haut débit assez similaires à ceux du secteur privé, mais les domaines de l'enseignement, de la recherche et de la santé publique ont pu bénéficier, depuis un certain temps, d'un accès significatif au haut débit par l'intermédiaire du réseau Renater. Depuis, les initiatives se multiplient comme en témoigne le récent séminaire Anter des 11 et 12 juin 2002⁷, qui fait le point sur l'évolution des accès au haut débit dans le domaine de l'éducation et de la recherche. Cependant, les écoles, les administrations territoriales, n'accèdent que depuis peu à internet et aux transmissions de données, de sorte que leur pratique du haut débit est encore fragmentaire.

Etude de cas : Haut débit et télémédecine⁸

Dans le domaine médical, la large diffusion du haut débit devrait entraîner des changements d'ampleur dans l'usage des nouvelles technologies de la communication. Les activités de santé nécessitent en effet des débits particulièrement élevés pour pouvoir être portées sur internet (Delpuch, Nabarette, 2000) :

- Les fichiers informatiques utilisés sont lourds, notamment l'imagerie médicale. Les échanges d'information dans le secteur de la santé ne peuvent se limiter à des textes et des images fixes de petite taille.
- La transmission d'informations médicales dont dépend la santé d'hommes et de femmes, ne doit par ailleurs souffrir d'aucune lenteur.

Le haut débit permet de numériser et de compresser les images sans en altérer la qualité de diagnostic et le nombre, et d'associer la visioconférence pour dialoguer en temps réel. L'avènement du haut débit favorise donc les applications de télémédecine et augmente le rapport avantage/coût des applications médicales en ligne. Certaines applications voient leur fonctionnement amélioré : par exemple, dans le cadre de la formation médicale continue, la possibilité pour un médecin d'accéder, de son cabinet ou de son domicile, à des séquences vidéo est un réel progrès. Il peut ainsi s'informer sur une nouvelle technique opératoire en téléchargeant une vidéo, participer à une visioconférence avec des confrères...

Dans le domaine de la télémédecine, qu'il s'agisse de télédiagnostic, de second avis ou de télésurveillance médicale, les hauts débits vont imposer de nouveaux

7 Séminaire sur «L'aménagement du territoire pour l'éducation et la recherche»
<http://www.educnet.education.fr/equip/anterprg.htm>

8 Cette étude de cas a été rédigée par M Le Goff Pronost

usages. Ainsi, le médecin connecté en permanence peut consulter des bases de connaissances entre deux visites ou pendant sa consultation, si ses relations avec le patient le permettent. Si les référentiels adéquats sont mis à leur disposition et sont simples et rapides à télécharger, ils atteindront demain plus facilement les professionnels de santé. Parmi les exemples de projet utilisant le haut débit on peut citer :

- Le projet IMMEDIAT (projet «autoroutes de l'information») : la thématique générale concerne la mise en place opérationnelle de communication visuelle et de données images (clichés radiologiques) dans le cadre de la liaison entre services d'urgences hospitaliers (liaison haut débit ATM, opérationnelle entre les hôpitaux CHR-Rennes et CHG-St-Brieuc). La connexion et l'optimisation des terminaux multimédia permettent la manipulation d'un examen radiologique ; la communication audiovisuelle entre médecins (données et visiophonie) est opérationnelle.

- Le CHU de Besançon prévoit l'exploitation d'un réseau haut débit grâce à sa présence dans le réseau métropolitain Lumière, et ce selon trois axes :

- * le télédiagnostic, comportant la transmission entre établissements hospitaliers de données médicales ;
- * la téléconsultation, favorisant une mise en relation interactive des médecins hospitaliers ;
- * la consultation de banques de données.

- Au sein des services d'expérimentation du réseau régional breton MEGALIS, on peut mentionner :

- * La transmission d'images dynamiques de qualité diagnostic entre Nantes et Vannes,
- * L'expérience pilote entre les centres hospitaliers de Saint Brieuc et de Lannion pour la dialyse de proximité. La télémédecine permet de délivrer pendant la séance de dialyse un acte médical néphrologique équivalent à celui donné par la présence physique dans le centre. La télésurveillance des paramètres des générateurs et la vidéo-phono-assistance des patients sont réalisées grâce au réseau haut débit MEGALIS. Résultats annoncés : sentiment de sécurité, qualité des soins, économie dans le coût de transport sanitaire de 1 600 € par mois et par patient.

Tous ces projets montrent un foisonnement d'expériences et une performance accrue des systèmes de télémédecine grâce au haut débit. Cependant, en l'absence d'une évaluation exhaustive, tant sur le plan médical, social et économique de ces projets et de leur reproductibilité à grande échelle, il est encore difficile de se prononcer de manière précise sur les avantages que peut procurer l'accès de tous les centres hospitaliers au haut débit.

Le tourisme est un domaine important du développement local. L'exemple suivant montre comment dans une commune rurale, une liaison haut débit pourrait être utilisée à la fois pour les activités touristiques vitales pour la commune mais aussi plus largement par les services publics.

Etude de cas : L'Office du tourisme OT1 – Station de ski (06)

Présentation

Cette commune de montagne des Alpes-Maritimes (06) est une station de ski en hiver. L'office du tourisme de la commune a une activité importante été comme hiver, et joue un rôle important dans la vie économique de la zone.

Utilisation du haut débit

Actuellement l'office du tourisme utilise une liaison louée à 512 Kbit/s chez France Télécom. Mais cela ne répond pas à ses besoins car l'office du tourisme est le propre hébergeur de son site web, ce qui requiert beaucoup de bande passante et un temps de réponse assez court. La commune souhaiterait développer une centrale de réservation en ligne, mais le débit utilisé pour l'instant ne le permet pas. Et passer à un débit supérieur a un coût trop important pour la commune. Le débit idéal serait d'environ 2 Mbit/s, cela permettrait de connecter également la mairie et des organismes publics au moyen d'un petit réseau local. La mairie souhaiterait également développer les échanges informatiques entre les différents acteurs publics de la commune.

● 1.3 Conclusion

Les entreprises expriment des besoins assez différenciés vis-à-vis du haut débit. Les exigences de bande passante par poste de travail varient de un à trois entre d'une part les grands utilisateurs, qui se caractérisent par une production et un usage intensifs des informations codées sous forme numérique, et d'autre part les entreprises de secteurs plus traditionnels qui doivent encore assimiler les potentialités que recèlent les services d'information. Par contre, la taille de l'entreprise ne semble pas jouer un rôle déterminant sur le débit souscrit par poste de travail.

De plus, le déploiement à grande échelle des infrastructures ADSL n'étant intervenu que depuis récemment, les opinions sur l'utilité du recours aux réseaux à large bande, demeurent encore contrastées. Mais il semble bien établi qu'une fois abonnées à ces réseaux, les entreprises en apprécient les apports dans l'amélioration de leur propre performance, et perçoivent très bien les économies que leur apportent ces réseaux dans leur budget de télécommunications. Si certains pionniers n'hésitent pas à mettre en place des usages innovants, la majeure partie des entreprises ne valorise pas encore complètement ces réseaux par des applications nouvelles. Dans ce domaine l'offre précède la demande, et une fois les réseaux à haut débit déployés pour la grande majorité du monde professionnel, des usages nouveaux apparaîtront qui justifieront a posteriori le bien fondé de ces investissements, tant pour l'offreur de service que pour l'utilisateur.

2 Inégalité géographique dans l'usage des TIC

Si les entreprises, et notamment les PME, ont un usage différencié des TIC qui dépend à la fois de leur secteur d'activité, d'une certaine faculté d'appropriation et de la disponibilité du haut débit, leur localisation influe aussi directement sur leurs usages. Au croisement de ces deux éléments : activité d'un côté et localisation de l'autre, existent des types d'ancrage territorial pour les entreprises, autrement dit des spécificités d'investissement qui dépendent directement du lieu sur lequel l'entreprise a choisi de s'implanter. Ces ancrages différenciés engendrent des formes de développement localisé sur un territoire donné, donc des spécificités de développement local. Ces formes peuvent à leur tour se trouver stimulées ou au contraire handicapées par la présence ou l'absence d'infrastructures de communication à haut débit. C'est ce point précis qui va être examiné dans ce chapitre.

Dans un premier temps seront présentées les inégalités d'accès au haut débit qui dépendent de la localisation.

● 2.1 Une partition du territoire français

Le rapport «Développement des réseaux d'opérateurs et territoires ruraux»⁹ a mis en évidence les inégalités du territoire, quant à la possibilité d'accéder aux

9 «Développement des réseaux d'opérateurs et territoires ruraux» : rapport de l'Observatoire des télécommunications dans la ville (juillet 2001) avec la collaboration de la société TACTIS.

infrastructures de communication à haut débit. Cette étude classe les territoires en trois catégories :

- Les zones blanches, où les opérateurs de télécommunications en concurrence sont présents pour offrir aux entreprises des infrastructures et des services à haut débit. La concurrence permet une diversité d'offre à des prix attractifs.
- Les zones grises, où seul est présent l'opérateur historique, qui déploie principalement une offre de type ADSL.
- Les zones noires, où même l'opérateur historique n'est pas prêt à installer une infrastructure à large bande, les coûts étant trop élevés par rapport aux recettes attendues.

Le tableau suivant en synthétise les conclusions :

Tableau 2.1. : Partition de la France en trois zones pour l'accès au haut débit

	Zones blanches	Zones grises	Zones noires
Nombre de communes	3 579	2 379	30 611
% population métropolitaine	65 %	10 %	24 %
% superficie métropolitaine	9,7 %	7,9 %	81 %
Technologies d'accès à haut débit	Fibre, ADSL, BLR, Câble, satellite	ADSL France Télécom, Satellite	Satellite

Source : d'après le rapport «Développement des réseaux d'opérateurs et territoires ruraux»

Bien entendu, les frontières entre les trois catégories de territoire sont toujours un peu floues. Ainsi, dans un rapport soumis au préfet de la région Auvergne en mai 2001¹⁰, l'Idate suggère que les zones blanches concernent les villes de plus de 20 000 habitants, tandis que les zones noires sont identifiées avec les communes de moins de 3 500 habitants, les zones grises s'étendant entre ces deux limites. En réalité, l'opérateur historique a annoncé pour fin 2004 un taux de couverture de la population française en ADSL de 85 % et s'engage déjà dans certaines zones de peuplement de l'ordre de 4 000 habitants.

10 Idate : «Dimensionnement du marché des télécoms des acteurs publics et privés dans le Massif Central», Mai 2001.

Etude de cas : l'ADSL suffit-il ? le cas de l'entreprise Ent2 (fournitures de pièces spécialisées à l'industrie) - District de 10 000 habitants (68)

Présentation de l'entreprise

Ent2 est une entreprise spécialisée dans la fourniture de pièces spécialisées destinées à l'industrie. Avec un chiffre d'affaires d'environ 0,5 million d'euros et un effectif de cinq personnes, cette entreprise est implantée dans un hôtel d'entreprises sur une zone en reconversion d'un district de 10 000 habitants en Alsace.

Utilisation du haut débit

Ent2 utilise actuellement une connexion ADSL France Télécom à 1 Mbit/s (offre Netissimo 2). Mais cette connexion semble un peu juste en termes de débit, il faudrait environ deux fois plus pour couvrir les besoins de l'entreprise. L'utilisation du haut débit est une nécessité pour Ent2 afin d'échanger des plans de pièces avec ses clients, plans qui représentent de très gros volumes de fichiers (quelques dizaines de Mo). Les clients d'Ent2 sont partout en France et dans le monde (Europe, Asie), et le fait que certains ne soient pas équipés de haut débit empêche parfois d'échanger des gros fichiers via internet ; dans ce cas un CD-ROM envoyé par la poste se substitue au réseau.

Outre les activités de transfert de fichiers, Ent2 gère un site de commerce électronique de B2B. Ce site est hébergé chez un professionnel, et seules les mises à jour (quotidiennes) se font via la connexion ADSL.

Un point intéressant mis en avant par l'étude de l'Idate, est que dans les zones grises et noires, les besoins en haut débit du secteur public (collectivités locales, santé, enseignement) représentent une part non négligeable de l'ensemble des usages. Ainsi cette étude montre que l'usage public peut être évalué à 24 % du total pour une ville comme Mende, 31 % pour Guéret, 42 % pour Tulle. Cela signifie que dans ces villes de taille relativement modeste mais qui ont pourtant un statut de préfecture ou sous-préfecture, l'implication des pouvoirs publics dans le déploiement des infrastructures à haut débit se trouve parfaitement légitimée par leurs besoins propres. En outre ceux-ci auront un effet d'entraînement sur l'usage privé car, dans l'hypothèse où les coûts sont répartis au prorata des usages, cela permettra de faire baisser de façon significative le prix de l'accès au haut débit pour le secteur privé.

Pour ces zones, l'implication des collectivités locales se trouve donc justifiée non seulement par la nécessité de rééquilibrer les coûts d'accès aux hauts débits pour le milieu professionnel local, mais aussi par leur propre demande.

Etudes de cas : Le handicap des zones noires

Ces deux cas illustrent les difficultés que rencontrent les entreprises dans les zones noires, et l'impact sur leur avantage concurrentiel.

L'entreprise Ent8 (fabrication de machines à emballer) - Commune rurale (21)

Présentation de l'entreprise

Cette entreprise (chiffre d'affaires de 50 millions d'euros), qui fait partie d'un groupe français, est spécialisée dans la fabrication de machines à emballer. Située à une vingtaine de kilomètres de Dijon dans une commune rurale, la ENT8 possède trois établissements en France, et deux à l'international, pour un total de 550 employés.

Utilisation du haut débit

Pour se connecter à internet et communiquer entre ses différents sites, la ENT8 utilise une liaison louée à 256 Kbit/s, au prix de 1 500 € par mois. Cette liaison permet de former un réseau local (WAN) entre les sites, via un réseau privé virtuel (VPN). Il n'est pas possible pour ENT8 de prendre du plus haut débit, les tarifs sont trop élevés du fait notamment du manque de concurrence. Il faudrait une liaison à 2 Mbit/s pour répondre aux besoins suivants:

- échange de plans avec les clients ou fournisseurs (gros volumes de données),
- développement d'un service après-vente en ligne,
- visioconférence (le débit actuel est trop faible pour le permettre),
- échanges avec les banques et l'administration (TVA...),
- base de données interne des clients disponibles en réseau via le WAN.

Le fait de ne pas pouvoir bénéficier d'un débit élevé bride ENT8 dans le développement de nouveaux services, et cela pose parfois des problèmes dans les relations avec les clients. D'après le directeur informatique, cela est équivalent, de nos jours, à la situation où, en 1980, on ne disposait pas du téléphone.

Les entreprises ENT10 (création multimédia) et ENT11 (illustration technique) - deux entreprises implantées en zone rurale (87)

Présentation des entreprises

Installées dans une petite commune rurale située à environ 15 km de Limoges, les entreprises ENT10 et ENT11 sont gérées par la même personne. Leurs chiffres d'affaires respectifs sont de 0,57 et 0,60 million d'euros, pour un total de 20 employés. ENT10 est spécialisée dans la création multimédia (sites web, CD-ROM...) et l'illustration. ENT11 est spécialisée dans l'illustration technique. Les deux sociétés sont réparties sur trois sites distants de quelques centaines de mètres.

Utilisation du haut débit

Le fondateur des sociétés a choisi de s'installer en milieu rural afin de redynamiser des zones en perte de vitesse, économiquement parlant. Il pensait pouvoir s'affranchir des distances avec l'utilisation des ressources liées à internet.

La zone n'est pas desservie par l'ADSL et il n'a pas d'autre opérateur présent que France Télécom. La seule solution pour les sociétés est d'utiliser une ligne RNIS à 128 Kbit/s pour pouvoir accéder à internet. Mais ce débit n'est pas suffisant pour leur activité, et elles souhaiteraient bénéficier d'une offre ADSL au minimum. Il n'est en effet pas possible pour les sociétés d'envoyer certaines réalisations volumineuses à leur destinataire, la ligne RNIS ne pouvant absorber le volume de données.

Des utilisations de type visioconférence ne sont également pas possibles, car il ne reste pas suffisamment de bande passante pour obtenir une qualité correcte. Les sociétés ENT10 et ENT11 se sentent handicapées par le manque d'offre haut débit par rapport à certains de leurs concurrents. Le réseau Limousin actuellement à l'étude ne représente pas non plus une solution, car il ne desservira pas ces entreprises, bien qu'il passe à 3 km seulement : les entreprises de taille plus importantes ont été privilégiées.

La partition en zones blanches, grises et noires repose assez largement sur la venue des opérateurs sur un territoire et leur intérêt à y déployer des solutions haut débit. Nombreux dans les zones blanches, il n'y en a plus qu'un seul (l'opérateur historique) dans les zones grises et aucun dans les zones noires.

Par ailleurs, cette segmentation ne peut, par construction, entrer dans la variété des situations locales, où des portions de territoire situées dans une zone blanche ne font pas l'objet d'une offre à haut débit, pour des raisons techniques ou économiques. Les opérateurs peuvent considérer que la demande potentielle n'y est pas suffisante car les résidents ne possèdent pas de très hauts revenus, ou le répartiteur est trop éloigné, ce qui réduit considérablement la qualité de service pour l'ADSL, ou enfin la présence d'obstacles physiques altère le niveau du service. Ainsi, même les zones blanches se présentent comme des «peaux de léopard» où quelques taches noires viennent altérer la situation favorable de la zone.

● 2.2 Des formes de développement qui varient d'un territoire à l'autre, et un accès différencié au TIC

On peut donc essayer de moduler cette partition en analysant, d'un point de vue territorial, l'usage des TIC dans les entreprises. On utilisera une segmentation du territoire en cinq classes, élaborées à partir des travaux de l'Economie Géographique inspirés de Ann Markusen. Ces classes sont les suivantes :

- Les grandes métropoles nationales ou régionales.
- Les plates-formes satellites : zones de développement fondées sur la localisation de filiales de production de grandes entreprises multinationales. Cork en Irlande, Valenciennes en France en sont des exemples.
- Les districts rayonnants : localités dont le développement est fondé sur la présence d'une grande entreprise, entourée de sous-traitants. Clermont-Ferrand, Castres, Niort (pour la VPC) fonctionnent sur ce modèle.
- Les districts industriels à l'italienne. Ce sont des zones où un artisanat traditionnel a su se transformer pour développer une compétitivité internationale. On les appelle parfois «systèmes de production localisés» (Datar, 2001).

- Les cœurs technologiques où des entreprises de haute technologie, situées à proximité de centres de recherche et d'universités, développent des activités fortement innovantes. L'exemple emblématique est la Silicon Valley au sud de San Francisco. En Europe des «cœurs technologiques» copiés sur la Silicon Valley existent notamment à Sophia Antipolis, à Cambridge, dans le Bade Württemberg en Allemagne.

2.2.1 Les grandes métropoles

Elles couvrent une large partie des zones blanches. Ce sont des zones d'emploi à forte densité d'activité, où peuvent être installés beaucoup de sièges sociaux (Ile de France, Lyon, Lille...). Elles cumulent sur leur territoire une grande variété d'activités, dont les besoins en TIC sont importants. Ces régions concentrent aussi, on l'a dit, des activités de services aux entreprises fortement intensives en usage d'information.

Par ailleurs ces zones bénéficient d'infrastructures de communications avancées, de centres de recherche et d'universités, d'une main-d'œuvre abondante et d'une demande locale suffisante. Cela ne peut que renforcer leur attractivité. Ces zones ont, par définition, vocation à attirer les opérateurs de télécommunications, car leurs besoins en haut débit sont élevés. Elles sont un lieu de concentration de la production de connaissance nécessaire au fonctionnement de l'appareil productif : informatique, conseil, audit comptable, organisation interne des entreprises, entrepôts de données. Leur seule limite en capacité d'aimantation des activités, provient des coûts de congestion et de l'infrastructure immobilière.

Mais, et c'est paradoxal au premier abord, la disponibilité d'une offre privée d'infrastructures à haut débit dans ces zones n'empêche pas les pouvoirs publics de s'impliquer dans des projets, avec des objectifs de mutualisation et de péréquation.

Le Sipperec qui regroupent des communes de la Petite Couronne de Paris, joue le rôle de centrale d'achat de services de télécommunications faisant jouer la concurrence entre opérateurs. De plus, le Sipperec a décidé le déploiement d'une infrastructure en fibres noires afin que toutes les communes de la Petite Couronne bénéficient de l'accès au haut débit à des conditions avantageuses. Il a octroyé une délégation de service public à Irisé pour la construction et l'exploitation de ce réseau. Enfin, le Sipperec a choisi Lyonnaise Communications (Noos) pour ses

projets de réseau câblé intercommunal (3 plaques) représentant 600 000 prises potentielles.

Cet exemple montre que même dans ou sur le pourtour des zones blanches les plus favorables à une offre concurrentielle, les collectivités locales estiment nécessaires de stimuler la concurrence dans les zones moins bien desservies.

2.2.2 Les plates-formes satellites

A l'inverse des grandes métropoles, il existe des zones d'emploi dont certaines sont également densément peuplées, mais plutôt caractérisées par la présence de grands sites industriels ou de production (chantiers navals, constructeurs automobiles, etc.). Des activités de service s'y développent, qui sont liées à la fourniture de main-d'œuvre (intérim...) ou de service industriel (nettoyage...). Citons Valenciennes mais aussi Saint-Nazaire, Le Havre, Montbéliard et Sochaux qui appartiennent à cette catégorie.

Dans ces plates-formes satellites, l'usage professionnel des TIC sera beaucoup moins répandu, car d'une part les sites de production n'y recourent que sporadiquement, et d'autre part les activités de service qui accompagnent ces sites n'en font elles-mêmes qu'un usage très épisodique. Mais si dans une zone donnée, les infrastructures de communication ne sont pas à la hauteur des attentes de la maison mère, cela peut être un motif pour délocaliser ou refuser d'installer l'établissement dans la zone en question. Car les établissements présents ont relativement peu d'interactions avec leur territoire d'accueil, et leur localisation est dominée par les objectifs stratégiques et organisationnels de leur maison mère, qui se comporte en consommateur de territoire, cherchant un ancrage là où le rapport qualité/ coût est le plus favorable.

A titre d'exemple, le Valenciennois est une forme de plate-forme satellite dans la mesure où il regroupe sur son territoire un ensemble d'usines de constructeurs de matériel transport tant routier (Toyota, Renault et bientôt Peugeot) que ferroviaire (Alstom). Autour d'elles sont implantés beaucoup de sous-traitants. Bien que ces industries fassent appel aux mêmes types de compétences et valorisent les mêmes avantages concurrentiels, elles n'ont guère de liens entre elles. Leurs usines se trouvent par ailleurs à proximité d'autoroutes (l'A1, de Paris à Lille et Bruxelles) et d'aciéries (Dunkerque), ce qui leur offre une facilité d'accès tant aux matières premières qu'aux débouchés. Les pouvoirs publics locaux ont installé des

établissements de recherche et des universités, avec une forte orientation vers la mécanique et les transports. Les entreprises implantées dans la zone de Valenciennes y trouvent donc le meilleur rapport qualité/coût et une main-d'œuvre formée par rapport à leur exigence de production industrielle de masse dans le secteur du transport.

Mais de façon révélatrice, les pouvoirs publics locaux n'ont pas mis en place un réseau d'infrastructures à haut débit. Un tel réseau existe bien dans le cas de Valenciennes, mais il privilégie les relations transfrontalières entre le pôle de recherche local et la faculté de Mons en Belgique, plutôt que les interactions université/industrie avec le riche Valenciennois. Pour une telle plate-forme satellite, le haut débit ne semble donc pas être la priorité dans une perspective de valorisation du territoire.

Les plates-formes satellites sont directement issues de la révolution technologique dans le transport de marchandises, comme l'a si bien montré Alfred Chandler. Grâce à l'abaissement du coût de transport, les entreprises ont pu concevoir des unités de production plus vastes, tirant ainsi parti des économies d'échelle. De plus, la localisation de ces unités était décidée en fonction du voisinage d'infrastructures routières, aéroportuaires ou maritimes, de la faiblesse des coûts de main-d'œuvre, et des incitations fiscales d'autorités locales ou nationales. Le développement du commerce international et la globalisation n'ont fait qu'aviver cette tendance en donnant encore plus de degrés de liberté aux entreprises dans le choix de leur implantation.

Cependant, la vulnérabilité économique et sociale des plates-formes satellites est à souligner. Elle est illustrée par exemple, par le développement industriel de la Bretagne, «terre des télécommunications». Comme le souligne P. Veltz¹¹, de 1960 à 1977 les effectifs des industries de fabrication de matériel de télécommunications sont passés de 20 000 à 73 000. Des usines de production ont été installées à Lannion, Pont-L'Abbé et Brest. Mais elles employaient surtout des ouvriers et des techniciens, tandis que 70 % des ingénieurs continuaient à travailler en Ile-de-France. Du coup, lorsque la crise de surproduction a frappé le secteur en 2001, les territoires bretons se sont trouvés en première ligne dans le mouvement de réduction d'effectifs et de fermeture de sites. Cela a, incontestablement, fragilisé le territoire.

¹¹ P. Veltz «Des lieux et des liens» Editions de l'Aube, Paris, p 22.

2.2.3 Les districts rayonnants

Les districts rayonnants (hub and spokes en anglais) sont concentrés autour d'un grand établissement entouré d'un essaim de sous-traitants, dont l'activité lui est fortement subordonnée. Ainsi, dans le district rayonnant de Castres-Mazamet, les établissements Pierre Fabre, principale entreprise de la zone, représente le moyeu (hub) autour duquel gravite une activité économique non négligeable (spokes). Mais l'établissement central peut connaître deux évolutions majeures. Soit il réussit, et il structure alors fortement le territoire autour de son activité. C'est par exemple le cas de Michelin à Clermont-Ferrand ou de Benetton à Trévise. Soit, scénario plus fréquent, il est absorbé par une entreprise plus importante, et le district rayonnant se transforme à terme en plate-forme satellite.

Compte tenu de leur impact local, les établissements d'un district rayonnant ont un fort pouvoir de négociation vis-à-vis des pouvoirs publics locaux. Pierre Fabre par exemple, a travaillé en étroite symbiose avec les municipalités de Castres et Mazamet, pour créer un réseau à haut débit géré par l'intermédiaire d'une société d'économie mixte, Intermediasud. Celle-ci a été créée en 1997 et symbolise le partenariat privé/public (58 % du capital est détenu par les acteurs publics, et 42 % par des acteurs privés, dont 16 % par les Laboratoires Pierre Fabre. Si Intermediasud n'a aucune délégation de service public de la part des collectivités locales, son rôle dans le développement économique de la zone est indéniable. Ce projet a permis de désenclaver la zone vis-à-vis des infrastructures de communication et représente un effort réussi de mutualisation entre public et privé. La mise en place du réseau à haut débit a contribué à créer directement 130 emplois (start-up utilisant les services de la plate-forme d'intermédiation du réseau) et a occasionné des gains de productivité à plusieurs entreprises du site : Benne SA, Get Electronique. Enfin, les laboratoires Fabre ont pu ne pas délocaliser leur centre de recherche (250 personnes). Cependant, il est vraisemblable que d'autres considérations ont pesé dans la décision de non délocalisation des laboratoires Fabre¹².

La différence d'attitude vis-à-vis du haut débit entre le Valenciennois et Castres, c'est-à-dire entre la plate-forme satellite et le district rayonnant s'explique ainsi par deux sortes de facteurs :

12 Fabre et BioMérieux avaient décidé de fusionner, ce qui favorisait le rassemblement de leur R&D. Mais cette fusion a échoué et Fabre peut être satisfait de ne pas avoir délocalisé son centre.

- D'abord à Castres on trouve le siège social de l'établissement, tandis qu'à Valenciennes, il s'agit d'établissements non autonomes. La présence locale de centres de décision facilite la prise de conscience des intérêts partagés entre les entreprises et les pouvoirs publics locaux, ainsi que la mise en œuvre des projets.
- Par ailleurs Valenciennes se trouve à proximité d'artères de transport à haut débit de la plupart des opérateurs (sur l'axe Paris-Bruxelles). Il n'est donc pas difficile de demander un raccordement à l'un d'entre eux, d'autant que bon nombre de besoins en haut débit proviendront des relations entre les établissements implantés sur le Valenciennois et leur maison mère. Il est par ailleurs possible que le réseau transfrontalier mis en place par les pouvoirs publics locaux de Valenciennes connaisse dans un second temps une extension en direction des zones d'activité économique.

2.2.4 Les districts industriels

Une autre forme de développement économique localisé est celle des districts industriels à l'italienne. Ils se caractérisent par une forte spécialisation sur une activité industrielle possédant généralement un passé d'artisanat (textile, chaussure, céramique, métallurgie, mécanique...). Cela justifie la coordination entre des entreprises par ailleurs concurrentes, et le partage d'infrastructures et de services de soutien (services consulaires, instituts de formation, organismes de financement, infrastructures de communication). Mais ces districts sont assez peu nombreux en France (Veltz, 2001) et, de plus, ils recouvrent une zone d'activité et d'emploi assez réduite, qui n'incite pas forcément les opérateurs à déployer des infrastructures à haut débit, sauf dans le cas où ces zones se trouvent à proximité de grandes artères de communication interrégionales. On peut évoquer à titre d'exemple de district industriel français, la vallée de l'Arve et le décolletage métallique (souvent analysée), le Choletais et la chaussure, Lavelanet et le textile, Quimper et l'agro-alimentaire, Oyonnax et la coutellerie, etc.

Compte tenu de l'aspect relativement traditionnel de la plupart des activités liées aux districts industriels, on ne doit pas s'attendre a priori à ce qu'ils soient fortement demandeurs en infrastructures à haut débit conformément à ce qui a été dit au chapitre 2. Néanmoins, ces districts doivent se moderniser et se renouveler en permanence, en raison des désavantages comparatifs potentiels auxquels ils sont soumis : main-d'œuvre onéreuse par rapport à des pays à bas coût,

éloignement vis-à-vis des marchés, peu d'économies d'échelle. Pour compenser ces handicaps, l'usage des TIC peut offrir des opportunités nouvelles : c'est donc par le biais des usages que ces districts peuvent être amenés à demander le déploiement des infrastructures. Mais le lien entre leur développement économique et les TIC n'est pas immédiat. Dans la mesure où ces districts font partie d'activités traditionnelles, leurs besoins en haut débit n'apparaît pas de façon très forte, sauf pour désenclaver la zone vis-à-vis des moyens de communication électronique. C'est pourquoi les pouvoirs publics peuvent prendre à leur compte une partie des préoccupations économiques, à la fois en assurant la mise à disposition de réseaux à haut débit et en stimulant les usages des TIC dans ces secteurs traditionnels. A titre d'exemple, le district de Prato en Italie, spécialisé dans le textile et la confection, a été un des premiers à utiliser la télématique dans les années 80.

Dans le pays qui est l'inventeur du concept, l'Italie, les TIC commencent d'ailleurs à connaître un développement significatif au niveau des districts industriels. Certes, les relations de communication sont encore de type traditionnel pour l'essentiel, mais l'usage du courrier électronique s'impose peu à peu : 62 % des PME analysées par «l'Osservatorio Tedis» qui sonde 1009 entreprises au sein de 33 districts¹³, en font un usage plutôt élevé notamment avec les distributeurs, et 42 % l'utilisent pour communiquer avec les fournisseurs stratégiques. Le commerce électronique n'est pas encore utilisé, mais un projet très intéressant a été lancé récemment par le district industriel de Lumezzane, spécialisé dans la robinetterie, les armes, les articles ménagers en métal, le travail des métaux et la construction mécanique.

13 S Micelli (2001) : «I risultati dell'osservatorio Reti e tecnologie per la piccola e media impresa e I distretti industriali italiani» Tedis Center, Università di Padova, juin 2001.

Etude de cas, un district industriel et les TIC : Lumezzane

Ce district comprend 86 % d'entreprises de moins de 10 salariés, 12,5 % de 10 à 50, et 1,5 % de plus de 50. L'industrie manufacturière y emploie plus de 73 % de la main-d'œuvre. Il est essentiellement spécialisé dans la robinetterie, le travail des métaux, les armes, les couverts.

En 1991 a été fondée l'agence Lumetel, une société à responsabilité limitée dont les actionnaires sont la province de Brescia (10 %), les communautés de communes de Valtrompia (8 %) et Valsabbia (8 %) la chambre de commerce de Brescia (16 %) et des entreprises privées (58 %). Cette agence a pour but de promouvoir le district et de fournir des services à ses entreprises. Ses principales productions concernent les études de marketing, l'innovation technologique, la formation de la main-d'œuvre, des services au territoire, des services concernant la qualité, l'environnement et la sécurité, de l'aide pour la constitution de dossiers de demande de prêts, la mise en place de réseaux et services télématiques (21 % du chiffre d'affaires de Lumetel) : hébergement de sites, service de téléphonie (choix de l'opérateur le moins cher), mise en place d'intranets et d'extranets, référencement sur les moteurs de recherche...

Récemment, Lumetel a lancé un projet qui a pour objet de mettre en place des services en ligne aux entreprises du district. Il s'agit notamment d'une place de marché électronique assez complexe, fondée sur un site d'acquéreurs, sur un site de mise en relation des offreurs et des demandeurs, de prestations dans le domaine du traitement spécialisé des métaux (indications de la part des offreurs de leurs capacités productives, gestion des offres de disponibilité, liste de diffusion à des donneurs d'ordre intéressés, réponses à des offres de disponibilité, etc.), sur la gestion de la logistique de vente.

2.2.5 Les zones de faible peuplement

Enfin les zones à faible densité de peuplement sont, par définition, peu susceptibles de disposer des infrastructures à haut débit que les besoins des entreprises qui y sont installées pourraient ponctuellement nécessiter. Dans ces zones en effet, les entreprises, en petit nombre, n'ont pas, sauf cas très exceptionnels, de demande suffisante en large bande. La logique concurrentielle des opérateurs les oblige à éviter les subventions croisées et les hauts débits ne sont pas inscrits dans la loi sur la réglementation des télécommunications comme faisant partie de la mission de service public. Ce sont ces zones noires où le haut débit n'a quasiment aucune chance d'arriver, sauf sous l'impulsion de mesures volontaristes des collectivités locales. Ces zones noires représentent 75 à 80 % du territoire et 15 à 20 % de la population française. Cependant certaines de ces zones

essaient de réduire le handicap de la difficulté d'accès au haut débit, comme en témoigne l'exemple suivant.

Sortir de l'isolement : l'expérience de Messigny (21)

(source : dossier de presse du conseil général de Côte d'Or)

Solutions d'accès internet haut débit pour les zones rurales

Les entreprises de la petite zone artisanale de Messigny-et-Vantoux (1 100 habitants), près de Dijon, sont équipées d'un accès à internet haut débit par satellite.

Pas de travaux de génie civil, un dispositif installé en moins de 15 jours, un débit garanti pouvant aller jusqu'à 6 Mbit/s en réception et modulable à volonté en seulement 24 heures... La solution présente bien des attraits pour les zones rurales ne disposant d'aucune formule d'accès haut débit de masse.

Le conseil général de la Côte d'Or et son partenaire qui assure la maîtrise d'ouvrage déléguée, l'ENESAD-CNERTA (Centre National d'Enseignement et de Recherche en Technologies Avancées) ont déployé les équipements en avril dernier.

Jusqu'à 6 Mbit/s garantis en réception

Skybridge (filiale d'Alcatel) a assuré la fourniture et l'installation des équipements de réception (paraboles et interfaces) donnant accès à internet à haut débit grâce au satellite géostationnaire Eutelsat, exploité par sa maison mère.

Les entreprises disposent de débit entre 2 et 6 Mbit/s en réception («best effort», autrement dit, selon le trafic sur le satellite) et 192 Kbit/s en émission. Suffisant aujourd'hui pour répondre à leurs besoins, ce débit en émission peut être porté à 2 Mbit/s et ce, en 24 heures seulement.

Une première solution avait été envisagée dans laquelle la desserte des entreprises aurait été assurée par un réseau radio, autrement appelé RLAN, de type WiFi (802.11 b). Ce réseau aurait permis de transmettre le signal depuis une antenne collective de réception jusqu'à chaque entreprise en s'affranchissant de tout câblage et donc, de travaux de génie civil. Le débit autorisé par ce réseau WiFi peut atteindre 11 Mbit/s. Toutefois, le contexte réglementaire de l'époque n'a pas permis de réaliser cette solution qui pourrait être utilisée pour d'autres zones rurales de Côte d'Or à la suite de la publication par l'ART des directives relatives à l'expérimentation de réseaux locaux sans fil (7 novembre 2002).

La disponibilité d'infrastructures, notamment de communication et de services de soutien associés, va inciter les sociétés à venir s'installer sur le territoire ou répondre à un besoin d'entreprises déjà installées. De ce fait, l'attractivité de la localisation sur le site se trouve favorisée, et cela conduit de nouveaux opérateurs à venir, augmentant ainsi la capacité de transmission électronique du territoire. Cette évolution infrastructurelle a été promue par les collectivités locales du Tarn ou du Limousin, ou enfin par la municipalité de Prades qui dans le cadre de l'aménagement de la vallée du Conflent, a pu créer une zone d'activité économique dans une zone peu peuplée, et attirer une quinzaine d'entreprises sur cette zone grâce à son bon équipement en haut débit (point d'accès en fibre optique dans la Maison des entreprises¹⁴). Nous verrons au dernier chapitre ce qu'il en coûte à une zone de faible peuplement d'accéder au haut débit.

La coexistence des zones blanches, grises et noires pose un problème évident d'aménagement du territoire. Pour atteindre l'objectif du haut débit pour tous en 2005, il faut résorber d'une façon ou d'une autre les zones noires, voire les zones grises. Or la logique économique fait que les coûts sont a priori supérieurs aux revenus dans ces zones. L'intervention publique apparaît donc nécessaire. Elle a pour principe de créer un mécanisme de subvention qui passe par la mutualisation, le partage des infrastructures, et le recours à un opérateur de télécommunications. Plusieurs niveaux d'intervention apparaissent possibles :

- La région déploie une infrastructure disponible sur tout le territoire, qui sert de dorsale aux flux de communication.
- Un département ou un ensemble de communes met en place un réseau pouvant atteindre des zones peu ou pas desservies, tout en groupant les achats, ce qui fait baisser les coûts.
- Enfin au niveau local, diverses solutions peuvent être promues pour apporter les hauts débits aux utilisateurs potentiels. Dans les zones grises, un échelon intermédiaire peut être créé qui s'appuie sur les besoins publics dans une zone métropolitaine (santé, éducation, administration, bibliothèques et culture) pour déployer une infrastructure locale, appelé réseau métropolitain. A partir de là, des réseaux de desserte jusqu'à l'utilisateur privé final peuvent venir se connecter, qui utilisent des solutions technologiques variées : ADSL, câble, réseaux locaux sans fil, satellite.

14 Voir l'étude «Le déploiement des réseaux haut débit, les stratégies territoriales», publiée en 2002 par l'Observatoire des télécommunications dans la ville

Le paragraphe suivant s'attache à préciser ce qu'apportent les hauts débits au développement local.

● 2.3 L'accès au haut débit et le développement local : une articulation complexe.

Les territoires n'ont pas le même recours aux TIC, et pas seulement parce que certains ne sont pas très peuplés. Leur spécialisation (l'ancrage territorial de leurs entreprises) et leur organisation, peuvent influencer sur leur mode d'appropriation des technologies de l'information. De façon plus générale, le lien entre celles-ci et le développement économique est difficile à expliciter.

Un lien direct, causal, entre accès aux TIC et croissance économique n'a jamais été clairement établi. Tout au plus a-t-on pu mesurer des corrélations, parmi lesquelles la fameuse «courbe de Jipp», chère à l'Union Internationale des Télécommunications (IUT), qui corrèle densité téléphonique et PIB par habitant. Mais internet devrait renforcer la relation que les télécommunications entretiennent avec le développement économique, puisque la circulation généralisée de l'information sous toutes ses formes grâce à ce réseau améliore la coordination entre les acteurs, l'accès aux connaissances et la prise de décision ; et ceci, bien plus que ne peut le faire le téléphone qui reste, au demeurant toujours disponible. Les TIC sont donc **au moins un facteur parmi d'autres qui contribuent au développement local**¹⁵. Plus précisément on peut percevoir la contribution des TIC de deux façons : une négative et une positive.

- De façon négative, les zones noires ou gris foncé subissent peut-être un frein supplémentaire à leur développement, en raison de l'absence d'une infrastructure à haut débit pour un coût raisonnable. C'est sur cette prémisse qu'a été bâti le réseau métropolitain de Castres-Mazamet. C'est aussi la justification de l'expérimentation entreprise par le Conseil général de Côte d'Or.
- De façon positive, la disponibilité d'une infrastructure à haut débit peut permettre de développer des activités nouvelles, gourmandes en bande passante, et pourrait participer à la création d'emplois. Cela, par exemple, a été la base du raisonnement des élus locaux à Amiens, lorsqu'ils ont décidé de déployer leur réseau métropolitain PhileasNet.

¹⁵ Deschamps, 2001, pp.18 et suivantes

Les technologies de l'information viennent s'insérer dans un lien dialectique fort entre l'ancrage territorial et la stratégie de croissance des entreprises. Il convient donc de comprendre la nature de cette relation. On verra ensuite que le haut débit peut constituer un relais d'amorçage ou d'amplification dans l'établissement de la relation étroite qu'entretiennent l'implantation des entreprises et le développement économique.

2.3.1 Le lien entre stratégie des entreprises et ancrage territorial

Si les entreprises trouvent sur un territoire donné les conditions adéquates à leur propre plan de développement, elles décideront de s'y installer, ou d'y renforcer leur présence. Mais leur croissance peut rendre le territoire encore plus attractif, ce qui peut inciter d'autres entreprises à venir s'installer, contribuant ainsi à poursuivre le développement économique local. A l'inverse, si les entreprises ne trouvent plus sur leur lieu d'implantation les conditions environnementales favorables à leur propre expansion, elles décideront éventuellement de délocaliser leur production, ce qui peut accélérer le déclin du territoire. Il y a donc, suivant les cas, une spirale du succès ou de l'échec, qui lie la stratégie d'implantation des entreprises et le développement local.

Cette articulation se complique si les entreprises décident d'adopter une optique de plate-forme satellite et d'installer sur un territoire qu'une partie de leur activité. Ainsi, elles tirent parti de certains avantages que procure le lieu d'implantation, bien valorisés par cet établissement, mais elles n'y apportent pas l'ensemble de leur chaîne de valeur, ce qui limite les opportunités de développement local du territoire concerné et freine la spirale du succès. D'un autre côté, par suite d'une stratégie d'ancrage fondée sur les plates-formes satellites, le morcellement de l'activité en plusieurs localisations, rend plus difficile l'organisation interne au sein de l'entreprise, et encore plus nécessaire la disponibilité d'infrastructures de communication pour la coordination inter-sites. L'arbitrage auquel l'entreprise a recours va donc dépendre de paramètres liés à son métier, à ses besoins internes de coordination et aux facilités dont elle dispose pour les satisfaire à distance, et enfin aux avantages que procure localement une implantation sur un territoire.

En réalité, le choix d'implantation d'un établissement, et a fortiori de toute l'activité, va dépendre de la disponibilité d'un ensemble de facteurs favorables :

- dotations en ressources naturelles, ou main-d'œuvre abondante et qualifiée, et si possible pas chère,

- existence d'infrastructures de transport et de communication,
- présence de structures de soutien au développement de l'activité (chambres consulaires, instituts de formation et de recherche),
- marché local le cas échéant,
- fiscalité attractive,
- aménités locales (lieux de divertissement et de loisir...) pour la main-d'œuvre,
- etc.

Il est bien évident que les zones noires et certaines zones grises ne disposent pas de tous ces facteurs d'attractivité, car sinon elles ne seraient ni noires ni grises. Mais les hauts débits peuvent-ils enclencher à eux seuls le lien dialectique entre attractivité et développement ?

2.3.2 Les entreprises de haute technologie, une priorité pour l'attractivité territoriale ?

Comme les infrastructures de transport, les TIC permettent de réduire l'isolement et l'éloignement du territoire. Mais en plus, elles facilitent le développement **des interactions locales sur le site**, comme le fait la voirie. De plus, trouvant leur raison d'être dans la production et le transport d'informations, elles assument une position qui peut conduire à la mise en place de formes de développement spécifiques et endogènes, ou, pour reprendre un vocabulaire mécanique, auto-entretenu. En effet la connaissance et surtout l'information sont des biens publics, dont l'usage peut être partagé par plusieurs, sans que celui qui les a produites en soit dépossédé. Cela crée des effets externes positifs, dont l'existence peut occasionner une croissance endogène (voir par exemple Aghion et Howitt, 2001). Si les TIC favorisent la production locale de connaissance, elles peuvent contribuer à ce développement économique endogène.

Ces phénomènes sont particulièrement visibles dans les zones géographiques que nous avons appelé des «cœurs technologiques» (Dang Nguyen et Vicente, 2001), dont la finalité est de bâtir un développement local fondé sur l'innovation et la production de connaissances nouvelles. Ainsi en France les cas de Sophia Antipolis, Lannion, et du Futuroscope de Poitiers représentent des systèmes de production localisés au sens de la Datar (2001), fondés sur l'innovation et la production de connaissances dans le domaine des nouvelles technologies. De ce fait ils ont besoin d'infrastructures de transport et de traitement de l'information.

D'ailleurs, la segmentation évoquée au paragraphe 2.1.1 suggère que les activités qui font le plus grand usage des TIC sont celles qui y sont liées : services informatiques et de télécommunications en particulier. Il n'est donc pas surprenant de constater que la mise en place d'infrastructures à haut débit et de services annexes puisse inciter les entreprises de l'informatique et de TIC à venir s'installer sur le territoire, où elles apparaissent comme un élément clef d'attractivité, au même titre que la présence de centres de recherche publics et d'une main-d'œuvre qualifiée dans l'appropriation et la connaissance des TIC.

On retrouve ce raisonnement à la base de plusieurs initiatives locales. Ainsi la forte implication de la ville de Parthenay dans le développement d'une « cité numérique », avait pour but (entre autres), d'attirer des entreprises de haute technologie. Cet objectif a été atteint partiellement. De même, le déploiement d'une infrastructure à haut débit dans le pays de Sillé ou dans le pays de Gex, se fait avec le soutien de TPE voire de consultants locaux, spécialisés dans les TIC, qui espèrent ainsi faire venir des entreprises de ce secteur, et faire de leur pays, un système de production localisé, spécialisé dans les technologies de l'information et de la communication.

La disponibilité des réseaux, et notamment d'internet, permet la délocalisation d'activités liées à l'informatique. On ne compte pas les ingénieurs informaticiens qui, lassés d'habiter dans les grandes agglomérations, ont décidé de s'installer à la campagne et d'exercer leur métier à distance, grâce aux réseaux. Cependant ces choix individuels ne peuvent pas être facilement coordonnés pour une implantation sur un territoire particulier, si celui-ci ne fait pas l'objet d'aménagements spécifiques comprenant :

- l'existence d'une main-d'œuvre très qualifiée (ingénieurs, techniciens,...),
- la présence d'universités et de centres de recherche spécialisés dans les TIC,
- un soutien fort des autorités sous la forme de marchés publics et de commandes d'Etat,
- la mise en place d'infrastructures de soutien : technopôles, sociétés de capital-risque, etc.
- l'existence d'infrastructures de communication à haut débit,
- les aménités sociales et culturelles satisfaisant aux attentes d'une main-d'œuvre à exigence élevée (Suire 2002).

Les cas évoqués plus haut de Lannion ou Sophia-Antipolis auxquels on pourrait rajouter Grenoble, semblent d'ailleurs montrer que la promotion des activités de

TIC n'est avantageuse qu'à partir d'une certaine taille ou masse critique. Elle présente de fortes économies d'échelle, et requiert un niveau d'engagement qui va au-delà de ce que toutes les zones noires ou grises peuvent mobiliser. Il y a de par le monde, des territoires qui font l'effort de cet aménagement sur une large échelle. Citons notamment Dubai, Séoul, ou Bangalore. Seul l'Etat régalien pouvait avoir une telle capacité d'intervention dans les années 60-70. Les collectivités locales n'ont pas cet impact. Par conséquent, il s'avère que le choix d'un développement économique local fondé sur la promotion des TIC ne peut être qu'assez exceptionnel, car exigeant une politique d'aménagement mobilisant beaucoup de ressources ou un contexte initial très favorable.

2.3.3 Usage des TIC et territoire : pour quelle activité ?

Les réseaux à haut débit pourraient être malgré tout presque aussi nécessaires pour les usages qu'en feront les entreprises ayant une activité sans rapport avec les TIC. La diffusion des TIC dans l'ensemble des fonctions de l'entreprise fait que la disponibilité de réseaux à haut débit devient en soi un élément d'attractivité.

De fait, la production de connaissances n'est pas l'apanage des cœurs technologiques et les entreprises sont, d'une manière très générale, de plus en plus soucieuses de produire des informations sur leur environnement, leur organisation interne, leur relations avec les clients et les fournisseurs, tout ceci afin d'améliorer leur productivité. Cela pourrait les conduire, où qu'elles se trouvent et dans quelque secteur d'activité qu'elles soient, à exiger la disponibilité d'infrastructures de communication. Certaines collectivités locales l'ont compris qui comme Amiens mettent en avant les infrastructures à haut débit pour soutenir les activités de gestion de la relation client (centres d'appel). L'exemple de Meaux est de ce point de vue encore plus spectaculaire.

- Plates-formes satellites : de la production de biens matériels à celle de services

Cela paraît notamment déterminant lorsqu'il s'agit d'établissements situés sur des plates-formes satellites, qui ont besoin d'être reliés à leur maison mère. L'Irlande, de ce point de vue, est un bon exemple qui a créé, dans les années 70-80, un faisceau de plates-formes satellites à Dublin, Cork ou Limerick pour les multinationales américaines. Celles-ci y ont établi des têtes de pont pour tirer parti de conditions locales favorables (fiscalité, main-d'œuvre bon marché, langue

anglaise) et affirmer leur présence sur le «grand marché» européen en voie de constitution. La ville de Cork, par exemple, a su attirer, à partir de la fin des années 80-90, des entreprises de haute technologie dans le domaine de l'électronique, de la pharmacie et de l'informatique, ce qui l'a conduite à développer des infrastructures économiques, sociales et culturelles aptes à faire face aux besoins d'une main-d'œuvre qualifiée, mais aussi à mettre en place une dorsale de télécommunications exploitée par l'opérateur historique Eircomm en technologie SDH. Au voisinage de Cork arrivent également deux câbles transatlantiques de Cable et Wireless (P-TAT1) et de Global Crossing.

En France, les possibilités de déploiement de plates-formes satellites comparables à celles mises en place en Irlande, sont moins grandes, mais existent bel et bien. Tel est le cas du Valenciennois déjà évoqué. A bien des égards, Sophia-Antipolis pouvait aussi être assimilé à une forme de plate-forme satellite dans son développement initial, même si l'accent mis sur les centres de recherche et la haute technologie lui confère désormais le caractère de cœur technologique.

Certains affirment que la disponibilité d'infrastructures de télécommunication à haut débit va jouer, pour des secteurs d'activité fortement producteurs ou consommateurs d'information, le même rôle que les infrastructures de transport pour l'industrie (Gillespie, Richardson et Cornford, 2001). L'usage des réseaux permet de découpler des activités de «back office» s'appuyant sur le traitement de l'information : gestion commerciale, administrative ou du personnel que l'on peut délocaliser là où le rapport qualité/coût est le meilleur. Cela existait avant internet, mais ce réseau permet aussi de délocaliser des fonctions de «front office» comme le service après-vente, le contact client (centres d'appel pour le télémarketing). Ainsi, cette industrialisation d'activités de service se traduirait par les mêmes évolutions que celles observées pour les biens matériels : création de plates-formes satellites de services fondées sur l'exploitation d'économies d'échelle et implantation de ces plates-formes là où est maximisé le rapport qualité/coût. Les réseaux à haut débit joueraient à cet égard le même rôle que les autoroutes pour les marchandises.

L'Irlande encore une fois, a développé un certain nombre de ces activités de front et de back office et abrite bon nombre de ces plates-formes satellites, que ce soit dans la production de biens matériels ou dans celle de services. Ce pays illustre d'ailleurs une autre caractéristique de la situation actuelle : la globalisation ne fait qu'accentuer cette tendance à la formation de plates-formes satellites localisées

dans un petit nombre d'endroits aux conditions d'accueil très favorables. Ce sont avant tout les sociétés multinationales contraintes par la globalisation qui installent des plates-formes satellites en Irlande. On cite volontiers également le district de Bangalore en Inde pour la production de logiciels, certains pays de l'Europe de l'est pour le traitement automatique d'information codifiée : factures, fiches de paie, etc. Mais on peut aussi évoquer le cas d'Amiens qui a explicitement fait le choix de s'impliquer dans la mise en place d'une plate-forme satellite de services (centre d'appels) en arguant du fait que les entreprises peuvent délocaliser leurs centres d'appel non loin de Paris tout en bénéficiant de tarifs de communication fondés sur un appel local et que le cadre de vie picard est plus agréable que celui de la région parisienne. De plus, la présence d'une université et d'écoles supérieures permet de disposer d'une main-d'œuvre formée et relativement flexible (les étudiants).

Mais dans les plates-formes satellites, qu'elles soient industrielles ou de services, les ancrages territoriaux des entreprises ne valorisent pas complètement les interactions entre l'établissement et le territoire d'accueil. En effet, les flux d'information les plus importants concernent les relations avec la maison mère, ou d'autres établissements distants du groupe, ou accessoirement en direction des débouchés et des clients. Par contre, les interactions locales sont relativement minimisées par rapport à des territoires où existent d'autres formes de développement. Du coup la plate-forme satellite ne valorise qu'imparfaitement la disponibilité d'infrastructures en haut débit. Par contre, si celles-ci manquent, cela peut constituer un handicap irréversible pour les établissements déjà installés ou pour ceux qui envisagent de le faire.

- Districts rayonnants : le pouvoir de négociation du hub

Le cas des Laboratoires Pierre Fabre à Castres illustre bien les interactions fortes entre l'établissement rayonnant (le hub) et son territoire d'accueil. La forte implication de cette entreprise dans le déploiement du réseau métropolitain, résulte des investissements irrécouvrables qu'elle a consentis sur le territoire de Mazamet : une délocalisation lui aurait coûté très cher. D'un autre côté, son rôle économique dans la région lui permet de peser de tout son poids pour faire en sorte qu'un tel projet d'infrastructures aboutisse, et que la collectivité prenne en charge une large partie des coûts.

Mais il est important de noter que les laboratoires Fabre paraissent assez peu

désireux d'utiliser le réseau métropolitain pour favoriser les interactions avec le tissu de partenaires locaux, soit parce que ceux-ci sont trop peu significatifs, soit parce que ces interactions ne sont pas suffisamment stratégiques pour le groupe. Ce que veut l'entreprise, c'est que le réseau métropolitain incite d'autres firmes, n'évoluant pas dans son secteur, à venir s'installer à Castres ou Mazamet afin de partager les coûts de ces infrastructures et de faire de la zone une véritable plate-forme satellite.

La logique du district rayonnant est à cet égard assez voisine de celle de la plate-forme satellite, l'entreprise phare du district se comportant plutôt comme un «consommateur d'aménités» offertes localement par le district. Néanmoins, la principale différence réside dans le fait que les investissements irrécouvrables entrepris localement par la firme, rendent plus difficile sa délocalisation que dans le cas d'une plate-forme satellite.

- Districts industriels : le haut débit comme outil de coordination ?

Par leur activité située dans les secteurs traditionnels, les districts industriels ne sont pas a priori les mieux placés pour être de grands utilisateurs de TIC. Pourtant, l'expérience des districts italiens montre que les entreprises de ces secteurs, ont su, dans les années 70-80, s'approprier les innovations dans l'informatique de production. Elles ont eu largement recours aux machines à commande numérique, dont l'Italie est à la fois un grand producteur (avec la filiale de Fiat, Comau) et un grand consommateur. Mais en matière de réseaux, l'appropriation a été beaucoup moins rapide que pour l'informatique de production. La raison en est que jusqu'à une période très récente, les TIC n'offraient pas aux entreprises les moyens de réaliser cette facilité de création collective de connaissance qu'elles réalisent au sein d'un district, notamment grâce à des institutions relais et un lien social entre les personnes.

Néanmoins l'exemple, présenté ci-dessus, de Lumetel au sein du district de Lumezzane montre que les TIC peuvent être parfaitement utilisées dans un district industriel à condition que cet usage soit mutualisé et institutionnalisé au sein d'un organisme d'économie mixte qui prolonge la logique des interactions locales propre au district industriel.

Car les réseaux donnent désormais aux entreprises la possibilité de réaliser ce que Pierre Veltz appelle «le territoire en réseau», fondé sur les interactions. Dans le cas

des districts industriels, celles-ci sont fortement locales, mais précisément le réseau permet de les étendre au-delà du territoire, tout en les approfondissant, en les démultipliant.

Outre leur domaine d'activité généralement traditionnel, les districts industriels se caractérisent par plusieurs éléments :

- Les individus y sont animés par un fort esprit d'entreprise et un sens de l'émulation.
- Ils partagent des valeurs communes, savent coopérer quand c'est nécessaire.
- Des institutions intermédiaires assurent le lien entre le collectif et l'individuel ; elles répondent à l'esprit d'entreprise des individus tout en valorisant l'effort collectif nécessité par l'organisation interne du district (morcellement important des entreprises).

On peut donc penser que même si les TIC ne sont pas naturellement proches des centres d'intérêt des entreprises implantées dans le district, celles-ci sauront saisir collectivement les opportunités qu'apportent les nouvelles technologies de communication. Et c'est à partir d'une demande d'usage que ces opportunités se révéleront. Par exemple, la faculté d'élargir le bassin de clientèle donnée par la vente en ligne, n'a de sens que si les entreprises sont en mesure d'acheminer leur production dans les zones nouvellement conquises par ce nouveau canal de vente. Or ceci est avant tout un problème logistique que les entreprises du district doivent chercher à résoudre avant de penser à utiliser les facilités du commerce électronique. Ces entreprises sont parfaitement conscientes de l'ordre de priorité de ces enjeux.

L'avantage des réseaux est qu'ils multiplient les opportunités de contacts et accroissent les flux d'information disponibles. Ils conduisent à la création collective de connaissance. Or les districts peuvent aussi être considérés comme une «collectivité apprenante» (sur les marchés, sur les techniques de production...) à qui les TIC devraient pouvoir faciliter l'apprentissage.

● 2.4 Conclusion

Si l'on fait la synthèse de notre discussion sur le lien entre infrastructures de TIC et développement local, on peut résumer notre point de vue dans le tableau 2.2 ci-dessous. Il montre clairement que les TIC médiatisent le marchandage entre les

acteurs publics et les acteurs privés, car les intérêts des uns et des autres ne sont pas forcément toujours alignés. Les collectivités peuvent naturellement s'appuyer sur les TIC pour inciter les entreprises à établir un ancrage territorial dans leur périmètre. Les entreprises de leur côté, peuvent être handicapées par l'absence de cet élément d'aménagement de territoire. En ce sens les hauts débits sont autant un enjeu qu'un levier de l'action publique.

Tableau 2.2. : L'articulation entre TIC et développement local

Type de développement local	Impact des TIC	Articulation avec les pouvoirs publics	Exemples
Plate-forme satellite	Infrastructurel	Elément du «marchandage territorial»	Cork, Valenciennes
District rayonnant	Infrastructurel et support des relations client/fournisseur	Outil de domination du«hub»	Castres-Mazamet
Cœur technologique	Infrastructurel et lieu de production de connaissance	Facteur clé de succès du territoire	Sophia-Antipolis, Silicon Valley
District industriel	Infrastructurel, outil de coordination entre parties, support de l'insertion global	Instrument de soutien des pouvoirs publics à l'activité économique	Prato, Lumezzane

3 Les évolutions du monde

professionnel vers les hauts débits

Déployer des équipements d'accès au haut débit dans des zones noires ou grises coûte cher. Il importe donc de savoir à quels besoins ces équipements vont répondre. Cette partie essaie de déterminer ce que peuvent représenter les attentes des acteurs économiques en termes de bande passante c'est-à-dire de capacité de transport des flux d'information. L'objectif est d'en donner une mesure quantifiable afin de dimensionner des installations à haut débit. Concrètement, il convient donc de répondre, pour une zone géographique donnée, à la question suivante : quelle bande passante apporter ? Pour répondre à cette question, une démarche en plusieurs étapes sera utilisée.

Dans un premier temps, il faut évaluer la diffusion de l'internet en France dans les prochaines années. De plus, il faut savoir quelle est, dans la population de ces internautes actuels et futurs, la proportion de ceux qui demanderont l'accès au haut débit. Ces éléments sont censés donner une estimation de la demande potentielle en haut débit sur le territoire français. Cependant, pour la demande des ménages, un tel ordre de grandeur est entaché d'erreurs liées à la grande variance des comportements. Aussi on se concentrera sur les besoins professionnels, les seuls par ailleurs qui aient un lien direct avec le développement économique local. Il faut donc estimer, autant que faire se peut, l'évolution de la demande potentielle des entreprises - en particulier des PME - pour l'accès au haut débit.

Dans un second temps, il s'agit d'évaluer concrètement les utilisations professionnelles en bande passante, autrement dit la demande d'usage. Pour ce

faire, on procédera de la façon suivante : on estimera, pour un secteur d'activité donné, le taux d'équipement, c'est-à-dire le nombre de machines par salarié. Puis le débit souscrit par machine connectable sera évalué. Le rapprochement de ces deux indicateurs nous donnera, par secteur d'activité, le débit souscrit en fonction du nombre d'emplois d'une entreprise ou d'une zone d'activité. Cela permet de calculer un besoin de bande passante dès lors que l'on connaît le nombre d'emplois et le type d'activités présente sur la zone considérée.

Mais pour faire des prévisions, il faut savoir comment ce débit évoluera dans le futur. De ce point de vue, l'extrapolation des tendances du passé n'aide guère, car l'apparition du haut débit introduit une véritable rupture. De plus, on ne peut se fonder sur le débit souscrit pour estimer le débit réellement utilisé, le seul qui détermine la taille des réseaux. Car la congestion limite le débit utilisé à l'heure chargée - celui qui sert à dimensionner les réseaux - à un niveau bien en-deçà du débit souscrit. D'autre part, on sait que la disponibilité du haut débit, en réduisant la congestion, conduit les utilisateurs à modifier leur demande de bande passante. On évaluera cette modification à partir de mesures de trafic faites dans deux cas réels. L'information obtenue sera celle de la bande passante moyenne utilisée à l'heure chargée sans et avec accès au haut débit.

Avec les prévisions de diffusion des accès à Internet, et l'estimation d'une bande passante par accès utilisée à l'heure chargée, il sera possible d'évaluer, dans n'importe quelle zone d'activité économique, les besoins professionnels en bande passante à l'heure chargée. Cet indicateur permettra de dimensionner le réseau d'accès sur des cas types, ce que nous ferons dans la quatrième partie.

● 3.1 Prévision de la diffusion d'internet en France

Sur une zone d'activité noire, déployer une infrastructure à haut débit par nature coûteuse, nécessite de savoir combien d'acteurs économiques souhaiteront s'y abonner.

Pour effectuer cette prévision, on peut procéder en deux temps :

- évaluer d'abord la diffusion d'internet en France, au sein des PME,
- estimer ensuite la proportion des PME qui demanderont le haut débit dans un contexte d'accès favorable et de celles qui ne pourront y accéder faute d'une offre commerciale suffisante.

Le nombre d'accès des PME à Internet croît à un rythme extrêmement rapide, comme on l'a déjà signalé lors de la présentation des enquêtes Cordis et Taylor Sofres Nielsen. Il est raisonnable de penser que dans un horizon de 5 ans, et compte tenu de la baisse des prix des accès, le taux de diffusion au sein des PME/TPE de plus de 5 salariés se situera entre 80 et 90 %.

En ce qui concerne les accès à haut débit, Ovum a publié sur son site¹⁶ l'extrait d'une de ses études visant à calculer le coût comparé de cet accès par plusieurs canaux de distribution. Pour cela, le consultant anglais a construit une courbe de diffusion de la demande en haut débit dans un contexte théorique, d'une zone urbaine de 3 millions d'habitants où sont installées 114 000 PME et sont présents 5 opérateurs concurrents. Ovum fait une prévision de diffusion segmentée en deux catégories : les résidentiels et professionnels indépendants (SOHO) d'un côté, les TPE et PME de l'autre. Les chiffres fournis ci-dessous indiquent les estimations du pourcentage de clients demandant le haut débit à un instant t.

Tableau 3.1. : Evolution de la diffusion du haut débit dans une «zone blanche selon Ovum (en %)

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Résidentiel et SOHO < 2Mbit/s	1	2,3	3,5	7,5	10
TPE et PME < 2Mbit/s	5	6	12	20	22
Résidentiel et SOHO > 2Mbit/s	1	1,5	3,8	8,6	15
TPE et PME > 2Mbit/s	14	33	44	61	74

Source Ovum

Ces pourcentages ont trait à des clients qui demandent le haut débit, c'est-à-dire plus qu'une connexion RTC (réseau téléphonique commuté) ou RNIS (réseau numérique à intégration de services). Cela inclut donc l'ADSL. Les conclusions d'Ovum nous suggèrent qu'à l'horizon 2007-2008 (année 5), 96 % des TPE/PME dans une zone blanche, disposeraient du haut débit. La proportion importante (74 %) d'entreprises qui auraient accès au très haut débit (supérieur à 2 Mbit/s) provient des hypothèses du modèle : zone blanche, où coexistent plusieurs

16 <http://www.ovum.com/go/product/sample/0048902.htm>. L'étude, publiée en décembre 2000, s'intitule «Broadband Access : New Business Models».

opérateurs en concurrence, avec des technologies d'accès très variées : l'ADSL qui évoluerait vers un accès à très haut débit en voie descendante, la fibre optique, le modem-câble, les technologies sans fil. En outre, la forte concurrence entre opérateurs ferait baisser les prix, surtout en fin de période, ce qui induirait une accélération de la diffusion.

Les zones grises ou noires devraient pouvoir atteindre un niveau d'équipement voisin, si l'on veut respecter un principe d'égalité d'accès. Tel est donc l'enjeu auquel sont confrontées les collectivités locales, et on en mesure l'importance. D'un autre côté, l'exemple du réseau e-tera dans le Tarn, semble suggérer que le déploiement d'une infrastructure de collecte peut inciter l'opérateur historique à déployer des solutions ADSL là où primitivement il n'avait pas prévu de le faire aussi vite. Aussi, il n'est pas sûr que les collectivités aient à supporter l'intégralité de l'effort pour fournir l'accès au haut débit, même dans les zones noires.

Quoi qu'il en soit, les hypothèses d'Ovum suggèrent un équipement en haut débit pour environ 56 % des PME à l'horizon 2004, ce qui donne un chiffre de près de 5 millions d'accès à haut débit (ADSL et au-dessus) pour les PME¹⁷. Mais cela suppose que toutes les zones seront blanches, puisqu'on étend la zone de référence d'Ovum à toute la France. Par contre, si l'on se place dans l'hypothèse plus réaliste que les zones noires le resteront jusqu'en 2004, le nombre d'accès pour les PME se limiterait à 3,78 millions, car 24 % de la population (donc des emplois en première approximation) se trouve dans ces zones selon l'Observatoire des télécommunications dans la ville. Ainsi l'enjeu pour le monde professionnel des PME consiste, d'ici 2004, à obtenir un raccordement à haut débit pour au moins 1,22 million de machines (= 5 millions - 3,78 millions) qui n'auraient a priori aucune chance d'en disposer dans des conditions d'exploitation commerciale normale de l'offre. Il reste aussi à savoir ce qu'il en coûterait aux pouvoirs publics. Ces calculs seront présentés au dernier chapitre dans quelques cas types.

● 3.2 De la demande d'accès à la demande d'usage

Le recours au haut débit devrait se généraliser d'ici cinq ans chez les PME qui accèdent à internet. L'objet de ce paragraphe est de préciser comment cela se

17 Ce chiffre a été obtenu en multipliant 7 531 000 accès pour les PME (source IDC de 1998) par le taux d'accès à haut débit des PME en année 3 (source Ovum), ce qui revient à considérer que le haut débit a démarré en France en 2001.

traduira en termes de débit souscrit par une entreprise, en fonction de sa taille (nombre d'employés) et de son secteur d'activité. L'évaluation se fera en deux étapes. D'abord on estimera un taux d'équipement par salarié (nombre de machines connectables par personne employée), puis il s'agira d'évaluer une bande passante souscrite par machine connectable. En sommant sur l'ensemble des machines connectables d'une entreprise ou d'une zone, on pourra en déduire un besoin de trafic exprimé par les entreprises. Ce calcul sera présenté pour la zone d'emploi de Brest, à titre d'illustration concrète.

3.2.1 Le taux d'équipement des PME par salarié : des différences sectorielles

La plupart des données dont on dispose pour évaluer la distribution géographique des activités concerne le nombre d'employés par entreprise. Cependant, tous les salariés n'ont pas accès à un ordinateur de façon permanente, de sorte que pour connaître les besoins réels des entreprises en connexions à haut débit, il faut d'abord avoir un indicateur du nombre de machines et surtout de machines connectées par salarié.

L'équipement des entreprises en PC et matériel informatique connectés est assez mal connu. L'enquête COI (Changement Organisationnel et Informatisation des entreprises) de l'INSEE, est assez ancienne et en cours de renouvellement. Les grandes enquêtes sur les PME (UFB Locabail, Médiamétrie) ne fournissent pas cet indicateur. Seule l'étude Ortel (2001) donne quelques éléments de réponse, mais son approche n'est pas exhaustive, puisqu'elle couvre cinq régions françaises seulement (Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon, Alsace, Nord-Pas-de-Calais, Limousin). Malgré tout, selon les chiffres publiés par Ortel, la moyenne d'équipement des PME par salarié s'établit à 34 % sur les 5 régions enquêtées¹⁸, avec un maximum de 40 % en Rhône-Alpes et un minimum de 27 % en Limousin. Par ailleurs l'équipement en PC connectés n'est que de 14 %, avec un maximum de 18 % en Rhône-Alpes, et un minimum de 8 % en Limousin. Cela signifie que sur 100 salariés, 14 en moyenne ont un accès direct à internet grâce à un PC. Mais l'enquête Ortel fait apparaître de plus grandes disparités lorsqu'on se réfère à des unités géographiques beaucoup plus petites que la région, ce qu'Ortel appelle des «zones économiques pertinentes». Ainsi, les écarts passent de 77 % (Lyon Centre)

18 Les résultats de l'enquête 2002, portant sur 10 régions, indiquent un chiffre de 36 %

à 0,3 % (Ussel, Privas, Wissembourg, Brive, Maubeuge). Dans le cas des zones moins bien équipées, cela signifie trois connexions à internet pour 1000 salariés. Il s'avère bien délicat d'estimer un besoin professionnel en haut débit, pour des entreprises aussi faiblement équipées.

L'enquête Idate (2001) sur l'usage des télécommunications par les PME de son côté, donne quelques éléments sur le taux d'équipement par salarié et par secteur. Ses résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3.3. : Nombre de PC par salarié selon le secteur d'activité et le nombre de salariés (ensemble des TPE et PME)

	6 à 9 salariés	10 à 19 salariés	20 à 49 salariés	50 à 199 salariés	200 à 499 salariés	Ensemble
Industrie	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
Construction	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Commerce de gros	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7
Commerce de détail/HCR	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
Transports	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3
Assurances/org.financiers	1,0	0,6	0,9	0,8	0,6	0,9
SSII-études	1,2	1,2	0,9	0,8	0,7	1,1
Autres services aux entreprises	0,7	0,7	0,2	0,1	0,3	0,5
Santé	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Ensemble	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Source : Idate 2001

On observe une quasi-indépendance du taux d'équipement par salarié par rapport à la taille de l'entreprise. Par contre, il y a bien une dépendance sectorielle, qui confirme le besoin accru en bande passante des secteurs des assurances/services financiers, des SSII et à un degré moindre, celui du commerce de gros.

Ce résultat est corroboré par une autre enquête, celle effectuée en décembre 2001 par l'Agence Wallonne des Télécommunications. Elle visait à évaluer l'usage d'internet et des TIC par les PME wallonnes et comptait un échantillon de 1 290 entreprises belges de 5 salariés à 250 salariés. Elle fournit notamment la ventilation du nombre de stations de travail (PC et assimilé) par personne en fonction du secteur d'activité. Le tableau suivant donne les résultats obtenus.

Tableau 3.4. : Nombre de machines par employé en Wallonie

Commerce/hôtel/restaurants	0,2
Construction	0,3
Agriculture	0,4
Commerce de détail	0,4
Transport/Tourisme	0,4
Immobilier	0,5
Industries lourdes	0,4
Autres industries	0,4
Distribution	0,6
Services aux entreprises	0,9
Banques/Assurances	1,15
Télécoms/Info	1,4

Source : Agence Wallonne des Télécommunications

Mais l'enquête permet aussi de mesurer le nombre de machines connectées par salarié. On observe qu'il y a un certain écart avec le nombre de machines par salarié.

Tableau 3.5. : Nombre de machines connectées par salarié en Wallonie

Commerce/hôtel/restaurants	0,2
Construction	0,2
Agriculture	0,3
Commerce de détail	0,25
Transport/Tourisme	0,3
Immobilier	0,2
Industries lourdes	0,25
Autres industries	0,25
Distribution	0,35
Services aux entreprises	0,47
Banques/Assurances	0,72
Télécoms/Info	0,91

Source : Agence Wallonne des Télécommunications

La comparaison des tableaux 3.3 et 3.5 ne fait pas apparaître de différence majeure quant à la hiérarchie sectorielle. Le niveau d'équipement de machines connectées est évidemment légèrement inférieur au niveau d'équipement en machines

connectables, sauf les services aux entreprises, car cette catégorie n'est pas assez détaillée dans l'enquête belge. Elle rassemble à la fois des SSII et des entreprises d'intérim ou de nettoyage industriel. Mais dans l'ensemble, les chiffres avancés par l'Idate paraissent robustes.

On retiendra donc comme valeur pour les calculs ultérieurs : 0,4 machine connectée (type PC) par salarié.

3.2.2 Le débit disponible par machine connectable

Ayant évalué le nombre de postes informatiques par salarié, il faut déterminer le débit disponible par machine. L'enquête TPE/PME de l'Idate donne un premier élément de réponse. Le cabinet de Montpellier a interrogé les entreprises sur leur type de connexion : modem analogique, RNIS, ADSL, câble, liaison louée, fibre. A partir de cet élément, il a calculé un «débit d'accès cumulé» de l'entreprise à internet en sommant le débit d'accès théorique de toutes les connexions dont dispose l'entreprise. Connaissant par ailleurs le nombre moyen de postes connectés, il peut en déduire un débit moyen d'accès par poste. Les résultats par secteur sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3.6. : Débit d'accès à internet par poste informatique connecté

	Nombre moyen de postes connectés	Débit d'accès par poste (Kbit/s)
Industrie	7	38
Construction	6	23
Commerce de gros	12	28
Commerce de détail	6	29
Transport	10	15
Assurances, finances	15	28
SSII	17	28
Autres services	6	39
Santé	2	61
Moyenne	9	29

Source : Idate - 2001

On voit qu'en moyenne, un poste de travail a accès à un débit de 29 Kbit/s. Cependant ce chiffre résulte d'un calcul soumis à une certaine marge d'erreur. D'abord l'évaluation des débits pour les liaisons analogiques est délicate. S'agit-il du

débit effectif des modems installés sur les postes de travail, ou du débit maximal (56 Kbit/s) qu'une liaison analogique peut transmettre, si l'entreprise est équipée des modems les plus récents ? La deuxième incertitude concerne les débits ADSL. L'Idate précise qu'il s'agit des débits de crête disponibles en voie descendante. En général, cela correspond à une valeur de 512 Kbit/s, mais ce chiffre peut descendre jusqu'à 128 Kbit/s, si le site est très éloigné du répartiteur.

Il est donc probable que le débit effectif moyen dont disposent les postes de travail au sein des PME est inférieur à la valeur de 29 Kbit/s. Par ailleurs la technologie IP sans garantie de service (IP v4) permet, à capacité donnée, d'accommoder le trafic à l'encombrement de la ligne, c'est-à-dire au nombre de machines transmettant ou recevant simultanément des données à un instant précis. Il en résulte que pour une capacité de ligne donnée (64 Kbit/s pour une ligne RTC, 2 x 64 Kbit/s pour une ligne RNIS), le débit accessible à l'heure chargée à un poste connecté, sera d'un niveau bien inférieur à celui, théorique, du canal de transmission¹⁹.

Néanmoins on peut partir de cette table de valeurs pour identifier ce que peut être le débit souscrit dans une zone d'activité particulière, dans les conditions actuelles de fourniture de service, c'est-à-dire sans accès particulier au haut débit. On cherchera ensuite à évaluer ce que pourrait devenir cette valeur si l'accès au haut débit se diffusait.

3.2.3 Evaluation des débits d'accès actuels pour une zone d'activité donnée

Les tableaux 3.3 et 3.6 permettent de calculer, dans les conditions actuelles de fourniture d'accès, ce que consomment des PME situées dans une zone d'activité particulière. Le cas du pays de Brest, où sont disponibles des statistiques d'emplois par zone d'activité, est donné ici comme illustration. Toutefois, la ventilation des emplois par secteur d'activité n'est pas disponible. Les calculs ont donc été faits en prenant la valeur moyenne, tous secteurs confondus, soit 0,4 PC par salarié (cf. tableau 3.3).

19 Les résultats de l'enquête ORTEL 2002 indiquent une croissance de 150 % de la bande passante utilisée par salarié, par rapport à l'enquête 2001.

Tableau 3.7. : Prévisions de la demande en débit souscrit du secteur privé professionnel dans le pays de Brest

«Pays»	Nombre de ZAE	Nombre d'emplois (A)	Nombre d'ordinateurs (B) estimé	Débit souscrit théorique (C)
Communauté (*) Urbaine de Brest	25	24000	9600	278 Mbit/s
Lesneven	12	1900	760	22 Mbit/s
Iroise	11	560	224	6,5 Mbit/s
Landerneau	< 1	4400	1760	51 Mbit/s
Plabennec	14	1300	520	15 Mbit/s
Crozon	5	1600	640	19 Mbit/s
Total	88	33760	13500	391 Mbit/s

(*) Ont été retirés les emplois de l'Arsenal et de la DCN (Direction des Chantiers Navals) qui sont des emplois administratifs.

Mode de calcul : $B = A \times 0,4$ et $C = B \times 29$ (Kbit/s)

Ce tableau montre comment évaluer le débit souscrit par les professionnels dans telle ou telle zone, ce qui fournit en théorie une première indication pour dimensionner le réseau de collecte correspondant. Par ailleurs, on a vu que les entreprises sont prêtes à adopter le haut débit lorsque celui-ci sera disponible. Et l'enquête Idate donne une évaluation de l'évolution des besoins en bande passante des PME-TPE entre 2001 et 2002. Elle concerne aussi bien les échanges de données que l'accès à internet. Les estimations de l'Idate sont rassemblées dans le tableau suivant :

Tableau 3.8. : Evolution des débits souscrits par entreprise, 2001-2002 (en Kbit/s)

Secteur	Echange de données		Accès internet	
	2001	2002	2001	2002
Industrie	333	463	250	365
Construction	335	469	140	300
Commerce de gros	528	707	330	485
CHR	347	496	176	257
Transport	402	482	151	219
Assurance/Finance	810	1 101	431	629
SSII/Etudes	689	1 033	487	788
Autres services aux entreprises	251	299	217	443
Santé	202	271	120	178
Moyenne	445	623	264	417

Source : Idate

(N.B. les valeurs 2001 correspondent à celles déjà présentées dans le tableau 1.2)

La conclusion principale est que le ratio de 29 Kbit/s par machine, utilisé dans le calcul de la table 3.7, devrait passer à 41 k en 2002²⁰. Ce saut s'explique principalement par la diffusion de l'ADSL. La question se pose de savoir comment ces prévisions peuvent être extrapolées au-delà de 2002. En se rapportant au tableau 3.1, on peut envisager que d'ici 5 ans, 96 % des PME souscrivent au haut débit si celui-ci était disponible partout, ce qui fournirait un débit par machine de l'ordre de 120 Kbit/s. On pourrait alors reprendre les calculs sur la zone du pays de Brest pour aboutir à une demande totale de 1,6 Terabit/s, simplement pour le monde professionnel. Cependant cette extrapolation mérite d'être un peu mieux étayée. On peut, par exemple, se demander ce que serait le débit idéal demandé par les clients, en fonction des applications qu'ils utilisent.

3.2.4 La bande passante idéale selon un constructeur de matériel

L'approche par les débits souscrits semble donner une bonne évaluation des besoins actuels des entreprises en bande passante. Mais en ce qui concerne les usages futurs, il n'est pas sûr que ces débits soient bien estimés. Si l'on en croit les constructeurs d'équipement de télécommunications, cela serait plutôt le contraire. Nortel Networks donne les exigences, en termes de bande passante, des usages résidentiels et professionnels et les compare aux débits commerciaux disponibles. Leurs conclusions sont résumées dans le tableau 3.9. Elles tendent à prouver que les réseaux et les accès sont fortement sous-dimensionnés et ne garantissent pas un bon usage. La partie haute du tableau classe, pour certains services accessibles grâce au haut débit, la bande passante minimale, et la bande passante souhaitable qu'ils exigent. La partie basse donne les capacités actuelles fournies par les réseaux. On voit en comparant les deux parties, que ces capacités disponibles sont insuffisantes, sauf pour la fibre optique.

20 En appliquant la proportion 623/445 au débit de 29 Kbit/s. Cela suppose que le nombre de machines connectées au sein du monde professionnel n'augmente pas dans l'année qui vient. Cela paraît admissible en première approximation.

Tableau 3.9. : Débits nécessaires et disponibles pour les usages professionnels et grand public

Usage professionnel	Débit minimum	Débit souhaitable
e-mail/SMS	10 Kbit/s	1 Mbit/s
Vidéoconférence	100 Kbit/s	2 Mbit/s
e-learning	100 Kbit/s	10 Mbit/s
Télémédecine	100 Kbit/s	10 Mbit/s
Télétravail	100 Kbit/s	10 Mbit/s
Usage grand public		
e-banque	30 Kbit/s	300 Kbit/s
Jeux en réseau	30 Kbit/s	400 Kbit/s
Consultation de journaux	30 Kbit/s	2 Mbit/s
Achat en ligne	30 Kbit/s	10 Mbit/s
Téléchargement	100 Kbit/s	1 Mbit/s
Téléchargement vidéo	1 Mbit/s	10 Mbit/s
Capacité des technologies actuelles		
Réseau téléphonique	1-10 Kbit/s	
DSL/modem-câble	50 Kbit/s – 2 Mbit/s	
Fibre	2 Mbit/s – 20 Mbit/s	

Source Nortel

Ce tableau est sans doute biaisé vers le haut car il émane d'un fabricant qui a tout intérêt à «booster» les débits souhaitables. Nortel estime de 1 à 100 l'écart entre ce qui est disponible et ce qui est souhaitable. Mais, si l'on reste dans une hypothèse minimale d'un écart de 1 à 10, on voit que les technologies actuelles, y compris le DSL et le modem-câble, sont à la limite de capacité.

En réalité, l'approche surestime très largement les usages effectifs. Chacun sait qu'entre le débit théorique de 2 Mbits/s et le débit effectif de l'ADSL, il y a une grande marge, qui dépend des conditions d'utilisation de l'accès, du niveau d'encombrement du réseau, etc. Il est d'ailleurs facile de voir que 500 000 machines connectées à une artère de 64 Kbit/s et utilisant cette capacité théorique à plein, engendreraient un trafic instantané de $500\,000 \times 64\,000 = 32\,000$ Mbit/s, soit 32 Terabit/s. De la même façon, 500 machines connectées simultanément à 64 Kbit/s et saturant la capacité, occasionneraient un trafic de 32 Mbit/s. Si enfin la connexion passe à 2 Mbit/s (ce qui est l'objectif affiché du CIADT pour 2005), on atteindrait alors un niveau de transmission trente fois supérieur, soit environ 1 Gb/s. Or un réseau de 500 machines est un petit réseau local, qui pourrait

facilement être celui d'une agglomération de 5 000 habitants, comportant une zone artisanale ou d'activité industrielle, et une bonne proportion de foyers connectés au haut débit.

La leçon à tirer du tableau de Nortel est donc d'ordre qualitatif : les entreprises devraient évoluer rapidement vers le haut débit, et les réseaux doivent s'adapter à l'augmentation des besoins. Au final, on sent bien que les débits souscrits vont augmenter dans le futur, ne serait-ce que pour utiliser dans des conditions plus satisfaisantes les services listés dans le tableau 3.9. Néanmoins on ignore la bande passante disponible que les réseaux devront offrir pour satisfaire à cette augmentation des besoins. Pour résoudre cette difficulté, il faut raisonner différemment, et partir d'une estimation de la bande passante effectivement utilisée par machine connectée.

● 3.3 Quels sont les débits minimaux pour la connexion ?

Si les estimations de Nortel pèchent par excès, on peut, à l'inverse, chercher à connaître le débit par défaut, c'est-à-dire le débit minimal auquel les clients peuvent prétendre, pour anticiper son évolution. Pour évaluer ce débit on peut, en première approximation, procéder de la façon suivante : on estime d'abord la bande passante globalement disponible, par exemple sur les backbones français. On évalue ensuite le nombre de machines disposant d'une connexion, ce qui a été fait plus haut dans notre analyse de la demande d'accès. On en déduit ainsi un ratio de bande passante disponible par machine connectable, c'est-à-dire en supposant que toutes les machines se connectent et utilisent le réseau au même moment. Ce ratio représente le débit minimum auquel peut prétendre un internaute. Bien entendu, toutes les machines ne sont jamais connectées en même temps, et parmi celles qui le sont, on en trouve toujours un certain nombre qui n'échange pas de trafic, car l'internaute est en train de taper un mail, ou de lire une page web affichée sur son écran, ou d'écouter un morceau de musique qu'il vient de télécharger, etc. Ce débit minimum est donc une limite inférieure, en-deçà de laquelle la bande passante disponible ne peut tomber.

Une estimation de ce débit a été effectuée par le cabinet Avicenne en 1998. Un autre calcul a été proposé à partir des évaluations d'IDC concernant le nombre de machines connectées. Enfin, dans l'enquête Ortel, une estimation est donnée de la bande passante par emploi et du nombre de machines par emploi. On peut

également en déduire une valeur pour la bande passante par machine. L'ensemble de ces estimations ainsi que les prévisions faites en 2000 sont consignées dans le tableau suivant.

Tableau 3.10 : Evaluation des débits minimaux disponibles par machine connectable (en Kbit/s)

Société et date de prévision	1999	2000	2001	2002	2003
Avicenne (Janvier 2000)	0,37	0,64	1	1,57	2,34
IDC (Octobre 2000)	0,54	0,92	1,46	2,28	3,42
Ortel (2001)			2,65		

Source : ENST Bretagne d'après un rapport INT de F.Zawadski)

Ce tableau appelle plusieurs commentaires. D'abord on note que l'estimation des débits accessibles par machine croît avec le temps. La première estimation, celle d'Avicenne publiée en janvier 2000 donnait une valeur de 1 Kbit/s pour 2001. Elle était révisée à la hausse par la prévision IDC. Enfin, l'estimation Ortel, intervenue un an après celle d'IDC donne un chiffre supérieur de 80 %. En d'autres termes, il semble que les prévisions aient sous estimé la bande passante utilisée donc, implicitement, la demande. Cela est sans doute dû à la difficulté de prendre en compte, d'une part l'explosion des usages liée à la baisse des coûts d'accès, et d'autre part l'impact de l'ADSL, qui à l'époque n'était pas encore opérationnel en France. D'autres considérations comme l'amélioration de la qualité du service sous l'effet de la concurrence, peuvent aussi avoir joué sur cette réévaluation des débits minimaux.

Il reste qu'entre quelques Kbit/s, le débit minimal, et 1 ou 2 Mbit/s par machine, le débit souhaitable selon Nortel, en passant par 29 Kbit/s, le débit moyen souscrit actuellement, la marge est assez grande. Elle provient d'une évaluation différente des besoins. Dans le tableau 3.10, le débit minimal calculé, on l'a dit, provient de la capacité maximale du réseau sur les «backbones», divisée par le nombre de machines connectables. Or cette évaluation est trop sévère. Pour mieux comprendre ces écarts et tenter d'anticiper ce que pourraient être les usages réels dans un futur plus ou moins proche, on peut essayer d'observer ce que font réellement les internautes lorsqu'ils disposent d'un haut débit d'accès.

● 3.4 L'accès à haut débit et la prévision de bande passante utilisée

On peut penser qu'au fur et à mesure qu'internet se diffuse, les capacités des dorsales augmenteront en proportion, si ce n'est plus. Plusieurs facteurs militent en ce sens :

- L'apparition de la concurrence sur les infrastructures de transport a suscité le déploiement de beaucoup de dorsales par des nouveaux entrants comme Viatel, Level 3, Global Crossing, LDCOM, qui sont venus s'ajouter à Telecom Development, Belgacom, Colt, Worldcom... Certains de ces nouveaux entrants ont quitté le marché par suite de la crise ayant affecté le secteur des télécommunications en 2001, mais leurs infrastructures restent et ont été reprises par d'autres.
- Le progrès technologique continue à faire baisser le coût des équipements, notamment grâce au recours au multiplexage optique (WDM, Wavelength Digital Multiplexing et DWDM, Dense Wavelength Digital Multiplexing). Du côté des utilisateurs, l'augmentation des capacités de traitement des machines ne se dément pas, ce qui pousse la demande pour les applications gourmandes en bande passante : jeux en réseau, technologie d'affichage «shockwave»,...
- Certains services, encore embryonnaires, vont connaître un développement rapide dans un futur assez proche : par exemple la visioconférence, ou la téléphonie sur IP, ou enfin le «streaming», audio ou vidéo.

Un autre facteur devrait contribuer à faire augmenter rapidement la bande passante disponible par machine, c'est la gestion des flux de trafic dans le réseau. La modélisation du trafic dans les dorsales est un enjeu majeur pour les opérateurs, aussi bien que pour les ISP. Mais si la capacité des dorsales augmente, le débit minimal par machine connectée augmentera aussi et ce de manière très significative.

Les accès à haut débit sont encore peu diffusés dans le monde professionnel et notamment les PME, et il est donc difficile de savoir ce que pourraient être les usages si la contrainte de l'accès limité au haut débit se desserrait. Par contre dans les réseaux académiques et de la recherche, là où est né internet, il n'est pas

inhabituel de rencontrer des sites équipés d'un accès à un ou plusieurs mégabits pour chaque poste de travail. Ainsi sur le campus de l'ENST Bretagne, les étudiants peuvent accéder au réseau de l'Ecole et à Renater via une connexion Ethernet à 10 Mbit/s. Dans les réseaux à haut débit, plusieurs centaines de machines sont connectées simultanément et se partagent les capacités existantes. Mais le débit dont elles disposent dépend du trafic qu'elles occasionnent.

3.4.1 Formes de trafic et qualité de service

Les besoins en bande passante dépendent en réalité du type de trafic échangé. Globalement on en distingue deux formes (Roberts, 2001) :

- Le trafic de «streaming» qui présente la particularité de ne pas être adaptatif. Autrement dit, ses caractéristiques de flux et de durées sont intrinsèques à l'application. Il concerne des applications audio et vidéo, de temps réel ou de «play back» : la téléphonie sur IP, la visioconférence en sont de bons exemples.
- Le trafic élastique est auto-contrôlé, ou adaptatif. La vitesse et la durée de transmission dépendent de l'encombrement. Cela concerne essentiellement les documents numériques (pages Web, transfert de fichiers...) mais aussi le téléchargement de fichiers (MP3...). Actuellement ce type de trafic correspond à 90 % du trafic internet, et il utilise le protocole TCP, qui permet de faire varier le débit en fonction du niveau de congestion.

Dans le futur, il se pourrait que le trafic de «streaming» prenne de plus en plus d'importance, ce qui n'est pas sans incidence sur le dimensionnement des réseaux et la définition de niveaux de qualité de service. Par ailleurs, il se peut aussi que l'utilisateur ouvre plusieurs sessions sur son poste de travail, certaines correspondant à du trafic de type «streaming», d'autres à du trafic élastique.

A ce propos, Jim Roberts (2001) a montré que la modélisation du trafic pour la prévision est un exercice difficile, compte tenu de la nature des flux transmis sur les dorsales internet. Alors que le trafic téléphonique fait l'objet d'une modélisation bien connue (lois d'Erlang) fondée sur une arrivée des appels qui suit un processus de Poisson, et une durée de conversation approximativement voisine d'une loi exponentielle, le trafic sur internet n'a pas une structure aussi simple. Les flux sont auto-semblables («self-similar»). Cela signifie que, quel que

soit l'intervalle de temps sur lequel on observe les trafics, on trouve à peu près les mêmes formes de courbe, avec un écart similaire entre le débit de crête et le débit minimum.

Cette structure auto-semblable se retrouve aussi bien sur le trafic élastique que sur le trafic streaming. Le trafic élastique a une structure encore plus complexe, car il dépend du niveau de congestion, des allers et retours que subissent les paquets en ce cas. La modélisation de ces formes de trafic est pour le moment hors de portée de la théorie des réseaux, et il faut adopter une approche plus empirique pour essayer de prévoir les évolutions de trafic.

3.4.2 Approches empiriques de la modélisation du trafic internet

Pour prévoir ce que seraient les besoins en bande passante d'internautes disposant du haut débit, on peut procéder à des expérimentations sur des sites qui en sont déjà équipés. Des données de ce genre sont disponibles sur deux sites, l'un à l'ENST Bretagne déjà mentionné, l'autre étant un campus d'université présenté par 3 chercheurs allemands.

• *L'étude ENST Bretagne*

A l'ENST Bretagne, un étudiant a, dans le cadre de son stage de fin d'études, fait effectuer des mesures de trafic sur le réseau des élèves, durant une semaine. Ce réseau, indépendant du réseau de l'Ecole mais fonctionnant sur la même infrastructure, délivre un accès à haut débit dans chacune des chambres d'étudiants, mais en sortie il doit partager, avec le réseau de l'Ecole, la capacité d'accès à Renater, via le réseau régional Mégalis. Cette capacité est à l'heure actuelle de 20 Mbit/s, dont 4 Mbit/s sont réservés pour de la visioconférence avec les sites distants de Rennes et de Paris.

La courbe de trafic montre que le débit total utilisé par le réseau des élèves peut monter, durant la période chargée, jusqu'à 16 Mbit/s, correspondent à 250 machines connectées. Cela représente donc un débit moyen de l'ordre de 60 Kbit/s. Cette valeur semble d'ailleurs se retrouver tout au long de la semaine de mesure. Par exemple le débit écoulé le 30 mars n'a été que de 12 Mbit/s, mais il n'y a que 180 machines connectées. De même, dans la nuit du 29 au 30 mars

avant minuit, le trafic total s'est élevé à 9 Mbit/s environ, mais il n'y avait que 150 machines connectées.

Il faut toutefois souligner que le trafic de crête est défini de façon très stricte par l'auteur de l'étude, H.Marcasuzaa : Il choisit, comme période d'échantillonnage, un intervalle de temps de cinq minutes, alors que pour le téléphone, on mesure le trafic de crête durant une heure, ce qui a évidemment pour effet de diminuer le débit maximal écoulé. Mais le motif de ce choix est à chercher dans le caractère «auto-semblable» du trafic internet, et au fait que la distribution statistique du trafic est «à queue épaisse», c'est-à-dire que des événements a priori peu probables, la transmission de longs messages, interviennent plus souvent que dans le trafic téléphonique.

En synthèse, on peut penser qu'une population d'internautes avertis, les élèves d'une école d'ingénieurs, disposant d'un accès au haut débit, sollicite une connexion, en débit de crête, de 60 Kbit/s environ dans les 5 minutes les plus occupées de l'heure chargée.

• *L'étude de Vicari, Köhler et Charzinski*

Une autre étude, celle de l'université de Würzburg, est disponible grâce à une communication publiée par N.Vicari, S.Köhler et J.Charzinski. Leur travail s'intitule «The Dependence of internet User Traffic Characteristics on Access Speed». Il traite de mesures de trafic effectuées sur le campus de l'université de Würzburg pendant 15 jours en février et mars 1999. Les étudiants et le personnel accèdent au service d'accès internet fourni par l'Université. Pour la plupart cela se fait à partir de l'extérieur, via des modems analogiques à 28,33 ou 56 Kbit/s. Un tiers ont un accès RNIS (64 Kbit/s) ou des modems à 56 Kbit/s. Un très petit nombre (2 %) accède au service via un modem de 9,6 ou 14,4 Kbit/s.

Par ailleurs, une autre campagne de mesure a été entreprise entre mai et décembre 1998 lors d'une expérimentation ADSL, concernant 100 étudiants auxquels on avait fourni une connexion ADSL à 2,5 Mbit/s en voie descendante et 384 Kbit/s en voie montante. On observe sur la courbe de trafic descendant, échantillonnée heure par heure, que le débit moyen à l'heure chargée, requis par les connexions ADSL est de l'ordre de 40 Kbit/s, soit 4 fois plus que le débit moyen transmis par des connexions numériques à 64 Kbit/s.

Bien évidemment, les utilisateurs disposant d'une connexion à haut débit ont tendance à développer les usages d'internet. Les sessions durent plus longtemps (près d'une heure, contre 1/4 d'heure pour les liaisons à 64 Kbit/s) et les volumes de données transmis sont cinq fois plus importants : 10 Mbit/s contre 2 Mbit/s en moyenne. Par ailleurs un usage novateur à l'époque, permis par l'ADSL et pas par les autres modes d'accès était la possibilité d'accéder à un service de vidéo à la demande, disponible sur le serveur pour l'expérimentation. Cette application de type streaming engendrait évidemment un volume important de trafic échangé (plus de 55 % du trafic transitant par cette connexion).

3.4.3 Synthèse

Les hypothèses d'adoption rapide du haut débit par les entreprises, dès que celui-ci est disponible dans une zone (Ovum - tableau 3.1) semblent confortées par la récente enquête Idate déjà citée, sur les besoins des PME/TPE en télécommunications qui montre l'insuffisance des débits actuels pour les entreprises.

En effet, 74 % des entreprises affirment que leur débit actuel d'accès à internet est insuffisant. Néanmoins, comme on l'a signalé lorsque l'on a rendu compte de la perception de leurs besoins par les PME, les entreprises ont certes le sentiment d'être contraintes dans l'utilisation des réseaux, mais il ne semble pas qu'elles mettent la disponibilité des hauts débits comme frein majeur. Par contre, une fois qu'elles disposent d'un accès à large bande, elles en sont généralement très satisfaites.

En ce qui concerne l'évolution de la bande passante minimum disponible par machine connectable, une hypothèse de cadrage est d'utiliser les tendances telles qu'elles sont présentées par IDC ou Avicenne dans le tableau 3.10, c'est-à-dire en se calant sur une multiplication par 10 des besoins entre 1999 et 2004.

Enfin on peut dire que l'accès au haut débit engendre une exigence accrue en débit pour les réseaux de collecte et de transport. Néanmoins, il est important de noter que ces besoins accrus ne se traduisent pas par des montants exorbitants de capacités requises par machine. De ce point de vue, les enseignements apportés par les deux mesures de trafic présentées se recoupent bien, tout en étant assez complémentaires :

- L'étude de l'ENST Bretagne permet d'affirmer que le débit de crête par machine connectée est de l'ordre de 60 Kbit/s pour une connexion à haut débit, en mesurant sur des intervalles de temps de 5 minutes.

- L'étude de Würzburg montre que ce débit de crête en ADSL est de l'ordre de 40 Kbit/s, si l'on mesure sur un intervalle de 1 heure. Mais cette étude montre aussi que l'accès au haut débit multiplie par 4 environ les exigences de bande passante d'une machine connectée.

Ces deux études permettent donc de donner quelques ordres de grandeur quant aux exigences en débit provenant de parcs de machines, appartenant à des entreprises, à des particuliers ou à des institutions publiques.

● 3.5 Conclusion

Cette partie a permis de mieux cerner les évolutions vers les hauts débits, notamment en milieu professionnel. On a pu dessiner une trajectoire de diffusion des hauts débits en France. On a pu également estimer ce que représente l'accès au haut débit dans un contexte professionnel. Les conclusions faites à l'issue de cette analyse sont les suivantes :

- Le haut débit pourrait se diffuser dans quasiment toutes les entreprises d'ici 2007, s'il n'y avait pas de contrainte d'accès (zones noires).
- Cet accès au débit devrait se traduire par une multiplication par quatre du débit accessible par machine connectée.
- Connaissant le nombre de machines par employé en fonction du secteur d'activité, nous sommes en mesure de donner une évaluation du besoin en bande passante de n'importe quelle entreprise, dès lors qu'elle a accès au haut débit.

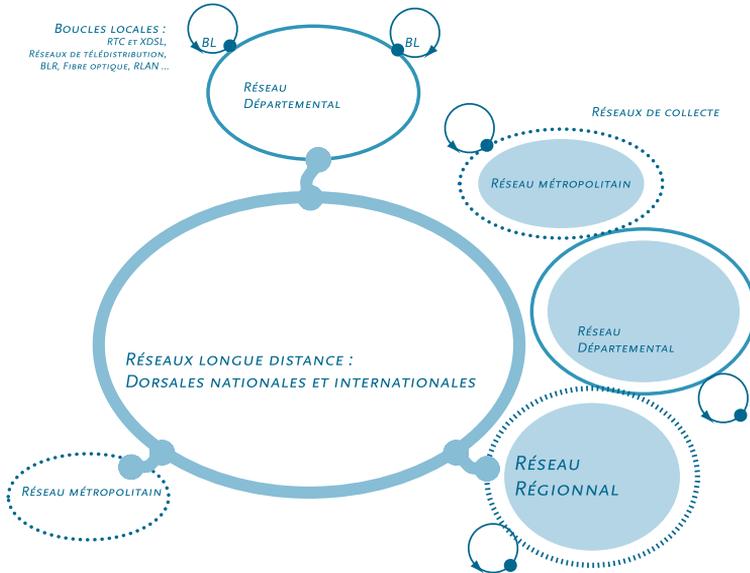
● 4.1 Introduction

En France comme dans tous les autres pays européens existe un opérateur dominant pour la fourniture d'infrastructures fixes de télécommunications. Cet opérateur est présent partout sur le territoire, mais son offre peut, elle, être parcellaire notamment pour les nouveaux services à large bande. C'est ce qui se passe pour l'ADSL, comme l'a montré la segmentation introduite au chapitre précédent. La concurrence devrait malgré tout stimuler le déploiement de cette offre. Et dans le cas où la concurrence ne suffit pas, les pouvoirs publics peuvent intervenir pour favoriser ce déploiement. Mais cette intervention a un coût, qu'il convient de comparer à celui auquel le client paie les services d'un opérateur. Ce chapitre propose différentes méthodes de calcul de coûts de réseaux.

Avant de présenter la démarche de modélisation qui a été conçue dans ce projet, il convient de préciser comment les infrastructures à haut débit délivrent leurs services à l'utilisateur final. Il faut en effet construire ou utiliser une infrastructure reliant directement cet utilisateur aux «backbones» nationaux ou internationaux. Pour ce faire, le trafic doit emprunter deux types de réseaux. Le premier concerne le lien entre l'utilisateur final et un point d'accès. Ce réseau sera appelé, suivant la terminologie consacrée, réseau de desserte ou boucle locale (voir figure 4.1 ci-dessous). Notons que celle-ci peut emprunter plusieurs supports alternatifs : boucle locale radio, ADSL, câble, etc.

La seconde infrastructure est constituée des réseaux disponibles au niveau métropolitain, départemental et régional qui collectent le trafic arrivant des réseaux de desserte. Ces réseaux seront appelés réseaux de collecte. Ils se raccordent aux réseaux longue distance (ou dorsales) nationaux et internationaux. L'articulation entre le réseau de desserte celui de collecte et les dorsales peut se représenter par le graphique suivant :

Figure 4.1. : Architecture de la fourniture de service à haut débit



Observatoire des télécommunications dans la ville ©

Dans ce qui suit, l'évaluation des coûts d'un réseau de desserte et celle d'un réseau de collecte seront présentées séparément. Le premier ne fait pas l'objet d'une modélisation spécifique car la desserte dépend de multiples variables :

- la technologie utilisée : filaire (en fibres ou en cuivre) ou sans fil,
- le relief et les distances, c'est-à-dire le contexte géographique,
- la densité de population et les activités déployées.

Ainsi tout réseau de desserte est en soi un cas particulier, et il est totalement illusoire de vouloir le modéliser. Seule une étude fine de terrain permet de s'approcher de la vérité des coûts. Des exemples d'études sont donnés dans le chapitre 5. Pour les réseaux de collecte par contre, la modélisation est plus facile car la technologie est moins diversifiée (on recourt essentiellement aux fibres) et les coûts plus homogènes. La méthode d'évaluation des coûts sera donc la suivante :

- Pour les réseaux de desserte : une synthèse de sources d'informations permettant de donner un coût moyen de desserte en fonction de la technologie utilisée, de la densité de population, de l'activité économique implantée sur la zone. Ce coût moyen sera ensuite utilisé dans quelques cas concrets.
- Pour les réseaux de collecte : une modélisation (Mermaid) et un calcul des coûts à partir de paramètres saisis par l'utilisateur du modèle, reflétant les caractéristiques de la zone où doit s'implanter l'infrastructure.

Mermaid permet d'évaluer le coût de déploiement de réseaux dans les trois zones d'autonomie décisionnelle publique :

- les réseaux métropolitains,
- les réseaux départementaux,
- les réseaux régionaux.

Il peut donc être aussi très utile pour étudier l'articulation de ces trois niveaux d'infrastructures publiques dont le déploiement à plusieurs niveaux nécessite une certaine coordination entre les parties concernées (villes ou communautés urbaines, conseils généraux, conseils régionaux) afin que les coûts soient partagés d'une manière à la fois efficace (pas trop de duplications) et équitable (que le coût d'accès ne soit pas trop inégal sur un territoire donné).

● 4.2 Le réseau de collecte : modélisation par Mermaid

Mermaid est une application de calcul de coût d'un réseau de collecte à haut débit élaborée à l'ENST Bretagne²¹. Elle est constituée de deux modules qui s'enchaînent l'un avec l'autre.

- Le premier fonctionne sur feuilles de calcul et permet de saisir les données sur la zone géographique étudiée, de calculer les coûts et de présenter les résultats.

21 La première version de Mermaid a été réalisée au sein du département Economie de l'ENST Bretagne en collaboration avec l'Observatoire des télécommunications dans la ville, par Jérôme Azaïs, Brice Denimal, Marion Le Gléau, Stanislas Menetrier, Louis Poncin et Olivier Thibault, sous la direction de Jérôme Bezzina . La seconde version a été élaborée par Brice Denimal, Mathieu Piro et Julien Léger sous la direction de G.Dang Nguyen.

- Un module cartographique donne, à partir d'une carte numérisée fournie par l'utilisateur ou disponible dans une base de cartes, la possibilité de placer les nœuds du réseau et de tracer sa topographie optimale.

Ces réseaux de collecte doivent assurer la satisfaction des besoins des services publics et des zones d'activité et entreprises isolées qui ne sont pas desservis en haut débit de manière satisfaisante par les opérateurs de télécommunications privés.

L'enchaînement se fait en trois étapes :

- saisie des paramètres de la zone géographique permettant d'évaluer la demande des services publics et des zones d'activité isolées, sur l'application de la feuille de calcul.
- dessin du réseau par le module de cartographie.
- calcul des coûts et présentation des résultats, sur l'application.

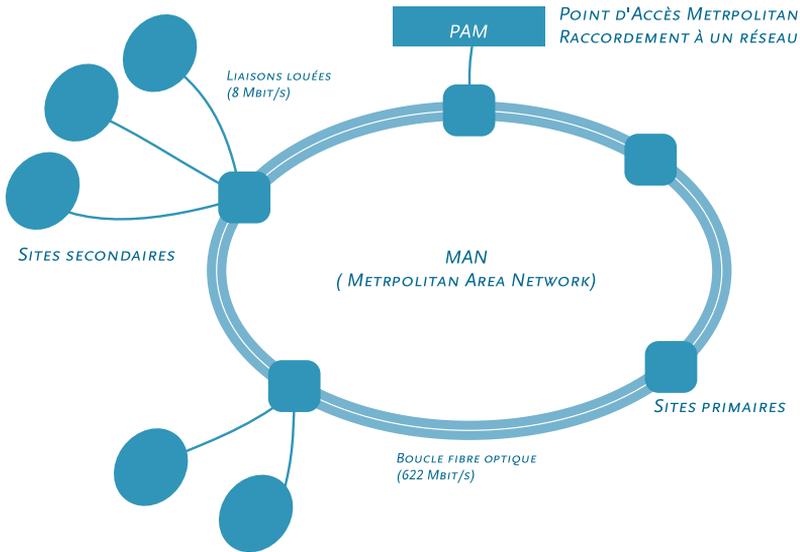
Mermaid avait été initialement conçu pour modéliser un réseau métropolitain uniquement. Par la suite, une nouvelle version a été élaborée, qui prend en compte les réseaux départementaux et régionaux.

4.2.1 Modélisation d'un réseau métropolitain

Le réseau métropolitain est, dans le modèle, organisé sur deux niveaux : des sites primaires gourmands en bande passante, sont reliés entre eux par des fibres optiques. A chaque site primaire peut être relié un faisceau de sites secondaires, moins gourmands ou situés à une distance importante des autres sites. La connexion entre sites primaires et sites secondaires est opérée par des liaisons louées, en principe moins onéreuses que des fibres. Un site primaire particulier est érigé en point d'accès métropolitain, ou PAM, qui permet l'interconnexion avec un réseau privé de collecte ou un réseau public, départemental ou régional.

Le schéma suivant présente l'architecture retenue pour relier à haut débits les différents établissements d'une communauté urbaine :

Figure 4.2 : Architecture d'un réseau métropolitain (Mermaid 1.1)



Observatoire des télécommunications dans la ville ©

La mise en place de câble comprenant plusieurs brins de fibres permet d'avoir un réseau fortement évolutif en terme de débit. En effet, les fibres inutilisées pourraient servir à l'avenir pour obtenir plus de bande passante et l'évolution rapide des techniques de transmission, notamment l'utilisation du multiplexage en longueur d'onde, nous montre que sur chaque brin il sera également possible d'augmenter le débit. Dans l'immédiat, le modèle de réseau utilise un multiplexage temporel pour obtenir le débit retenu de 622 Mbit/s. Par ailleurs, l'avantage de la boucle reliant les sites primaires est qu'elle permet de sécuriser la transmission, même en cas de rupture en un de ses points.

La mise en place du réseau est certainement le point le plus complexe et coûteux du projet. L'installation de fibres nécessite la pose de fourreaux placés sous la chaussée des rues de la ville. Les travaux de génie civil induits ont alors un impact majeur sur les coûts. Ceux-ci peuvent être réduits par le passage des fibres dans des infrastructures déjà existantes comme un métro, des égouts visitables ou toute autre voie permettant le passage et la pose de ces fibres. Les travaux de génie civil déjà programmés pour d'autres utilisations peuvent également, par mutualisation des coûts, permettre de réduire les frais de pose. Ces critères étant spécifiques à chaque ville, Mermaid peut difficilement en tenir compte. L'approche retenue est de fournir initialement un coût de pose avec la totalité du génie civil à réaliser, et de proposer ensuite à l'utilisateur de modifier la part de génie civil à mettre en œuvre. Cela peut intervenir de deux façons différentes :

- Soit il a une estimation globale du génie civil économisé par réutilisation ou mutualisation. Il précise alors cette proportion dans la feuille de calcul qui résume les paramètres globaux du modèle, comme cela sera vu plus loin.
- Soit il dessine, dans le module de cartographie, et artère par artère, celles qui partagent les infrastructures avec d'autres installations. Le coût du génie civil est alors mis à zéro pour ces artères.

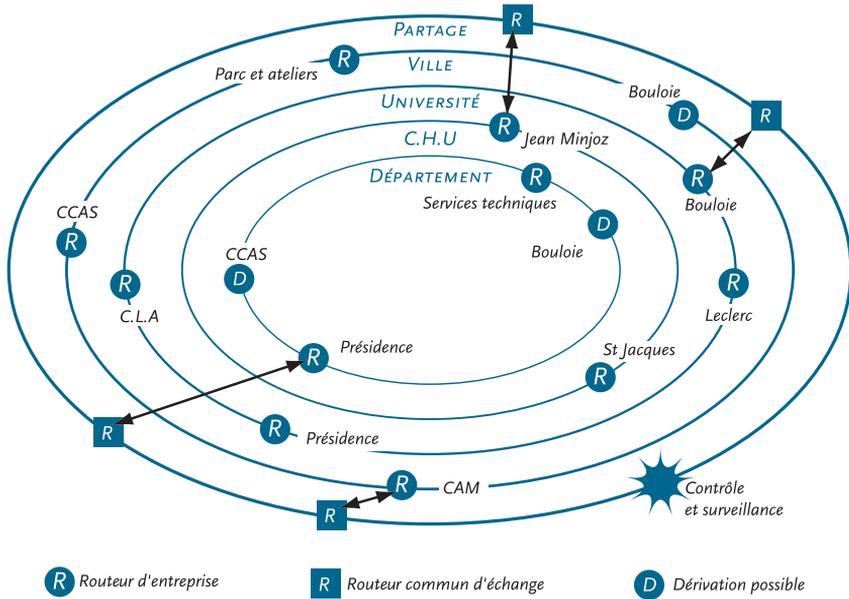
• *L'organisation en GFU*

Compte tenu de la réglementation en vigueur, les collectivités locales ne peuvent exploiter directement des réseaux de télécommunications que pour leurs besoins propres. Leurs infrastructures fonctionnent sur le principe de réseaux indépendants pour groupes fermés d'utilisateurs ou GFU. Un GFU rassemble des établissements d'un secteur public donné qui échangent entre eux un volume important de trafic. Chacun constitue donc un site primaire relié par la boucle locale optique. Comme on l'a vu plus haut, chaque site primaire peut lui-même collecter le trafic des sites secondaires connectés en cascade derrière lui. Un réseau métropolitain est donc, dans Mermaid, une boucle optique comprenant plusieurs fibres. Chaque fibre connecte entre eux les sites primaires d'un GFU. L'avantage de grouper les fibres au sein d'un même fourreau est d'économiser le génie civil, qui est ainsi partagé entre tous les GFU. Mais cela impose que leurs sites primaires donc leurs établissements, ne soient pas trop éloignés d'un GFU à l'autre.

La structure représentée à la figure 4.2 constitue donc la base du réseau d'un GFU. Elle est répétée autant de fois qu'il y en a. L'exemple suivant, qui décrit l'architecture originelle du réseau Lumière de Besançon, donne une illustration de l'organisation d'un réseau métropolitain en GFU.

Figure 4.3 : Organisation du réseau Lumière de Besançon

RÉSEAU BESANÇON LUMIERE - PRINCIPE GENERAL



Cette organisation est, on l'a dit, la conséquence de la réglementation qui interdit aux entités publiques d'être opérateur de réseau, donc d'acheminer du trafic pour le compte de tiers. Seules les entités publiques échangeant entre elles beaucoup de données dans l'exercice de leur activité, peuvent partager une infrastructure et s'ériger en GFU. Ceux considérés dans Mermaid sont :

- Le GFU «collectivités locales» dont le réseau connecte les sites de la mairie, des services techniques, des bibliothèques municipales, et médiathèques, des théâtres et autres lieux publics, ainsi que les sièges du Conseil général ou régional lorsqu'il y en a un.
- Le GFU «santé» constitué autour des principaux CHU, cliniques et hôpitaux.
- Le GFU «éducation», qui regroupe les universités, grandes écoles, instituts de recherche.

Les collectivités locales sont à l'origine de la création de GFU publics, mais elles peuvent déployer également des fourreaux (gaines dans lesquelles passent les fibres optiques) vides, des infrastructures passives ou «fibres noires» (fibres sans

équipement électronique d'extrémité). L'intérêt de mettre en place ces infrastructures excédentaires par rapport à leurs propres besoins (que ce soit des fourreaux ou fibres noires), est de pouvoir, dans un second temps, confier la gestion de ces capacités à des opérateurs extérieurs, qui peuvent ainsi louer leurs services à des clients privés, en ayant mutualisé avec les collectivités locales une partie des coûts d'infrastructure.

Ainsi le réseau Lumière de Besançon est organisé sur la base de 9 GFU indépendants, interconnectés par un opérateur privé qui gère en outre un GFU partagé sur lequel transitent les flux de trafic de ses clients privés raccordés au réseau Lumière.

Si le réseau est exploité par un opérateur, la notion de GFU n'est plus indispensable. Un seul anneau pourrait connecter tous les sites primaires sans distinction. Du point de vue de la modélisation dans Mermaid, cela ne changerait pas grand chose. Cela devrait au contraire simplifier la démarche.

• *Description des sites primaires*

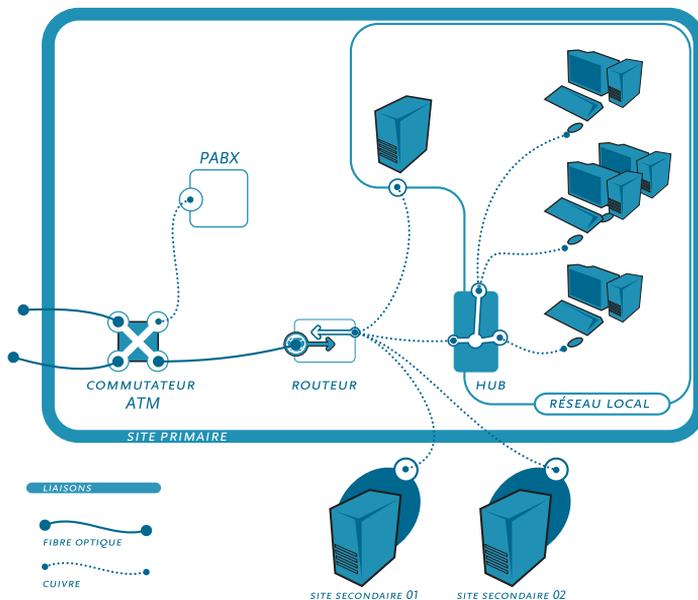
Un site primaire est un établissement qui a de fortes exigences en bande passante et demande un accès à très haut débit. Cet établissement peut disposer de son propre réseau local sur site, qui peut atteindre un débit pouvant aller jusqu'à 155 Mbit/s. Dans l'architecture choisie, ces sites sont directement situés sur une boucle ATM en fibre optique à 622 Mbit/s.

Un commutateur doit être installé sur le site primaire. Dans le modèle il s'agit d'un commutateur ATM permettant l'intégration voix/données. Il dispose, en plus de la structure de base, d'un port ATM 622 Mbit/s pour le raccordement sur la boucle de fibre, d'une carte offrant jusqu'à une dizaine de canaux de voix pour l'interconnexion avec le PABX du site, et d'une carte proposant au moins deux ports ATM à 155 Mbit/s pour connecter le commutateur au routeur du site par une fibre optique. Pour les sites primaires accueillant un PAM (Point d'Accès Métropolitain qui permet l'interconnexion à un réseau départemental ou régional), un équipement supplémentaire est nécessaire. Il s'agit d'un commutateur ATM fourni et administré par le réseau régional. Par défaut, celui-ci est situé sur le site du réseau métropolitain le plus gourmand du GFU (par exemple, le Centre Hospitalier Régional).

Dans un souci de qualité de service et de sécurité, l'équipement retenu dispose d'une redondance complète de la structure de base (alimentation, fond de panier ...). Le routeur du site primaire, outre ses fonctions de routage au sein du

LAN²² existant, doit permettre le raccordement éventuel d'un ou plusieurs sites secondaires. Dans le modèle, il dispose de ports Fast Ethernet pour le LAN, d'un port ATM 155 Mbit/s et de ports WAN (Wide Area Network) pour le raccordement des liaisons louées. Le routeur déjà existant sur le site peut, dans certains cas, être amélioré pour pouvoir remplir ces fonctions spécifiques. Mais le modèle ne peut pas chiffrer le coût de cette manipulation (trop spécifique à l'équipement déjà en place). Mermaid considère donc le prix du routeur neuf. La figure suivante présente les équipements que doit posséder un site primaire :

Figure 4.4 : L'organisation d'un site primaire



Observatoire des télécommunications dans la ville ©

Le nombre de sites primaires que l'on peut placer sur une même boucle n'est a priori pas illimité et dépendra des flux de chacun des sites. La limite imposée est le débit de 622 Mbit/s de la boucle optique. A l'inverse, s'il n'y a pas assez de sites primaires identifiés pour un GFU donné, celui-ci sera mutualisé avec un autre pour rentabiliser les investissements.

• *Description des sites secondaires*

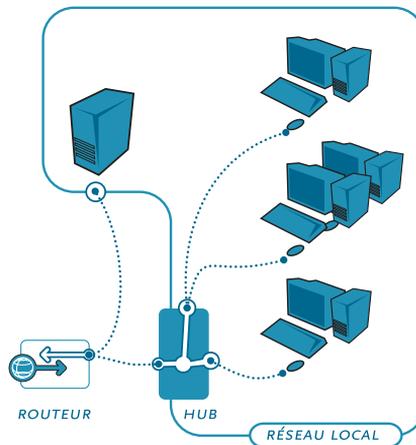
Par opposition aux sites primaires, les sites secondaires ont moins d'exigences en termes de débits. C'est pourquoi il ne serait pas rentable (étant donné le prix du

22 Local Area Network, ici il s'agit du réseau local sur le site primaire

génie civil) de tirer des fibres jusqu'à ce genre de sites. La solution la plus simple et la plus économique est donc d'utiliser une offre de liaisons louées auprès d'un opérateur de télécommunications. Dans le modèle, on prend comme référence l'offre de liaisons louées à 2 Mbit/s de France Télécom en zone locale. Les sites secondaires d'un GFU seront donc reliés aux sites primaires du GFU par 4 liaisons à 2 Mbit/s raccordés sur un multiplexeur inverse pour obtenir les 8 Mbit/s retenus dans le modèle. Mais on peut imaginer d'autres solutions dont le réseau ne tient pas compte directement : fourniture des liaisons par d'autres opérateurs, débits plus importants, construction d'une infrastructure dédiée, etc. Mermaid retient des liaisons à 8 Mbit/s, car le surcoût d'une telle liaison par rapport à une de débit inférieur n'est pas très élevé, mais aussi pour pouvoir anticiper à court ou moyen terme les besoins futurs de ces sites.

Pour relier un site secondaire au site primaire le plus proche, un routeur est nécessaire auquel on adjoint des cartes offrant des ports pour la connexion WAN (vers la liaison louée) et des ports Fast Ethernet pour le réseau local du site. Les équipements utilisés dans le modèle permettent également, pour le port Fast Ethernet, une commutation vers de l'Ethernet 10 Mbit/s dans le cas où le LAN ne permettrait pas le Fast Ethernet. Il s'agit une fois de plus, d'anticiper les évolutions technologiques à venir sur ces sites. En effet, si un réseau métropolitain est amené à se construire, certains sites pourraient en profiter pour mettre en place leur propre LAN. Voici un schéma synthétique des équipements que l'on doit trouver sur un site secondaire :

Figure 4.5 : Schéma des équipements d'un site secondaire

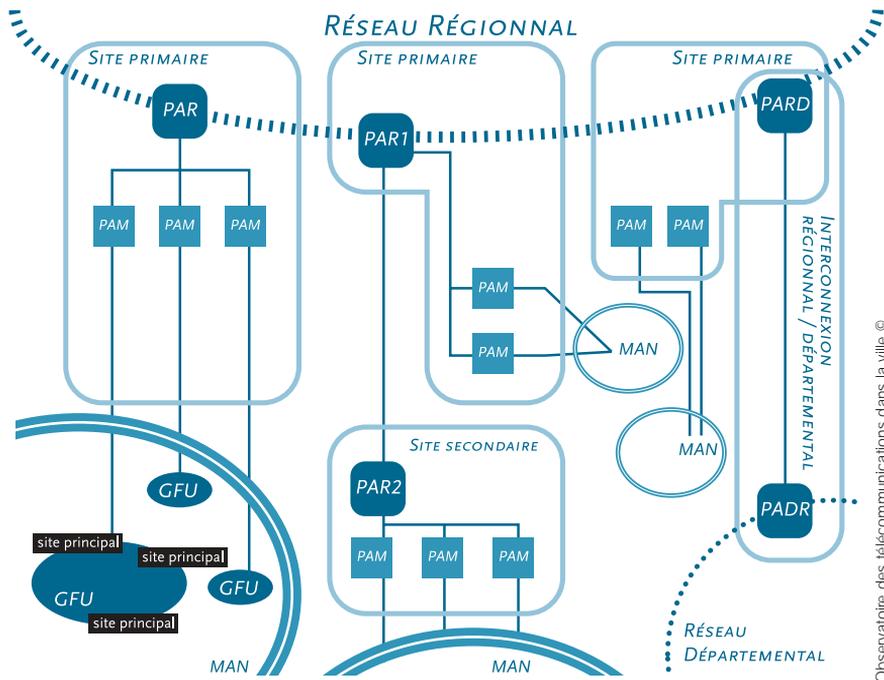


Une architecture en étoile est adaptée à des sites comme les zones d'activité économique dans lesquels les entreprises cherchent plutôt à disposer d'un accès partagé. Ces sites apparaîtront ainsi comme des sites secondaires.

4.2.2 Modélisation d'un réseau départemental ou régional

Le modèle initial de Mermaid proposait une architecture complète pour les réseaux métropolitains. Pour l'adapter aux réseaux départementaux et régionaux, il a fallu élaborer une architecture générique de ces structures. Il s'agissait notamment de tenir compte de l'interconnexion réseau départemental/réseau régional, mais aussi des interconnexions réseau régional/réseau métropolitain et réseau départemental/réseau métropolitain. Le schéma général retenu est représenté sur la figure suivante :

Figure 4.6 : Architecture complète du modèle Mermaid v2.



Le réseau régional (ou départemental) est lui aussi une boucle optique, reliant des sites primaires. On l'observe dans la partie supérieure de la figure 4.6. Mais ici, les sites primaires sont constitués de points d'accès régionaux (PAR) auxquels sont connectés les PAM de chaque GFU, d'un réseau métropolitain et c'est cet ensemble (PAR + PAMs) qui constitue un site primaire du réseau régional. Il y a aussi des connexions spécifiques, comme celles entre un réseau départemental et un réseau régional (à droite dans la figure 4.6), ou celle entre un site distant et le réseau régional (au milieu dans la figure).

Les trois éventualités concernant les interconnexions entre les réseaux sont représentées sur la figure 4.6. Ce sont

- l'interconnexion entre un MAN et le réseau supérieur sur lequel il est situé,
- l'interconnexion entre un MAN distant et le réseau supérieur auquel il est relié,
- l'interconnexion entre un réseau départemental et un réseau régional.

On peut les décrire de façon plus précise :

• *Interconnexion entre un MAN et le réseau supérieur sur lequel il est situé*

Au niveau du MAN, les sites primaires d'un GFU sont, on l'a dit, reliés par une boucle en fibre optique. Le MAN est constitué de l'ensemble des GFU. Chacun d'entre eux est relié à un PAM (Point d'Accès Métropolitain, situé sur le réseau métropolitain), établi sur un de ses sites primaires. Ensuite, les PAM sont connectés sur un même PAR (Point d'Accès Régional, situé sur le réseau régional), qui est le point de connexion du réseau régional dans la ville. Ainsi, l'interconnexion du MAN avec un réseau supérieur se compose de l'ensemble des interconnexions entre chaque GFU et le réseau supérieur.

Par ailleurs, de part et d'autre d'un même PAM, les liens ont un débit identique et ce débit correspond à celui de la liaison entre le GFU considéré et le réseau supérieur. Ainsi, les GFU d'un même MAN peuvent avoir des accès de capacité différente vers le même réseau supérieur. Le modèle Mermaid propose trois débits différents: 20 bit/s, 40 bit/s, 155 bit/s.

L'interface entre un réseau métropolitain et un réseau supérieur correspond donc à un site primaire particulier, composé de 1 PAR et de n PAM correspondant à n GFU.

- *Interconnexion entre un MAN distant et le réseau supérieur auquel il est relié.*

Lorsque qu'un MAN n'est pas situé sur le parcours d'un réseau supérieur, on le connecte à ce dernier par l'intermédiaire du MAN le plus proche, qui est, lui, situé sur le réseau. Le PAR du MAN situé sur le réseau est appelé PAR1. C'est en fait un PAR comportant une liaison supplémentaire vers le PAR2. Le PAR2 correspond au PAR pour le site distant. La différence avec un PAR réside dans le fait qu'il contient en amont une liaison vers le PAR1 et non directement vers le réseau supérieur. Le modèle propose les mêmes débits pour la liaison PAR1/PAR2 : 45 bit/s, 155 bit/s et 622 bit/s.

- *Interconnexion entre un réseau départemental et un réseau régional.*

L'interconnexion entre un réseau départemental et un réseau régional se fait entre un PARD et un PADR. Un PARD (Point d'Accès Régional vers Départemental) correspond à un PAR du réseau régional (il est donc connecté à un MAN), comportant une liaison supplémentaire vers le PADR. Un PADR (Point d'Accès Départemental vers Régional) est un équipement réalisant l'interconnexion entre le lien venant du PARD au réseau départemental. Le débit de la liaison entre un réseau régional et un réseau départemental est fixé par le modèle à 155 bit/s.

● 4.3 La démarche de simulation

Pour utiliser le modèle Mermaid dans un cas concret, on procède en trois étapes :

- remplir un questionnaire pour définir le contexte et les besoins de la zone que l'on va simuler,
- accéder à la cartographie pour obtenir un tracé du réseau,
- afficher les résultats.

Chacune de ces phases sera décrite ici.

4.3.1 La définition des besoins

Pour une **ville**, un questionnaire sert à spécifier les caractéristiques de chacun de ses GFU publics :

- le GFU «enseignement-recherche»,
- le GFU «santé»,
- le GFU «collectivités territoriales».

Si la ville a moins de 20 000 habitants, elle n'a, en principe, pas de réseau métropolitain. Si elle a entre 20 et 130 000 habitants, elle a au moins un point d'accès métropolitain, mutualisé entre les collectivités territoriales et le GFU «santé». Si elle a plus de 130 000 habitants, elle a au moins deux PAM.

Dans le GFU «enseignement supérieur», chaque université est dotée d'un PAM qui, par défaut, est situé à la Présidence. Si l'université est établie sur plusieurs campus, chacun d'entre eux constituera un site primaire. Des sites secondaires, correspondant à d'autres établissements d'enseignement supérieur ou de recherche, sont connectés au campus le plus proche, suivant l'architecture définie à la figure 5.2.

Dans le GFU «santé», on se contente de déterminer le nombre de sites hospitaliers plutôt gourmands en bande passante.

Dans le GFU «collectivités territoriales», on cherche à mettre en évidence la présence d'un siège du Conseil général ou régional, ainsi que des sites secondaires pouvant être reliés au site primaire de la mairie (théâtres, bibliothèques, services techniques...).

Pour un **département**, les sites à connecter sont des villes et des zones annexes, souvent des zones industrielles ou des technopôles isolés des métropoles, mais qui voient en ces déploiements de réseaux publics l'opportunité d'accéder au haut débit. Ces zones isolées sont délaissées par les opérateurs (zones noires), mais peuvent être prises en considération par les projets locaux. Comme il n'existe aucune restriction dans le modèle sur la taille des villes pour avoir accès au haut débit, toutes les contraintes liées à l'isolement des activités peuvent en principe être levées dans Mermaid.

Les besoins des sites annexes ne sont pas explicitement modélisés dans Mermaid et doivent donc être directement fournis par l'utilisateur qui pourra les calculer grâce aux différents ratios définis dans les chapitres précédents.

Un questionnaire sollicite ensuite l'utilisateur pour décrire les villes à raccorder. Le nombre de PAM est calculé suivant les règles explicitées précédemment. Mais l'utilisateur peut corriger ce nombre de PAM s'il possède des informations précises qui ne valident pas le choix du modèle, par exemple, dans le cas de raccordement au réseau de collecte départemental d'un réseau métropolitain déjà existant.

Les nœuds du futur réseau sont ainsi caractérisés : on connaît leurs besoins et l'algorithme du programme de cartographie pourra les placer sur le réseau. En fonction des nombres de PAM ainsi localisés, le programme calcule un débit minimal pour les artères de transmission.

Pour une **région**, la démarche est très similaire. Les sites à connecter sont de même type : il s'agit de villes ou de sites annexes. Mais il faut prendre en compte l'existence possible de sous-réseaux départementaux. Le réseau régional servira alors d'interconnexion entre ceux-ci et les villes non connectées. Les nœuds du réseau sont les points d'interconnexion avec ces sous-réseaux²³ et avec les villes non connectées. Afin de spécifier leurs besoins, on procède de façon similaire à ce qui est fait dans la démarche départementale. Mais il reste le cas des sous-réseaux. Ceux-ci peuvent être de deux sortes :

- Des réseaux qui existent déjà et qui doivent être intégrés à la simulation. Le modèle va prendre en compte uniquement la ville ou le site annexe (PARD) qui va venir faire l'interconnexion. A ce niveau, le débit d'accès peut être également spécifié par l'utilisateur.
- Des réseaux non existants que l'utilisateur souhaiterait simuler pour des projets en gestation, ou simplement pour recueillir des informations à ce sujet. Pour chaque sous-réseau de ce type, une étude complète lui est proposée, reprenant la démarche départementale. Une seule information est générée, il s'agit une nouvelle fois du point d'interconnexion (PARD). Le débit d'interconnexion peut également être configurable par l'utilisateur.

Dans chaque simulation, l'ensemble des nœuds du futur réseau est spécifié au terme du questionnaire, et les informations sont passées au module cartographique qui dessine les réseaux reliant ces nœuds.

4.3.2 Le module de cartographie

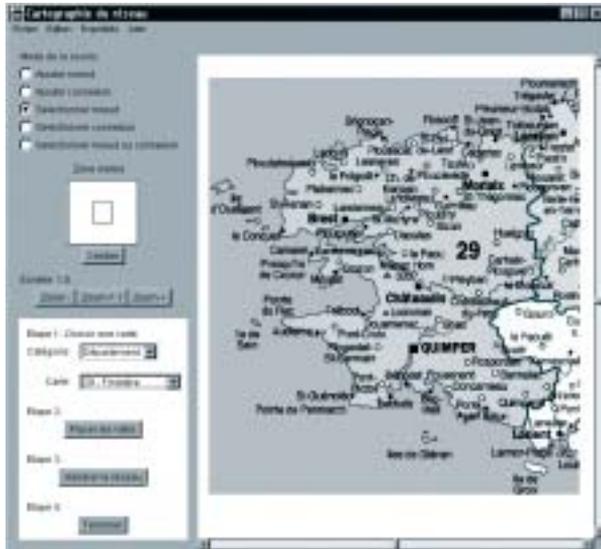
Le module de cartographie est un programme autonome qui, à partir des besoins définis précédemment, permet à l'utilisateur de :

- sélectionner la carte correspondant à sa région (respectivement département, ville). Il peut importer une carte spécifique s'il le souhaite ;
- placer sur la carte les villes (ou les sites dans le cas d'un réseau métropolitain) issues de la feuille de calcul ;

23 Dans ce cas il s'agit de villes qui seront communes aux deux infrastructures

- générer le réseau adapté à ses besoins ;
- ensuite il peut modifier ce réseau pour pouvoir prendre en compte des caractéristiques spécifiques ;
- retourner à la feuille de calcul pour étudier les coûts, après avoir éventuellement sauvegardé le tracé du réseau.

Figure 4.7 : Module de cartographie.



Module MERMAID

En fonction des données entrées dans le questionnaire, un algorithme dessine un réseau correspondant à l'architecture la plus adaptée. Il cherche toujours à obtenir une architecture de type boucle + capillarité, où la capillarité est réalisée en connectant les sites secondaires à la boucle. Les sites primaires sont sur la boucle, les sites secondaires étant connectés au site primaire le plus proche. En ce qui concerne les débits, la boucle a un débit fixé, adapté à la charge globale du réseau, et les sites secondaires sont raccordés avec le débit minimum nécessaire. Pour certains réseaux, le tracé proposé peut ne pas être le plus adapté ; dans ce cas l'utilisateur peut effectuer, selon la procédure décrite plus haut, des modifications afin de se rapprocher le plus possible de ses besoins. Cette possibilité de paramétrage et de dessin «à la main» du réseau, est une des grandes forces de Mermaid, soulignant sa flexibilité.

4.3.3 Les résultats

Une fois le réseau construit, la feuille de calcul récupère toutes les données accumulées par le module cartographique externe : informations sur les nœuds du réseau, son architecture, les technologies déployées, les débits en place... Avant de transformer ces résultats en coûts ou en prix, Mermaid permet à l'utilisateur de personnaliser un peu plus son projet. Il peut ajuster un certain nombre de paramètres :

- Economiques : il s'agit tout d'abord du coût du capital, des différentes durées d'amortissements. Par défaut, l'amortissement du matériel est positionné à 4 ans, celui de la fibre à 8 ans et celui du génie civil à 30 ans.
- Techniques : Par défaut, les frais de mise en service sont égaux à 10 % du prix total des équipements à installer. Et les frais de maintenance sont aussi fixés par défaut à 10 % du prix des équipements à administrer. Ils excluent le salaire de deux techniciens de maintenance comptabilisés par ailleurs.
- Topologiques : l'utilisateur peut jouer sur différents paramètres pour indiquer la part d'infrastructure déjà existante (en particulier, le génie civil) et réutilisable. Enfin, un dernier paramètre ajuste la difficulté du terrain. En effet, équiper une région montagneuse reviendra plus cher qu'une région peu montagneuse.

Ces différents paramètres et curseurs autorisent le calcul des coûts personnalisés au projet. Il en résulte des coûts globaux de réseau, de fibre optique et de génie civil. Ces coûts peuvent être ensuite annualisés sur les durées d'amortissement

souhaitées, avec un taux d'actualisation fixé au niveau du coût du capital. Le programme calcule également des coûts moyens et incrémentaux pour chaque poste de dépense. Les coûts moyens servent à analyser les dépenses poste par poste. Et les coûts incrémentaux permettent de savoir le surcoût que peut occasionner l'installation d'un PAM supplémentaire, d'un kilomètre de fibre supplémentaire, etc. Des graphiques viennent enfin illustrer ces données. On y présente la répartition des coûts par poste, la répartition des coûts des équipements et les coûts incrémentaux et moyens.

4.3.4 Les limites du modèle et évolutions possibles

Le modèle choisi repose sur une distinction entre différentes catégories de réseaux :

- régionaux
- départementaux
- métropolitains

Si, dans la pratique, il existe un nombre plus important de niveaux, le modèle n'est plus parfaitement adapté.

Enfin on pourrait penser que les solutions xDSL et BLR vont se développer dans les années à venir. Il pourrait être intéressant de les intégrer au niveau des réseaux métropolitains, pour assurer l'interconnexion des sites éloignés du cœur du réseau. Cette éventualité permettrait d'intégrer le réseau de desserte (ou boucle locale) dans Mermaid.

● 4.4 Le réseau de desserte : analyse des coûts

Les réseaux de desserte permettent de raccorder les installations d'abonnés ou d'utilisateurs aux réseaux de collecte. Longtemps la paire de cuivre du réseau téléphonique a représenté un goulot d'étranglement à ce niveau, tant pour la disponibilité que par sa capacité. En effet, les solutions alternatives en fibre optique étaient trop onéreuses, l'accès par le câble peu adapté, et les technologies radio techniquement imparfaites. La seule alternative était, pour les clients à besoins importants, de louer des liaisons permanentes onéreuses, et l'opérateur historique était le seul à les fournir.

4.4.1 Les différentes formes de réseaux de desserte

Depuis quelques années la situation a considérablement évolué avec l'arrivée de l'ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), la baisse des coûts de la fibre, la mise au point de la boucle locale radio et des technologies sans fil à courte portée (Wireless LAN, ...). Actuellement donc, les technologies de desserte se divisent en plusieurs catégories : les technologies filaires, dont la fibre optique, l'ADSL et le câble, et les technologies sans fil. Les choix entre ces technologies vont dépendre essentiellement des coûts respectifs, de la disponibilité et de la capacité attendue.

- *Les technologies filaires*

On distingue au sein des technologies filaires, l'ADSL, les câbles et la fibre optique.

L'ADSL

L'ADSL ne remet pas en cause la pérennité de la paire de cuivre, mais permet de superposer et de séparer les flux de données et le trafic de la voix sur une ligne téléphonique classique. L'ADSL fait partie de la famille nombreuse xDSL, dont l'intérêt est de pouvoir augmenter les débits en modifiant l'électronique aux extrémités, sans toucher à la paire de cuivre, ce qui permettra, dans le futur, de faire croître, à un coût raisonnable, le débit d'accès.

L'intérêt de l'ADSL est aussi de permettre, grâce au dégroupage, que des concurrents offrent un service à haut débit équivalent à celui de l'opérateur historique, faisant ainsi baisser les prix. Le dégroupage permet en effet à un concurrent de louer la paire de cuivre qui relie l'abonné au central de l'opérateur historique, sans devoir dupliquer lui-même cet investissement coûteux, notamment en génie civil. Mais il doit malgré tout déployer un matériel spécifique au sein même des installations de l'opérateur historique. C'est ce que l'on appelle la co-localisation. Le matériel spécifique en question est notamment constitué de DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). Sachant que l'opérateur historique est en mesure de servir l'ensemble du marché, il paraît assez difficile pour les opérateurs concurrents de fournir le haut débit dans des zones à faible ou moyenne densité.

La fibre optique

Elle est réservée aux grands centres d'affaires, car très onéreuse. On ne la retiendra pas ici, puisque l'on s'intéresse aux zones noires où son coût serait nettement prohibitif. Néanmoins, on dispose d'informations concernant ses coûts, à partir des paramètres de coût entrés dans Mermaid.

Le câble

Le câble conçu initialement pour la télévision a fait l'objet d'un plan gouvernemental en novembre 1982. Les premières installations ont démarré en 1984, l'organisation de son exploitation a été réformée en 1986. Pourtant, cela ne l'a pas conduit à un franc succès. La technologie dite des modems-câble permet, en modifiant l'architecture de son réseau de distribution, de rendre le câble interactif et de donner ainsi l'accès à la transmission de données à haut débit et à internet. Aux Etats-Unis, où le taux de pénétration du câble (nombre de raccordements par foyer) est de l'ordre de 70 %, ce qui correspond à 74 millions de prises raccordées, le câble demeure, plus que l'ADSL, la technologie d'accès privilégiée au haut débit. Potentiellement, le câble peut offrir un débit pouvant aller jusqu'à 10 Mbit/s. Mais son inconvénient est qu'il ne garantit pas le débit, puisque celui-ci est partagé par tous les utilisateurs connectés simultanément à la même tête de réseau.

• *Les technologies sans fil*

Les technologies sans fil se décomposent en plusieurs familles de réseaux de distribution : la boucle locale radio, les réseaux locaux sans fil, le satellite.

• *Les réseaux locaux sans fil*

Les réseaux locaux sans fil utilisent des bandes de fréquence à 2,4 GHz et à 5 GHz qui, jusqu'à il y a peu, était réservée aux militaires et à des applications médicales et scientifiques. La bande des 2,4 GHz a été en partie libérée, mais le contexte réglementaire de son utilisation n'est pas encore totalement fixé. L'usage de cette bande était fixé jusque récemment par une décision publiée le 23 mai 2001. Cet usage était :

- libre à l'intérieur des bâtiments,
- soumis à autorisation de l'ART pour un usage sur une propriété privée à l'extérieur du bâtiment,

- réservé à l'armée dans le domaine public.

Face à la multiplication des initiatives, l'Autorité de régulation des télécommunications a publié le 7 novembre 2002 un texte qui précise :

- que l'installation de bornes d'accès sans fil dans des lieux de passage du public est libre dans 38 départements (la liste devant être complétée à partir de janvier 2003),
- que des expérimentations pourront avoir lieu partout en France (sous réserve que le projet ne soit pas à proximité d'un lieu jugé sensible par le ministère de la Défense) et donneront lieu à l'attribution de licences expérimentales en application de l'article L 33-1 du code des postes et télécommunications (possibilité interdite aux collectivités territoriales à moins d'un changement du CGCT).

Les réseaux locaux sans fil disposent de plusieurs normes de fonctionnement :

- Bluetooth, proposée par Ericsson en 1994, est une technologie à débit limité (720 Kbit/s) et rayon d'action faible (10 à 30 mètres), adaptée aux appareils nomades.
- WiFi est fondée sur un standard de l'IEEE, adopté en 1999 sous le nom de IEEE 802 - 11b. WiFi fournit un débit théorique de 11 Mbit/s, pour une seule cellule, mais qui se réduit à 3 à 4 Mbit/s dans les conditions réelles d'utilisation, qui doit être partagé entre tous les utilisateurs présents sur une même cellule. La portée des antennes WiFi peut s'étendre jusqu'à plusieurs kilomètres (8 à 33), si elles sont amplifiées.
- La norme Hyper LAN est une norme européenne, qui n'est pas compatible avec 802-11, dans la bande de 5 GHz, mais dont les fonctionnalités sont assez similaires. Le débit théorique est de 20 Mbit/s.

Le Wifi en pratique : Entreprise Ent9 (gestion d'un site portail) – Zone industrielle (56)

Présentation de l'entreprise

La société Ent9 gère un site web de type annuaire/portail afin de mettre à disposition tous les professionnels de l'immobilier (agences, organismes de crédit, déménageurs, etc.) pour les particuliers. Créée il y a quelques mois, l'entreprise ne compte qu'un salarié pour l'instant, mais envisage de se développer car son activité est en pleine croissance.

Installée sur le Parc Industriel de Bretagne Sud (PIBS) à Vannes (56), Ent9 est intégrée à la pépinière d'entreprises du parc.

Utilisation du haut débit

Le PIBS est équipé d'un système WiFi et fournit des liaisons entre 1 et 2 Mbit/s à ses entreprises, pour un coût de 15 € par mois environ. En plus de cette liaison hertzienne le fondateur de la société utilise une ligne ADSL (512 Kbit/s) depuis son domicile afin de travailler à distance.

L'entreprise s'est installée sur le PIBS car il y avait une liaison haut débit, il n'était pas envisageable pour elle de s'installer sur une zone non couverte par l'ADSL ou équivalent. En effet le haut débit est la raison d'existence de la société afin de lui permettre :

- de mettre à jour le site web portail (situé à l'extérieur chez un spécialiste de l'hébergement),
- de bénéficier d'internet pour la recherche de clients, et la messagerie électronique,
- de faire des visioconférences avec ses clients (en projet).

La boucle locale radio

La boucle locale radio est constituée d'une station de base (antenne principale), qui est le point central du réseau et permet de raccorder les abonnés dans un rayon de 5 à 10 Km. Chaque client possède sa propre antenne, appelée station terminale. Suivant la technologie (et la bande de fréquence) utilisée, on distingue les systèmes LMDS (Local Multipoint Distribution System), fonctionnant dans la bande des 26 GHz avec une bande allouée significative (112 MHz), bien adaptée aux zones urbaines, et les systèmes PMP (bande de 3 GHz, bande passante de 15 MHz) convenant à des zones de faible densité.

Le satellite

Les satellites sont de deux catégories : les géostationnaires, dont l'orbite à 36 000 Km au-dessus de l'équateur est parcourue en 24 h, ce qui les fait sembler immobiles par rapport à la terre, et les satellites à basse orbite (quelques centaines de Km) ou LEO (Low Earth Orbit). Ceux-ci font plusieurs rotations par jour et il en faut plusieurs dizaines pour couvrir toute la planète. Actuellement, aucune des constellations satellitaires de LEO (Skybridge d'Alcatel et Teledesic de Microsoft) pour internet à haut débit n'est en fonctionnement commercial. Les satellites géostationnaires quant à eux ont longtemps nécessité l'installation d'antennes satellites coûteuses (les VSAT ou Very Small Aperture Antennas) qui s'avéraient finalement peu indiqués pour couvrir les zones noires.

Des offres commerciales d'accès bi-directionnel sont aujourd'hui disponibles à des prix compétitifs, ce qui est de nature à changer la donne économique relative à ce type de solution. Plusieurs projets sont actuellement à l'étude dans des territoires isolés (zones rurales ou zones de montagne) pour une alimentation haut débit par satellite, la desserte locale étant assurée par des solutions radio-électriques.

4.4.2 Les coûts des réseaux de desserte

Pour amener le haut débit dans une zone peu desservie, il faut deux types d'équipement :

- Ceux de desserte, qui viennent d'être décrits.
- Des équipements de transport, qui ont pour but d'acheminer le trafic collecté sur la zone à couvrir. Ces équipements sont la traduction concrète de l'isolement des territoires. Ils connectent la zone à desservir au point de présence de l'opérateur le plus proche. Ce sont, en première approximation, ces coûts qui constituent le handicap des zones noires, en plus de leur faible peuplement, comme le chapitre suivant le montrera.

• *Coût des équipements de transport*

Les équipements de transport relient en effet le réseau de desserte au réseau de collecte. Ils peuvent être en fibre ou en faisceau hertzien. En règle générale, il s'agit plutôt de faisceaux hertziens. Mais la communauté de communes du Pays

de Sillé est en train d'expérimenter une solution originale à base de transmission infrarouge par laser. Celle-ci semble très intéressante pour les débits disponibles (le réseau de transport peut atteindre jusqu'à 3 Gbit/s) mais elle est alors à faible portée, et nécessite une multiplicité de répéteurs. Ce qui pourrait être un handicap est en fait un avantage : En effet, le principe est d'installer une infrastructure construite sur les points hauts des zones à desservir, par exemple les châteaux d'eau. Sur chaque point, on récupère le trafic de la zone environnante (village, hameau isolé, établissement industriel, etc.) qui vient s'ajouter au trafic provenant des points précédents. Le «backbone» est ainsi organisé en «bus», qui collecte le trafic de proche en proche, jusqu'à l'acheminement vers le point de présence d'un opérateur de dorsale. Au moment où le trafic arrive sur ce point de présence, la taille du «bus» est en théorie, voisine des 3 Gbit/s. L'inconvénient de la technologie laser est qu'elle est très dépendante des conditions atmosphériques, la présence de brouillard pouvant occulter la transmission entre deux points. Aussi, l'infrastructure est-elle doublée par une solution radio à 5 GHz fournissant un débit de 2 x 50 Mbit/s. Au niveau des points de collecte de trafic, il s'agit d'une distribution de type WiFi, à 2,4 GHz.

On dispose d'une estimation du coût du matériel des équipements de transport plus classiques dans le tableau suivant :

Tableau 4.1. : coût de certains équipements de transport

Technologie	Constructeur	Longueur de bond	Débits proposés	Prix
Laser	Actipole	Jusqu'à 1,5 km	200 Mbit/s	16 000 €
Faisceau Hertzien	Ericsson	Jusqu'à 20 km	34 Mbit/s full duplex	32 000 €
Faisceau Hertzien	Alcatel	6 km	16 x 2 Mbit/s	20 600 €

Source ENST Bretagne

Ces coûts fournissent des ordres de grandeur. Ils ne tiennent pas compte des frais d'installation. En particulier, les pylônes supportant les faisceaux hertziens sont particulièrement onéreux. On estime le coût d'installation d'un pylône de 30 mètres à 40 000 € environ, et celui d'un pylône de 10 m à 15 000 €. D'où l'intérêt de récupérer des points hauts pour acheminer le faisceau de proche en proche.

- *Le coût de la boucle locale radio et de la boucle de réseau local sans fil (WiFi)*

Comme on l'a signalé plus haut, le principe du réseau local sans fil est de fournir, par des connexions radio, les prestations d'un réseau local à la norme Ethernet (802.11). Typiquement, le coût d'une installation WiFi pour une dizaine de sites (pose comprise) et un débit de 11 Mbit/s revient à environ 70 000 € (source Observatoire des télécommunications dans la ville). Il se décompose en coût de routeurs, d'antennes de mâts et d'équipement. La maintenance représente environ 10 % du coût total. Amortie sur 4 ans, une installation WiFi induit donc un coût annuel (non actualisé) de 1 460 € par site.

Ce chiffre est à comparer à un prix de commercialisation de 1 500 € par an pour la boucle locale radio, pour un débit de 2 Mbit/s dans la région parisienne, c'est-à-dire une zone dense²⁴. Les solutions WiFi apparaissent donc plus avantageuses que la BLR car elles garantissent, dans des zones peu denses, un coût d'accès pratiquement équivalent à celui des solutions radio dans les zones blanches, avec un débit cinq fois supérieur.

- *Le coût du DSL*

Le coût de fourniture de l'ADSL fait l'objet de plusieurs estimations, mais qui sont difficilement comparables car elles ne se fondent pas sur la même méthodologie. On distingue d'une part les estimations provenant des opérateurs eux-mêmes et qui résultent directement de leur business plan, et d'autre part les estimations de cabinets de consultants qui, par recoupement d'informations obtenues lors de la mise en œuvre du dégroupage, ont pu reconstituer ces coûts de fourniture.

Les investissements nécessaires à un opérateur historique pour offrir un service DSL sont estimés par Verizon dans une fourchette allant de 550 \$ par abonné pour un commutateur de grande capacité dans une grande zone urbaine, à 1 400 \$ par abonné pour un commutateur local en zone rurale desservant moins de 500 clients.

Des estimations à partir de son propre compte d'exploitation sont également fournies par le nouvel entrant coréen Hanaro, qui permettent en outre de comparer le coût et la rentabilité attendue des technologies alternatives pour l'accès à large bande. Le tableau ci-dessous résume les données présentées par Hanaro.

²⁴ source : rapport du sénateur Brunet «L'accès des PME au haut débit en Ile de France», 8 novembre 2001

Tableau 4.2. : Coût et revenu de l'abonné à haut débit en Corée

	Coût moyen/abonné 3 premiers trimestres 2001	Revenu moyen/abonné	«pay back»
ADSL	920 \$	25,89 \$	17 à 36 mois
Modem câble	309 \$	23,19 \$	6 à 13 mois
LMDS	1 315 \$	19,62 \$	8 à 67 mois

Source : *Hanaro Report 3ème trimestre 2001, rapporté par joint-topic.com*

Ce tableau montre que ce sont les modems câble qui s'avèrent les plus économiques, au moins dans le contexte coréen, où l'accès au haut débit est particulièrement développé. Par ailleurs, on voit que les solutions radio (LMDS) s'avèrent encore trop coûteuses. Mais c'est l'ADSL qui pourtant connaît le plus fort développement dans ce pays, ce qui paraît normal compte tenu de la structure des coûts.

Selon une contribution de Lucent citant une étude du Yankee Group, les coûts d'investissement par abonné varient de 500 à 700 € et les coûts annuels récurrents de 200 à 250 € suivant la densité de la zone à couvrir.

• *Synthèse concernant les coûts de desserte*

Le tableau suivant résume les informations recueillies sur le coût de la desserte suivant les diverses technologies mises en place.

Tableau 4.4. : Comparaison des coûts des technologies de desserte

Origine	Technologie	Zone desservie	Type de coût	Montant
Hanaro	ADSL	Blanche	Acquisition de l'abonné	920 \$
Verizon	ADSL	Blanche ou grise	Acquisition de l'abonné	550 à 1400 \$
Lucent	ADSL	Blanche	Hors commercialisation	520 € par an minimum
Senateur Brunet	BLR	Blanche	Prix de vente	1500 € par an
Hanaro	BLR	Blanche	Acquisition de l'abonné	1390 \$
Devis industriel	WiFi	Noire	Prix de vente	1460 €/an + distribution

Source : ENST Bretagne

Le calcul du point mort, peut s'avérer délicat car il dépend très fortement du succès commercial de l'opérateur, une fois l'équipement ADSL installé. Celui-ci se heurte d'abord à la présence de l'opérateur historique sur le marché, mais aussi à l'inertie des consommateurs face à un équipement qui exige un certain niveau d'investissement. Pour prendre une analogie sur le marché résidentiel, le ratio entre le nombre de foyers raccordables et celui des foyers effectivement raccordés au câble a été pendant très longtemps de 4 voire 5 à 1 : autrement dit pour cinq ménages techniquement susceptibles de recevoir la télévision par câble, un seul avait souscrit à l'abonnement. Bien entendu, on peut penser que dans le cas de l'ADSL, ce ratio sera inférieur, mais il est difficile de savoir à quel niveau il se situera, et au bout de combien de temps il sera atteint. C'est ce qui rend les prévisions de rentabilité aussi difficiles à faire.

En ce qui concerne la demande des entreprises, il est écrit au chapitre précédent, qu'elle risquait d'exploser dans les cinq ans à venir. C'est donc elle qui en priorité doit justifier les investissements en accès au large bande. Indépendamment de la question de l'accès à internet, qui, dans le contexte des entreprises, peut engendrer beaucoup d'ambiguïtés liées au contrôle d'un usage non strictement professionnel, le large bande peut rencontrer, compte tenu de ses coûts, une demande déjà effective visant à en faire un produit de substitution aux liaisons louées.

● 4.5 Conclusion

Dans ce chapitre a été présentée la démarche permettant de calculer effectivement le coût des réseaux à haut débit. On a distingué les réseaux de collecte, qui font l'objet d'une modélisation par Mermaid, et les réseaux de desserte chez l'utilisateur final, trop différenciés pour être modélisables aisément.

En ce qui concerne les réseaux de collecte, Mermaid permet de calculer leur coût à partir de caractéristiques fournies par l'utilisateur, que ce soit pour des réseaux régionaux, départementaux ou métropolitains. Cette application est suffisamment souple pour tenir compte de particularités locales comme la disponibilité de parties de réseaux prises en charge par des artères d'opérateurs privés, le dessin «à la main» du réseau sur une carte, ou au contraire son optimisation suivant un algorithme prédéfini, la prise en compte de technologies différentes (fibres, faisceaux hertziens).

Pour les réseaux de desserte, la modélisation n'est pas disponible car trop dépendante des conditions locales. En outre les paramètres de caractérisation des réseaux, notamment les coûts des technologies alternatives, sont encore approximatifs, car les données restent très largement confidentielles. Néanmoins quelques estimations ont été proposées qui servent à fixer les principaux ordres de grandeur et seront utilisées dans le chapitre suivant.

5 Impact des infrastructures de haut débit : études de cas types

Il s'agit dans cette partie, de simuler le coût des infrastructures publiques à haut débit, dans quelques cas types permettant de mettre en évidence les coûts réels du déploiement dans des zones noires ou grises. Les cinq cas suivants ont été retenus :

- Déploiement d'une infrastructure de transport dans un département (le Finistère).
- Déploiement d'une infrastructure de transport dans une région (la Bretagne).
- Déploiement d'une infrastructure de collecte sur une ville (Brest).
- Déploiement d'un accès à haut débit dans une zone noire (commune de Ploudalmézeau).
- Déploiement d'un accès à haut débit dans une zone grise. La modélisation concerne la commune de Châteaulin. Celle-ci possède la particularité d'abriter un grand établissement, premier producteur français de volailles.

Le choix de ces cas types a été effectué sur un critère d'accessibilité aux données. Ils servent à illustrer et à valider la démarche adoptée dans ce travail, et n'ont aucune prétention à la représentativité statistique. Mais ils permettent de chiffrer ce qu'il peut en coûter aux collectivités locales, notamment en termes de subventions, pour déployer le haut débit, et ce, indépendamment de la forme d'action retenue au final. Les trois premières simulations servent à montrer les

possibilités de Mermaid (et ses limites), pour aider les collectivités dans leur démarche de calcul des coûts. Elles illustrent la relative flexibilité du modèle, son paramétrage assez intuitif. La modélisation permet également de tester quelques variantes de déploiement, pour étudier des scénarios alternatifs :

- Evolution des débits requis :
 - évaluation des besoins du tissu professionnel en bande passante, à partir du secteur d'activité concerné, et du nombre d'employés,
 - évaluation des besoins publics : commerce, sites annexes, écoles et collèges,
 - estimation des besoins résidentiels lorsqu'ils sont pris en compte.
- Choix des technologies de distribution et de desserte.
- Ventilation des coûts.
- Comparaison avec les tarifs de liaisons louées de France Télécom (prix catalogue).

Les deux dernières simulations ne font pas appel à Mermaid, mais présentent des calculs faits à partir des estimations du coût de la desserte. Ces coûts sont comparés à ceux de l'opérateur historique, lorsque celui-ci propose une solution équivalente. La méthode, dans ce cas, est la suivante :

● 5.1 Simulation d'un réseau départemental : le cas du Finistère

Actuellement un tel réseau n'est pas tout à fait nécessaire, puisque Mégalis, le réseau régional, fournit une grande partie des besoins dans le département (par exemple les liaisons Morlaix/Brest/Quimper/Lorient). Néanmoins, Mégalis est un réseau «virtuel» qui résulte d'une location de services France Télécom. Cette location s'achevant en 2004, le Conseil général du Finistère pourrait se poser la question de déployer sa propre infrastructure à partir de cette époque.

Enfin, il est intéressant d'étudier sur un cas concret comment pourraient s'articuler des réseaux départementaux et régionaux.

Le réseau finistérien simulé relierait 12 villes : Brest, Lanerneau, Landivisiau, Morlaix, Roscoff, Carhaix-Plouger, Quimperlé, Concarneau, Quimper, Pont-Labbé, Douarnenez, Chateaulin. Les besoins en haut débit de chaque ville

considérée comme un nœud du réseau départemental, sont fournis dans le tableau suivant, qui exprime le nombre de PAM (Point d'Accès Metropolitain) dont chaque ville a besoin:

Tableau 5.1. : Les besoins en haut débit des villes du Finistère

	Nombre de PAM	PAM à 20 Mbit/s	PAM à 40 Mbit/s	PAM à 100 Mbit/s	Nombre de zones industrielles
Brest	5	0	3	2	3
Landerneau	1	1	0	0	1
Landivisiau	1	1	0	0	1
Morlaix	1	0	0	1	1
Roscoff	1	1	0	0	1
Carhaix-Plougar	1	1	0	0	1
Quimperlé	1	0	1	0	1
Concarneau	1	0	1	0	1
Quimper	5	1	4	0	2
Pont-Labbé	1	1	0	0	1
Douarnenez	1	1	0	0	1
Châteaulin	1	1	0	0	1

Ces PAM correspondent aux besoins des services publics et à ceux des zones industrielles mal desservies qu'on profiterait pour raccorder au réseau.

Le tracé du réseau est donné dans la carte suivante, issue du module de cartographie de Mermaid.

Figure 5.1. : Déploiement d'un réseau départemental sur le Finistère



Observatoire des télécommunications dans la ville ©

Module MERMAID

On observe que Landerneau et Landivisiau, qui sont sur le tracé de l'artère principale Brest/Morlaix à 622 Mbit/s, disposeraient chacun, d'après le modèle, d'une liaison spécifique avec Brest à 34 Mbit/s, en tant que site secondaire. On peut néanmoins supposer que ces deux villes partageront le génie civil avec l'artère principale Brest-Morlaix. Un autre élément remarquable de la topologie du réseau est le fait que la boucle optique passe par Carhaix, ce qui a pour effet d'augmenter significativement le coût. On pourrait imaginer une autre architecture, avec deux solutions possibles.

- soit la connexion entre Morlaix, Carhaix et Quimperlé se fait en faisceau hertzien, le relief dans cette zone rendant cette solution plus avantageuse,
- soit on ne boucle pas le réseau sur Carhaix, que l'on relie directement en tant que site secondaire, à l'artère Morlaix/Brest/Quimper, par l'une de ces trois villes.

Les résultats du modèle Mermaid pour le réseau présenté sur la figure 5.1 sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 5.2. : Coût du réseau départemental du Finistère

		Finistère		
sites connectés	12		km de fibre optique	336
sites primaires	3	CARACTERISTIQUES	investissements sur	4 an(s)
sites annexes	9	DU RESEAU	Génie civil non compressible	100%
nbre PAMs	20		liens réutilisables	0%
coût total du réseau	15 630 077 € HT		coût annuel global	3 726 166 € HT/an
coût total équipements	2 526 077 € HT	COÛTS TOTAUX	coût annuel équipements	1 352 610 € HT/an
coût total génie civil	10 080 000 € HT	ET ANNUELS	coût annuel génie civil	840 000 € HT/an
coût total fibre optique	3 024 000 € HT		coût annuel de fonctionnement	935 462 € HT/an

Le coût total du réseau s'élève à **15,6 millions d'euros**, dont 10 millions pour le génie civil. Ce chiffre peut paraître élevé, et on peut envisager des variantes pour le réduire. Par exemple, on peut tenir compte de la mutualisation des infrastructures de génie civil sur les axes Brest/Landerneau/Landivisiau et sur l'axe Brest/Châteaulin avec le réseau régional. De la même façon, on peut envisager que la liaison Carhaix/Morlaix et Carhaix/Quimperlé soit en faisceaux hertziens, afin de réduire les coûts d'infrastructure.

On peut donc reprendre la simulation en supposant que le réseau du Finistère s'appuiera sur une dorsale similaire à celle que fournit Mégalis, notamment sur la liaison Morlaix/Brest/Quimper/Quimperlé. On aboutit au graphique suivant. On observe que la structure du réseau est sensiblement différente du schéma précédent. Mais c'est au niveau des coûts que les différences sont les plus flagrantes.

Figure 5.2. : Le réseau du Finistère avec prise en compte du réseau régional



Observatoire des télécommunications dans la ville ©

Module MERMAID

Dans l’hypothèse où on réutilise les infrastructures du réseau régional et où le réseau départemental n’est pas bouclé, on arrive à la structure de coût suivante :

Tableau 5.3. : Coût du réseau du Finistère mutualisé avec le réseau régional

Réseau départemental du Finistère avec le réseau régional				
sites connectés	12		km de fibre optique	285
sites primaires	3	CARACTERISTIQUES	investissements sur	4 an(s)
sites annexes	9	DU RESEAU	Génie civil non compressible	100%
nbre PAMs	20		liens réutilisables	0%
coût total du réseau	8 236 897 € HT		coût annuel global	3 066 961 € HT/an
coût total équipements	2 521 897 € HT	COUTS TOTAUX	coût annuel équipements	1 351 470 € HT/an
coût total génie civil	3 150 000 € HT	ET ANNUELS	coût annuel génie civil	262 500 € HT/an
coût total fibre optique	2 565 000 € HT		coût annuel de fonctionnement	935 3372 € HT/an

Le coût s'est presque réduit de moitié par rapport à la version où le réseau départemental est isolé. On note également que le coût des équipements est supérieur à celui du génie civil dans cette variante.

● 5.2 Simulation du réseau régional breton

Le réseau régional breton est simulé dans les mêmes conditions que le réseau départemental du Finistère. Il relie 21 villes, dont les besoins en haut débit pour les services publics sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 5.4. : besoins du réseau régional breton

	Nombre de PAM	PAM à 20 M	PAM à 40 M	PAM à 100
Brest	5 + 1	0	4	2
Rennes	7	0	4	3
Quimper	4	0	3	1
Morlaix	2	1	1	0
Douarnenez	1	1	0	0
Landerneau	1	1	0	0
Lannion	3	0	2	1
Guingamp	1	1	0	0
Saint-Brieuc	3	0	2	1
Paimpol	1	1	0	0
Carhaix	1	1	0	0
Loudéac	1	1	0	0
Pontivy	1	1	0	0
Saint-Malo	2	0	2	0
Vannes	3	0	3	0
Redon	1	0	1	0
Auray	1	1	0	0
Vitré	1	1	0	0
Dinan	1	1	0	0
Quimperlé	1	1	0	0
Lorient	3	0	2	1

Le coût total du réseau régional breton est estimé, par Mermaid, à 40 millions d'euros hors taxe, ce qui représente un coût annuel de 7 108 390 € par an, comme en témoigne le tableau ci-dessous.

Tableau 5.5. : Coût du réseau régional breton

Bretagne				
sites connectés	21		km de fibre optique	907
sites primaires	8	CARACTERISTIQUES	investissements sur	4 an(s)
sites annexes	13	DU RESEAU	Génie civil non compressible	100%
nbre PAMs	44		liens réutilisables	0%
coût total du réseau	40 695 027 € HT		coût annuel global	7 108 390 € HT/an
coût total équipements	5 322 027 € HT	COUTS TOTAUX	coût annuel équipements	1 451 462 € HT/an
coût total génie civil	27 210 000 € HT	ET ANNUELS	coût annuel génie civil	2 267 500 € HT/an
coût total fibre optique	8 163 000 € HT		coût annuel de fonctionnement	1 815 757 € HT/an

La longueur du réseau est de 907 km. Ce réseau est un peu différent de Mégalis. Il est constitué comme suit. En Bretagne il comporte un réseau primaire reliant les villes de : Brest, Lannion, Lorient, Quimper, Rennes, Saint-Brieuc, Saint-Malo, Vannes. Les liaisons entre ces nœuds primaires sont de 155 Mbit/s la première année 310 Mbit/s la seconde, 465 Mbit/s la troisième et 622 Mbit/s la quatrième année. Par ailleurs, Mégalis dispose d'un réseau secondaire auquel sont connectées les villes de : Auray, Carhaix, Concarneau, Dinan, Douarnenez, Fougères, Guingamp, Landerneau, Loudéac, Morlaix, Paimpol, Ploermel, Pont-L'Abbé, Pontivy, Quimperlé, Redon, Vitré. Les connexions avec les nœuds «secondaires» sont proposées à 34 ou 140 Mbit/s, pour les relier aux réseaux primaires. Mais globalement, les résultats diffèrent finalement assez peu du coût du réseau virtuel Mégalis.

● 5.3 Simulation du réseau d'un groupement de communes : le pays de Brest

La ville de Brest s'est dotée d'un réseau métropolitain déployant des fibres noires sur l'agglomération. Dans cette simulation, les caractéristiques de ce réseau n'ont pas été détaillées, car cela exige une connaissance fine des besoins pour chacun des points à raccorder. Il s'agit plutôt ici de voir ce qu'il en coûterait d'étendre ce réseau pour collecter le trafic dans les communes avoisinantes. La simulation concernant les zones noires montrera que la distance est un élément déterminant

des surcoûts que procure la mise à disposition des hauts débits. D’où l’idée que les pouvoirs publics puissent prendre à leur charge cette collecte.

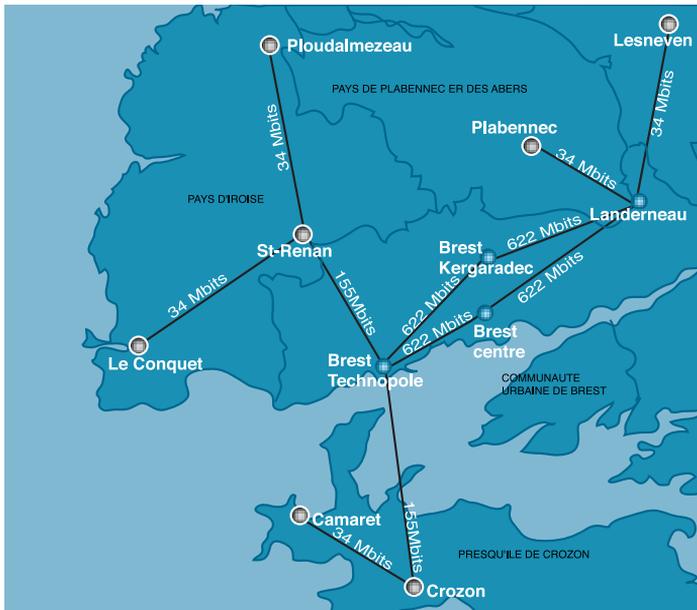
Les besoins en débit souscrit des zones d’emploi du pays de Brest ont été évalués et les résultats sont présentés dans le tableau 5.6. Celui-ci permet de dimensionner les points d’accès à ce réseau de collecte et fournit leur nombre de PAM et leurs débits.

Tableau 5.6. : les besoins en haut débit dans le pays de Brest

Commune	PAM à 20 Mbit/s	PAM à 40 Mbit/s	PAM à 100 Mbit/s
Brest Kergaradec	1	2	
Brest Technopole		2	1
Brest Centre		3	3
Plabennec	1		
Lesneven	1		
Saint-Renan		1	
Ploudalmezeau	1		
Crozon	1		
Camaret	1		
Le Conquet	1		

Le schéma du réseau est donné par la carte ci-après :

Figure 5.3. : le déploiement du réseau sur le pays de Brest



Pour le calcul des coûts on a supposé que les liaisons secondaires étaient assurées par faisceau hertzien, notamment pour traverser la rade ! De plus la liaison Brest Landerneau s'appuie sur une infrastructure de transport déjà existante (réseau départemental ou régional) au moins au niveau du partage des coûts de génie civil. Les coûts de ce réseau sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 5.7. : les coûts de déploiement d'un réseau dans le pays de Brest

Pays de Brest				
sites connectés	11		km de fibre optique	48
sites primaires	4	CHARACTERISTIQUES	investissements sur	4 an(s)
sites annexes	7	DU RESEAU	Génie civil non compressible	100%
nbre PAMs	22		liens réutilisables	0%
coût total du réseau	4 807 139 € HT		coût annuel global	2 988 292 € HT/an
coût total équipements	2 935 139 € HT	COUTS TOTAUX	coût annuel équipements	1 465 086 € HT/an
coût total génie civil	1 440 000 € HT	ET ANNUELS	coût annuel génie civil	120 000 € HT/an
coût total fibre optique	432 000 € HT		coût annuel de fonctionnement	1 014 102 € HT/an

On voit qu'en coût d'investissement, un tel réseau coûterait aux alentours de 5 millions d'euros, tandis qu'en coût annuel global, il reviendrait à 3 millions d'euros, l'essentiel des coûts étant lié au fonctionnement et à l'amortissement du matériel électronique. On peut penser qu'un investissement de ce montant peut être envisagé dans une optique d'aménagement du territoire, à moins qu'une offre privée se manifeste dans les zones ainsi desservies.

● 5.4 Simulation de la desserte dans une zone noire : Ploudalmézeau

Pour les réseaux de desserte nous ne pouvons pas utiliser Mermaid, et les calculs de coût sont effectués «à la main», à partir des données présentées au paragraphe 4.4

5.4.1 Présentation du cas

Ploudalmézeau est une commune de 5 000 habitants située dans le Nord Finistère, à proximité de la mer. De fait elle se compose de deux domaines d'habitation : la commune proprement dite et une zone située en bordure des plages, Portsall. Elle est constituée à 76 % de résidences principales et à 18 % de résidences secondaires, le reste étant des logements vacants. 92 % sont des maisons individuelles. La taille moyenne des ménages (1 925 en tout) est de 2,5 personnes. Le taux de chômage est de 8 %, ce qui est plutôt faible.

Cette commune possède cinq écoles maternelles et primaires, et deux collèges. Elle dispose d'une bibliothèque municipale, d'une salle polyvalente, d'un terrain de camping, d'un office de tourisme. L'activité économique est fortement dépendante de l'agriculture et du tourisme, mais Ploudalmézeau possède également une PME, spécialisée dans le matériel de climatisation et de refroidissement.

Actuellement, la zone de Ploudalmézeau n'étant pas desservie par l'ADSL, la seule possibilité pour une entreprise d'accéder au haut débit, est d'utiliser l'offre de France Télécom en liaisons louées. Faisons l'hypothèse, pour l'entreprise en question, que le nombre de machines à connecter est de 30. Cela correspond à un taux de machine par salarié de 0,3, ce qui est conforme à l'hypothèse d'équipement dans l'industrie (tableau 3.3).

Faisons également l'hypothèse d'une bande passante requise par machine de 60 Kbit/s, ce qui correspond au ratio de débit utilisé estimé dans le chapitre 3 quand un utilisateur a accès au haut débit. On peut donc évaluer à 2 Mbit/s le besoin total en bande passante de la PME évoquée. Notons qu'une seconde entreprise, qui est une filiale de la première et installée sur le même site, aurait, elle un besoin spécifique de 384 Kbit/s, compte tenu de son nombre d'employés (30 personnes). Si l'évolution technologique le permet pour des coûts sensiblement constants, ces besoins pourraient être multipliés par 6 ou 7 dans les cinq prochaines années, ce qui pourrait justifier un accès à 10 Mbit/s dans un futur plus ou moins proche.

Pour évaluer les besoins publics en bande passante, il faut connaître les sites raccordables. En première approximation, on peut identifier les suivants : mairie, caserne de pompiers, office de tourisme, cinq collèges et écoles, deux campings

municipaux, une bibliothèque municipale, avec le bureau de poste et la gendarmerie le cas échéant. Pour fournir un accès à haut débit à ces sites publics, on peut envisager un débit d'usage de 60 Kbit/s par site comme dans le cas privé, soit une capacité totale de 720 Kbit/s, que l'on peut arrondir à 1 Mbit/s, dans des conditions d'usage plus confortables. On peut faire les mêmes remarques quant à l'évolution des besoins.

A côté des deux entreprises citées, le secteur privé est surtout représenté par un hôtel, deux hypermarchés, une grande surface spécialisée, que l'on peut également raccorder à un débit minimal de 60 Kbit/s par poste correspondant à un débit d'usage maximal à l'heure chargée dans les conditions actuelles de congestion des réseaux, conformément à ce qui a été vu au chapitre 3. Il y a en plus sept restaurants et divers commerces et artisans que nous ignorons dans un premier temps.

5.4.2 Présentation des résultats

En ce qui concerne le réseau de desserte (distribution sur Ploudalmézeau), trois solutions sont envisageables a priori :

- La fibre optique : elle est trop chère pour un nombre aussi réduit d'utilisateurs.
- Les solutions sans fil : BLR ou WiFi. Des éléments de coût sont connus pour une installation WiFi concernant 16 prises à 11 Mbit/s, et un pont à 11 Mbit/s. Le coût approximatif est de 64 K€²⁵. Cette installation WiFi utilise une bande de fréquence (2.46 Hz) qui nécessite actuellement l'octroi par l'ART d'une licence expérimentale.
- Une autre possibilité, par la BLR, est donnée par l'offre Info Sat/LDCOM. Celle-ci est dimensionnée pour 2 hubs recevant 60 stations à 3 Mbit/s chacun, 2 ponts à 10 Mbit/s, 20 stations individuelles et 10 stations LAN (multi-utilisateurs). Cela correspond à 30 prises à 2 Mbit/s partagées à un coût déclaré de 3 300 € par prise. A cela il faut ajouter le coût de la pose et de l'exploitation.
- l'ADSL : par hypothèse, la zone de Ploudalmézeau est noire, donc pas couverte par l'opérateur historique. On peut imaginer qu'un opérateur assure cette couverture dans le cas du dégroupage. Dans ce cas, les coûts effectifs

25 Cf. chapitre 4.

présentés dans le chapitre 4 nous permettent de donner quelques ordres de grandeur. Dans une hypothèse extrêmement favorable de 250 abonnés, cela représente 700 € par abonné en coût fixe et 250 € par abonné en coût récurrent. Dans une hypothèse plus réaliste d'une centaine d'abonnés ADSL en résidentiel, les coûts sont multipliés par 2,5.

Compte tenu du marché potentiel sur le site de Ploudalmézeau on peut envisager la configuration suivante en technologie radio : quatre entreprises, chacune munie d'un routeur d'accès pour un fonctionnement en réseau sans fil (la PME et sa filiale et les hypermarchés) ; 10 établissements publics, chacun doté d'une station d'émission-réception autour d'un hub et enfin une liaison par pont radio entre le hub de Portsall, celui de Ploudalmézeau et un point haut de concentration de trafic. Deux solutions techniques sont disponibles :

- Une solution WiFi, avec des routeurs d'extérieur au débit de 11 Mbit/s (quatre pour les installations privées, un pour les installations publiques). En partant des estimations de coût évoquées plus haut, on arrive à environ 4 000 € par installation auxquels il faut rajouter les deux ponts entre Portsall et Ploudalmézeau (à charge de la commune) pour un prix de 4 500 €.
- Une solution BLR, inspirée d'une proposition de Infosat/LDCOM, dont le coût par installation, pose comprise, peut être estimé à 4 000 € également : 3300 € plus 700 € de pose. Mais les débits sont sensiblement inférieurs à ceux du Wifi : chaque installation disposerait de 200 Kbit/s et chaque LAN de 2 Mbit/s environ. Du coup, le réseau de collecte pourrait être moins onéreux, car il ne requerrait que 8 Mbit/s (4 x 2 Mbit/s).

Par ailleurs, on peut envisager d'apporter l'ADSL jusqu'à Ploudalmézeau. Comme l'offre «Connect ATM/ADSL» de France Télécom ne serait pas disponible a priori, il faudrait imaginer que, via le dégroupage, un opérateur puisse venir proposer ce service. Dans ce cas, il faudrait qu'il puisse également récupérer une clientèle grand public. En faisant l'hypothèse standard d'un minimum de 250 abonnés, on peut utiliser les éléments de coût de 700 € par abonné de coûts fixes et de 250 € par abonné pour les coûts récurrents. En imaginant un amortissement sur 3 ans, on peut chiffrer le coût du 2 Mbit/s à environ 1 473 K€ par an. Par contre, si cet opérateur ne réussit qu'à attirer 100 abonnés sur la commune de Ploudalmézeau (sur 1 900 ménages, soit un taux de pénétration de 5 %) on arrive à un coût d'exploitation de 3 800 K€ par an, auquel il faudra sans doute rajouter les coûts de commercialisation et de facturation.

En résumé la desserte d'une PME appartenant à une commune comme Ploudalmézeau, située en zone noire, peut mobiliser trois solutions technologiques :

- Le WiFi à 2,4 GHz avec un accès professionnel à 11 Mbit/s et pour un coût de l'ordre de 4 000 € par installation. Cette solution semble intéressante mais exige une licence expérimentale délivrée par l'ART. Amorti sur quatre ans compte tenu de l'évolutivité rapide de ce type de technologie, le coût de distribution serait égal à 1 000 € par an environ, auquel il faut ajouter le coût du capital (5 %), le coût d'installation (10 %) et le coût d'accès à internet, qui dépend du fournisseur d'accès.
- le WiFi à 3,5 GHz, avec un accès professionnel à 2 Mbit/s pour un coût de l'ordre de 4 000 € par installation. Cette solution est réglementairement possible, et commercialement réalisée, mais elle offre un débit moindre que la précédente. Le coût annuel est aussi de l'ordre de 1 000 € et il faut aussi rajouter le coût du capital, le coût d'installation et le coût d'accès à internet.
- l'ADSL, qui permet de baisser le coût de desserte à 1 473 € par an pour une connexion professionnelle à 2 Mbit/s, si l'opérateur connecte également 250 clients résidentiels. S'il a moins de succès (100 clients), le coût monte à 3 800 € par an, auquel il faut ajouter les coûts de commercialisation et de facturation. Le coût d'accès à internet en revanche, est dans ce cas compris dans l'abonnement.

Le coût complet n'est pas déterminé par la simple desserte. Il faut ensuite acheminer le trafic de Ploudalmézeau jusqu'à Brest ou tout au moins jusqu'au point d'accès au haut débit le plus proche. Ceci doit se faire par faisceau hertzien, compte tenu de la distance à parcourir (20 km).

- dans le cas du WiFi à 2,4 GHz et de l'ADSL, le débit en sortie de Ploudalmézeau doit être de l'ordre de 34 Mbit/s,
- dans le cas du WiFi à 3,5 GHz (boucle locale) on peut se contenter de 4 x 2 Mbit/s, avec des faisceaux IP.
- dans le cas de l'ADSL, on peut partager les coûts entre la partie résidentielle, les besoins professionnels et privés ; même si les tarifs pratiqués à l'égard des

clients seront identiques à ceux des clients actuels (principe d'uniformité), les coûts, eux, seront sensiblement différents, puisqu'il faut amener les flux de données jusqu'au sous répartiteur le plus proche de Ploudalmezeau.

Les estimations de coût obtenues auprès d'opérateurs de télécommunication donnent les valeurs suivantes, en supposant que ces coûts sont amortis sur 4 ans pour le matériel électrique et 15 ans pour le pylône et les installations²⁶ :

Tableau 5.8. : Estimation des coûts

	34 Mbit/s	2 x 4 = 8 Mbit/s
Coût total du faisceau (bi-directionnel)	25 à 30 000 €	12 000 €
Energie, pylône, antenne	20 000 €	20 000 €
Coût annuel du faisceau	6 250 à 7 500 €	3 000 €
Coût annuel énergie, pylône, antenne	1 333 €	1 333 €
Coût annuel total	7 583 à 8 533 €	4 333 €

Ces coûts d'installation doivent être ventilés sur les utilisateurs potentiels. Dans le cas des solutions radio, la PME privée représente environ le quart des besoins (2 Mbit/s pour la solution BLR, 10 Mbit/s dans le cas du WiFi). On utilisera ce ratio dans la part imputable au coût de transport. Dans le cas de l'ADSL, la présence d'une clientèle résidentielle permet de ventiler les coûts sur une base plus large. S'il est difficile de donner une clef de répartition précise des coûts communs de transport dans ce contexte, car les trafics à l'heure chargée ne sont pas les mêmes pour les résidentiels et les professionnels, on peut toutefois partir d'un ratio de 1/8, voire 1/10 pour la charge incombant à la PME.

Le tableau suivant résume donc l'évaluation des coûts dans les différentes configurations. Il se place du point de vue de l'entreprise qui cherche à obtenir un débit d'accès au moins égal à un accès Netissimo 2, en faisant l'hypothèse que France Télécom n'ira jamais desservir, avec la technologie actuelle, une zone aussi éloignée. Cette affirmation est tout à fait plausible dans le contexte actuel où France Télécom annonce que l'objectif de l'opérateur historique est de déployer la fibre optique pour 85 % de la population.

26 Ce qui correspond à un amortissement comptable.

Tableau 5.9. : Estimation des coûts du haut débit à Ploudalmézeau pour une entreprise privée²⁷

Solution technique	Débit souscrit par installation	Coût annuel de desserte	Coût annuel de transport	Coût annuel total
WiFi 2,4 GHz	10 Mbit/s	1 150 €	2 000 €	3 150 €
WiFi 3,5 GHz	2 Mbit/s	1 150 €	1 080 €	2 230 €
ADSL (250 abonnés)	1 Mbit/s	1 470 €	600 €	2 070 €
ADSL (100 abonnés)	1 Mbit/s	3 800 €	800 €	4 600 €
Liaison louée FT ²⁸	2 Mbit/s	-	-	17 355 €

Ces chiffres sont approximatifs et ne fournissent que des ordres de grandeur. Toutefois, les leçons à tirer du tableau ci-dessus sont les suivantes :

- En l'état actuel des tarifs, une solution par liaison louée est trop onéreuse pour une entreprise située dans une zone noire.
- L'ADSL est comparable aux solutions radio en termes de coût, à condition que le marché résidentiel soit suffisamment développé par ailleurs. Sinon l'ADSL s'avère relativement plus onéreux. Dit autrement, la desserte d'une commune de zone noire comme Ploudalmézeau offre plusieurs opportunités technologiques. Par rapport aux chiffres du chapitre 4, la différence provient de ce qu'une solution ADSL ne peut être amortie sur un nombre suffisant d'abonnés. Ici c'est donc la densité de population qui déqualifie la solution ADSL.
- Mais le coût de transport jusqu'à la commune de Ploudalmézeau constitue aussi un important surcoût que l'entreprise aurait à payer si elle souhaitait avoir accès au haut débit. Une hypothèse de travail serait de faire supporter ce coût de collecte aux pouvoirs publics, au nom de l'aménagement du territoire, de façon à ce qu'une entreprise située à Ploudalmézeau se trouve dans les mêmes conditions d'accès qu'une entreprise située à Brest. Le financement de cette charge pourrait être partagé entre toutes les collectivités : la commune, le Conseil général, le Conseil régional, voire l'Etat via un fonds de

27 On n'inclut pas le prix de l'équipement de réseau terminal situé à Ploudalmézeau (switch ATM + routeur) permettant le raccordement à un réseau régional, dont le coût peut s'élever à 58 550€ + 10 % de mise en service et 10 % par an d'exploitation. Ce coût devrait être pris en charge par la collectivité.

28 Prix liaison France Télécom Transfix 2.0 avec un débit de 1 920 Kbit/s avec le point d'accès régional le plus proche : 4 400€ (amortis sur 4 ans) + 1 405€ par mois.

péréquation. Il existe sans doute des solutions pour mutualiser ces coûts, par l'intermédiaire de projets de déploiement au niveau de «pays» pris au sens de la loi d'aménagement du territoire.

- Indépendamment de la prise en charge de cette infrastructure de transport, la commune doit aussi développer des besoins publics en haut débit pour ses écoles, ses administrations, ses institutions.

Quoi qu'il en soit, il apparaît que dans les zones noires, les solutions techniques peuvent être mises en concurrence, dès lors que les pouvoirs publics se chargent de supporter les coûts d'acheminement du trafic vers le commutateur le plus proche.

● 5.5 Simulation d'une zone grise : Châteaulin

5.5.1 Présentation

Châteaulin est une commune de l'ordre de 5 000 habitants, qui bénéficie d'un statut de sous-préfecture. Elle possède trois zones industrielles à Run ar Penn, Stang et Pouillot. On y trouve le siège social d'un groupe spécialisé dans l'abattage et le traitement de volailles. Cette entreprise, leader européen dans son domaine, a réalisé un chiffre d'affaires de 8,4 milliards de Francs en 1999, emploie environ 13 000 salariés, dont 912 sur la communauté de communes de Châteaulin.

Châteaulin possède deux écoles maternelles, deux écoles primaires, deux lycées/collèges, un lycée agricole et un centre de formation d'apprentis, un bureau de l'Inspection départementale de l'Education Nationale. Parmi les services sociaux et publics, on peut mentionner le Conseil général, la Direction départementale à l'équipement, la sous-préfecture, le trésor public, l'usine de traitement des eaux, un tribunal civil, la gendarmerie, la police municipale, un centre d'information sociale, une bibliothèque municipale, une «maison pour tous», une piscine municipale, soit en tout une dizaine de sites publics. Pour une taille comparable, Chateaulin, chef lieu de canton, semble donc avoir beaucoup plus d'infrastructures publiques que Ploudalmézeau, Cela signifie donc que ses besoins publics potentiels en haut débit sont plus importants.

La ville de Châteaulin se trouve à proximité de la voie express Brest/Quimper, et serait raccordable à une infrastructure en fibres optiques reliant ces deux localités. Cette ville est déjà desservie par l'ADSL et offre donc un premier niveau de haut

débit aux PME. La question est de savoir si la présence d'une grosse entreprise pourrait justifier un accès particulier au haut débit.

5.5.2 Estimation des besoins

On peut estimer les besoins en haut débit de cette entreprise de la façon suivante : le nombre de salariés est de 900 environ sur le site de Châteaulin, ce qui représente un nombre de machines connectables voisin de 200, compte tenu des estimations précédentes (tableau 3.3). Ce chiffre sous-estime peut être la réalité, dans la mesure où le siège social de cette entreprise multi-sites est situé à Châteaulin, ce qui peut faire penser que ce site possède beaucoup d'emplois administratifs, donc de machines connectées. Avec l'hypothèse d'une bande passante par poste de l'ordre de 60 Kbit/s conforme aux résultats du chapitre 4, on en déduit un débit de crête qui se situe aux alentours de 12 Mbit/s²⁹. Du coup, l'offre ADSL n'apparaît pas suffisante en débit, et il faut se rabattre sur une liaison louée, sur une solution radio de type WiFi, ou sur une connexion en fibre optique. Cette dernière apparaît peu réaliste au regard des besoins d'une ville de 5 000 habitants, dont les équipements en services publics et sociaux ne justifient pas un tel accès.

5.5.3 Résultats : Comparaison des coûts d'une offre

à 2 Mbit/s

La zone de Châteaulin est, on l'a dit, desservie par l'ADSL. On pose le coût du capital à 5 % par an. L'exploitation est supposée représenter 10 % de l'investissement initial. Le débit proposé est de 2 Mbit/s³⁰. Châteaulin est supposé accéder au réseau régional. Le débit du PAM est de 34 Mbit/s, donc l'entreprise, qui souscrit un débit de 2 Mbit/s, utilise 1/17 des ressources communes. On peut imaginer d'autres clefs de répartition qui prennent en compte l'augmentation des débits de l'entreprise.

29 On n'a donc fait aucune hypothèse sur l'augmentation du débit par machine. En toute rigueur, et en suivant les recommandations méthodologiques présentées en Annexe 1, il faudrait multiplier ce débit par 7 à l'horizon 2007-2008.

30 Le CIADT de juillet 2001 a fixé comme objectif la disponibilité de l'accès à 2 Mbit/s à 'tarif abordable' sur tout le territoire en 2005.

• *Technologie de desserte*

On peut envisager le WiFi, ou l'ADSL:

- **WiFi** : coût à partir d'une offre LDCOM-INFOSAT : 100 K€ pour 30 prises à 2 Mbit/s et deux ponts à 11 Mbit/s. Soit 3 300 € par prise (amortissement sur 4 ans, installation incluse). Soit **1 320 € par an**, incluant le coût du capital et les frais d'exploitation
- **ADSL** : il faut installer un DSLAM et passer par l'offre de dégroupage de type 1. Soit 250 € par abonné par an en récurrent et 700 € par abonné en coût fixe (amortissement sur 3 ans) pour 512 Kbit/s, soit un coût multiplié sans doute par trois pour obtenir un débit de 2 Mbit/s, et en raisonnant par extrapolation. **Soit 1 473 € par an**, incluant le coût du capital et les frais d'exploitation³¹.

• *Technologie de collecte*

La connexion au réseau régional au niveau de la liaison Brest - Quimper (3,5 km), à un débit de 34 Mbit/s, peut se faire par :

- **fibre optique**

- génie civil : 105 000 € (relief plat). Comme dans Mermaid, l'amortissement est sur 30 ans
- fibre optique : 31 500 € avec un amortissement sur 8 ans
- soit 460 € par an, incluant le coût du capital, mais pas de coût d'exploitation.

- **faisceau hertzien**

- 30 000 €, et hors pylônes³², amortissement 4 ans, + 10 % pour installation
- soit 463 € par an (inclus : coût du capital et exploitation).

- **satellite**

- Dans ce cas, il n'y a pas besoin d'un réseau de transport
- Les débits sont de 1 Mbit/s en voie descendante et 384 Kbit/s en montée. Le prix de commercialisation est de 3 200 € par mois. Il s'agit d'une offre faite à des communes en montagne. A cela il faut rajouter 3 200 € pour le

31 En utilisant les prix France Télécom d'interconnexion ATM pour l'ADSL, on arrive à un prix très proche : 1 400€ par an.

32 Pour une distance courte on n'a pas besoin d'un pylône spécifique et on peut utiliser un point haut.

routeur de satellite et 1 000 € pour l'antenne (amortissement 4 ans, installation incluse)³³. Pour arriver à un débit de 2 Mbit/s on extrapole les tarifs en les multipliant par 1,5.

- Le coût total est de 58 700 € par an. Il inclut le coût du capital, mais il n'y pas de coût d'exploitation puisqu'il s'agit d'un coût de commercialisation.

- **liaison louée** : prix d'une liaison France Télécom Transfix 2.0 avec un débit de 1 920 Kbit/s avec le point d'accès régional le plus proche : 4 400 € (amortis sur 4 ans) + 1 405 € par mois.

Ces coûts n'incluent pas les frais de fournisseur d'accès internet qui seront payés par le réseau de collecte départemental et facturés de façon récurrente aux utilisateurs finaux³⁴.

Tableau 5.10 : comparaison du coût total de différentes solutions haut débit

Coût par an en €		Réseau d'accès		
		ADSL	WiFi	Liaison louée
Réseau de transport	Fibre optique	1 933	1 780	
	Faisceau hertzien	1 936	1 783	
	Liaison louée			17 355
	Satellite	58 700		

La solution satellite inclut les coûts d'accès à internet

La distance de raccordement au réseau régional étant très faible (le lien Quimper Brest passe par Châteaulin), il y a peu d'écart entre la solution de collecte en fibre optique et celle en faisceau hertzien. La logique de construction semble donc être la plus économique, mais il faut faire attention aux hypothèses : la durée d'amortissement ainsi que le nombre de bénéficiaires du haut débit font varier de

³³ Le volume d'échange de données est cependant limité à 45 Go par mois.

³⁴ Dans chaque cas précédemment étudié (sauf satellite), on n'inclut pas le prix de l'équipement terminal situé à Châteaulin (switch ATM + routeur) dont le coût peut s'élever à 58 550€ + 10 % de mise en service et 10 % par an d'exploitation.

façon importante les coûts. Mais cela restera sans doute de toute façon inférieur au coût d'une liaison louée (calcul à partir des prix du catalogue France Télécom).

Cependant l'ADSL est disponible à un prix de commercialisation de 1 135 € par an pour 1 Mbit/s et environ 1 700 € par an pour du 2 Mbit/s, ce qui est comparable à la construction d'un réseau propre. La question se pose donc de l'intérêt de fournir ce type d'accès d'autant que l'on a fortement mutualisé les coûts avec les besoins publics, puisque l'entreprise privée ne paie que 1/17 des coûts de raccordement au réseau propre, et ne prend pas en charge les coûts d'équipement de réseau terminal pour le raccordement au réseau régional.

Peut-être faut-il étudier ce cas avec un débit plus important, du type 12 Mbit/s, compte tenu de l'évolution des besoins. Dans ce cas on peut imaginer une solution entièrement en fibre optique, car on n'entre plus en concurrence avec l'ADSL, mais avec les offres de liaisons louées qui sont beaucoup moins compétitives.

Il doit y avoir un effet de ciseau quand on monte en débit : à partir d'un certain niveau de débit, l'offre commerciale n'est plus compétitive avec une construction de réseau public. Ce qui rend difficile la construction d'un tel réseau, c'est que les entreprises ou écoles, pour qui l'offre ADSL suffit, n'auront pas intérêt à se connecter sur le réseau public, rendant son amortissement d'autant plus difficile. On retrouve ici nos discussions du chapitre 3 à propos du développement local «hub et spokes» ; l'entreprise locale devrait avoir intérêt à mutualiser ses besoins avec ceux des pouvoirs publics, et négocier en position de force un partage des coûts. Mais ses menaces sont d'autant moins crédibles que ses possibilités de délocalisation sont faibles. Par contre ses besoins en haut débit sont réels.

● 5.6 Conclusion

Dans ce chapitre une estimation des coûts d'accès au haut débit a été présentée. Cet exercice nous a révélé plusieurs choses :

- La construction de réseaux de collecte départementaux ou régionaux a une structure de coût qui dépend fortement des efforts de mutualisation entre les dorsales régionales et les réseaux de collecte départementaux. Mermaid permet à ce propos de tester des scénarios assez contrastés, notamment en termes de coûts.

- Pour les zones noires, le principal handicap est la distance vis-à-vis des commutateurs, ou si l'on préfère l'émiettement des sous-répartiteurs sur le territoire français. On estime en effet à 12 000 le nombre de sous-répartiteurs dans le réseau français, dont 3 000 servent à couvrir plus de 85 % des clients raccordables. L'action des pouvoirs publics pourrait se concentrer sur le comblement de ce handicap de la distance.
- Pour les zones grises où l'ADSL est disponible, c'est la croissance des besoins professionnels, donc la montée en débit, qui peut inciter à explorer d'autres solutions techniques que l'offre de l'opérateur historique. A ce propos, au fur et à mesure que les besoins professionnels augmentent, la mutualisation avec les besoins publics peut s'avérer plus délicate, car les collectivités risquent de juger inopportun de vouloir subventionner ces besoins privés.

Annexe 1 :

une méthode d'évaluation des débits

Il peut être utile d'effectuer une première estimation des besoins en bande passante d'une zone pour esquisser un schéma de réseau. Il est évident que cette première évaluation très grossière devra être ensuite affinée par une approche directe des sociétés implantées dans cette zone.

Considérons une zone d'emploi (par exemple un technopôle ou un district industriel). Le problème est de déterminer la bande passante nécessaire pour cette zone. Celle-ci dépendra, conformément à ce qui a été présenté dans les parties 2 et 3, du nombre de salariés de la zone, du portefeuille d'activités déployées sur cette zone, et de la modalité d'accès au haut débit³⁵.

En 2001, le débit moyen par PC dans une entreprise a été de 30 Kbit/s (soit **0,03** Mbit/s). Le nombre de PC par salarié dépend du secteur d'activité :

- 0,4 en moyenne ;
- voisin de 1 pour l'informatique et les banques ; 0,8 pour un secteur tertiaire ;
- proche de 0,2 pour les secteurs traditionnels (industries agroalimentaires, textile, bois papier).
- En l'absence d'information précise sur la distribution des emplois sur la zone, on peut prendre la moyenne de 0,4.

35 Le principe de cette annexe a été proposé par Alain Ducass, que l'on remercie pour cette tentative de systématisation de calcul du débit par zone d'emploi et des suggestions qu'il nous a faites.

On fait l'hypothèse que, dans l'éventualité où l'accès à haut débit est proposé à toutes les entreprises qui le souhaitent, un taux d'accès proche de 100 % est réalisable 5 ans après la commercialisation des accès (c'est le résultat de l'étude Ovum citée dans cette étude). On se place à cette échéance pour le calcul des débits.

On peut s'appuyer sur les études de trafic pour suggérer que l'accès au haut débit permet de multiplier par **4** le débit disponible à l'heure chargée.

La formule de débit souscrit pour une zone d'activité donnée est donc :

$$D_s = 0,03 \times A \times S \times 4 \times B$$

où D_s est le débit exprimé en Mbit/s

A est un indicateur du nombre de machines par salarié de la zone, dépendant de la répartition des secteurs d'activité sur la zone (0,4 en moyenne).

S est le nombre de salariés.

B est une variable traduisant l'accroissement des besoins en débit d'ici 5 ans. Cet accroissement a été chiffré à un coefficient multiplicateur de 1,5 par an dans ce chapitre. Une autre façon de voir les choses est d'appliquer la fameuse «Loi de Moore» qui stipule un doublement de la capacité de traitement des circuits au moins tous les 18 mois pour un prix restant approximativement constant, ce qui permet aux machines de traiter des fichiers 2 fois plus gourmands en bande passante. On peut donc prendre ce coefficient voisin de 6 ou 7 d'ici cinq ans sous réserve de cette même hypothèse de constance des prix. Dans ce cas :

$$D_s = 0,03 \times A \times S \times 4 \times 7$$

Soit :

$$D_s = 0,84 \times A \times S$$

Ceci concerne le débit **souscrit** pour une zone d'activité. En ce qui concerne le débit effectivement utilisable dans les dorsales, il dépend du nombre de machines connectées à l'heure chargée, et du fait que les machines sollicitent ou non les

ressources du réseau. Maintenant considérons le débit minimal auquel les machines peuvent prétendre dans le réseau dorsal, i.e. dans l'hypothèse où toutes ces machines sont connectées et trafiquent en même temps. Le rapport entre le débit souscrit et le **débit minimal** est fixé par les opérateurs en fonction de leurs connaissances des caractéristiques du comportement de leurs abonnés. On a vu au chapitre 3 (étude ORTEL), que cela donne actuellement un débit minimal de l'ordre de 2,65 Kbit/s comparé à un débit souscrit d'environ 29 Kbit/s. On peut donc estimer que ce débit minimal D_m est

$$D_m = D_s/10 = 0,084 \times A \times S$$

Toutefois ce débit minimal concerne le trafic véhiculé par les dorsales, après plusieurs niveaux de concentration. Mais pour dimensionner les équipements locaux, il faut prendre en compte le trafic en sortie locale de la zone. En se reportant aux mesures empiriques de trafic (Würzburg et ENST Bretagne), on sait que toutes les machines connectables ne sollicitent pas le réseau en même temps. Ces études nous permettent de mesurer, pour chaque machine qui sollicite le réseau, le **débit disponible** à la sortie du sous-répartiteur, ou du serveur s'il s'agit d'un réseau local. Les deux études précitées, nous indiquent que ce débit est environ de 10 à 15 Kbit/s, lorsque la connexion est à bas débit, et de 60 Kbit/s lorsqu'on dispose de l'ADSL. Le ratio entre débit souscrit et débit disponible est donc environ de 2 en bas débit, et on prendra l'hypothèse qu'il reste le même lorsqu'il s'agit d'un accès à haut débit. Le débit disponible par machine à l'horizon de 5 ans, compte tenu de l'augmentation des besoins des machines, s'écrit donc :

$$D = D_s/2 = 0,42 \times A \times S$$

Annexe 2

Bibliographie

Agence Wallonne des Télécommunications (2001) : «Usages TIC par les PME Wallonnes» <http://usages.awt.be>

AGHION P. Et P. HOWITT (2002) : «Théorie de la croissance endogène» Dunod – Paris.

Anter séminaire sur «L'aménagement du territoire pour l'éducation et la recherche» <http://www.education.fr/equip/anterprg.htm>

Autorité de régularisation des télécommunications (ART) <http://www.art-telecom.fr/publications/annexe2.htm>

Chambre de Commerce et d'Industrie Alsacienne (2001) : «Observatoire NTIC des CCI d'Alsace» http://www.alsace-ntic.com/html/obs_ntic_alsace_2001.pdf

Chambres de Commerce et d'Industrie du Massif Central (2001) : «Contribution des CCI : Analyse des besoins des entreprises du Massif Central en terme de technologies de l'Information et de la Communication» – mai. CRCI Auvergne.

Centre Régional d'Observatoire du Commerce, de l'Industrie et des Services : «Usage et utilisation des Technologies de l'information et de la Communication dans les entreprises franciliennes», novembre 2001.

CHAMPEAUX et BRET (2000) : «La cyberEntreprise» Dunod – Paris.

DANG NGUYEN G. et J.VINCENTE (2001) : «Réseaux métropolitains dynamiques de localisation et de coordination : quelques scenarii» Document ENST Bretagne.

DATAR (2001) : «Réseaux d'entreprises et territoires» La Documentation Française – Paris.

DESCHAMPS H. (2001) : «Les TIC au service du développement local» Mémoire de DEA sous la direction d'Isabelle Pailliar. Université Grenoble 3.

European Information Technology Observatory (2001) : «The evolution of the European e-economy».

GILLEPSIE A., RICHARDSON R. et CORNFORD J. (2001) : «Regional Development and the New Economy» European Investment Bank - Working Papers, vol 6 n°1.

HANARO Report (3ème trimestre 2001), rapporté par joint-copic.com

IDATE (2000) : «Les acteurs locaux face à la Société de l'Information» – Montpellier.

IDATE (2001) : «Dimensionnement du marché des télécoms des acteurs publics et privés dans le Massif Central» – mai

LE PUIL S. et POTIER N. (2002) : «Les collectivités locales vers la société de l'information».

MARCASUZAA H. (2001) : «The economics of High Speed Internet Access analyzed by segment» ENST Bretagne, rapport de stage.

MICELLI S. (2001) : «I risultati dell'osservatorio reti e tecnologia per la piccola e media impresa e I distretti industriali italiani» TeDis Center, Università di Padova – juin.

MULLER E. (2001) : «Innovation interactions between knowledge intensive business services and small medium sized enterprises» Springer Verlag.

Observatoire des télécommunications dans la ville (2002) : «Le déploiement des réseaux haut débit : les stratégies territoriales» – Paris.

ORDANINI (1999) : «Servizi alle Imprese e vantaggio competitivo» Egea – Milano.

OVUM : <http://www.ovum.com/go/product/sampl/0048902.htm>

ROBERTS J. (2001) : «Traffic Theory and the Internet» IEEE Communications Magazine – January, p94-99.

SUIRE R. (2002) : «Du cyberdistrict au district lisière : dynamique de localisation des firmes de la nouvelle économie» présenté au Workshop «TIC et réorganisation spatiale des activités», ENST Bretagne, 21-22 novembre.

SUIRE et VICENTE (2001) : «Net Economie et localisation des entreprises : entre contingences historiques et géographiques» in T.Pénard et M.Baslé (ed.) : «eEurope», Economica – Paris

TAYLOR NELSON SOFRES : «Les PME parisiennes et le haut débit».
http://wwwsofres.com/etudes/ittelecoms/080301_hautdebit_n.htm

VELTZ P. (2001) : «Des lieux et des liens» Editions de l'Aube – Paris

VICARI N., KOHKER S., CHARZINSKI J. (2002) : «The dependence of Internet User Traffic Characteristics on Acces Speed», University of Würzburg, Institute of Computer Science, report n°246.

ZAWADSKI F. (2000) : «Prévisions des capacités de trafic internet France et France vers international» Thèse du Mastère spécialisé «Internet et Systèmes Répartis», INT.